

Aus dem Institut Forschungsgruppe Geriatrie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Technikgestützte Sturzerkennung und Sturzrisikobestimmung älterer
Personen im häuslichen Bereich

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor rerum medicinalium (Dr. rer. medic.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Florian Feldwieser

aus Naila

Datum der Promotion: 11.12.2015

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
2	Einführung	5
2.1	Sturzerkennung	6
2.2	Sturzvorschau.....	8
3	Methodik	9
3.1	GAL@Home/Sturzerkennung:.....	9
3.2	GAL@Homes/Sturzerkennung:	10
3.3	ISSP/Sturzvorschau:	10
3.4	Technische Geräte.....	11
4.	Ergebnisse.....	13
4.1	Sturzerkennung	13
4.2	Sturzvorschau.....	15
5.	Diskussion	15
5.1	Sturzvorschau.....	15
5.2	Sturzerkennung	16
6.	Literaturverzeichnis.....	18
7.	Anteilerklärung/eidesstattliche Versicherung	22
8.	Druckexemplare der ausgewählten Publikationen.....	24
8.1	GAL@Home/Sturzerkennung.....	24
8.2	GAL@Homes/Sturzerkennung	31
8.3	ISSP/Sturzvorschau	39
8.4	Das GAL Projekt	53
9.	Lebenslauf	76
10.	Komplette Publikationsliste:	81
11.	Danksagung:.....	82

1 Zusammenfassung

Stürze im Alter führen häufig zu einer Verminderung der Selbstständigkeit und Einschränkungen der Mobilität. Sturzfolgen zählen zu den häufigsten gesundheitlichen Beeinträchtigungen älterer Menschen. Typische Beschwerdebilder sind psychische Folgeerkrankungen sowie physische Traumata welche erhebliche Kosten für das Gesundheitssystem bedeuten. Automatische Sturzerkennungssysteme könnten im Notfall oder bei Bewusstlosigkeit schnell für medizinische Hilfe sorgen. Vorbeugend könnten Sturzpräventionsprogramme gezielt körperliche Sturzrisikofaktoren älterer Menschen reduzieren. Jedoch ist es mit den gegenwärtig verfügbaren Methoden schwierig und kostenintensiv sturzgefährdete Personen korrekt zu identifizieren, um entsprechende Programme zielgenau zu administrieren. Über die Möglichkeiten der automatisierten häuslichen Sturzerfassung ist bisher wenig bekannt.

Methodik:

Ziel der Studien war die technische- und Assessment-basierte Sturzvorhersage bei älteren Personen mit kognitiven Einschränkungen im klinisch stationären Bereich sowie die technische Sturzerkennung und Assessment-basierte Sturzvorhersage älterer Personen ohne kognitive Einschränkungen im häuslichen Umfeld. Weitere Ziele waren die Untersuchung der Akzeptanz der Sensorik und die Analyse der Sturzursachen und Sturzfolgen.

Ergebnis:

In der Studie zur Sturzvorhersage (n=40) war mittelfristig eine technikbasierte Sturzvorhersage mit einer Sensitivität von 78,2% und einer Spezifität von 71,2% möglich. Die geriatrischen Assessments waren nicht in der Lage statistisch signifikante Werte zur Sturzprädiktion zu liefern. Die Untersuchung zur Sturzerkennung (n=3) konnte 2 von 9 stattgefundenen Stürzen korrekt erkennen, jedoch war die Anzahl der falsch erkannten Stürze (n=193) sehr hoch. Im Untersuchungszeitraum von 108 Tagen wurden 1,87 Stürze pro Tag registriert. In einer weiteren Studie des Autors zur Sturzerkennung (n=28) wurden 12 von insgesamt 15 Stürzen korrekt erkannt und 3248 falsch erkannt. 1225,7 Messtage konnten aufgezeichnet werden wobei täglich 2,66 Stürze registriert wurden. Die geriatrischen

Assessments konnten keine Aussage über das tatsächliche Sturzrisiko zu treffen. Hauptursachen der Stürze waren Stolpern, Ausrutschen sowie Stürze infolge von starkem Toilettendrang. Die eingesetzten Sensoren wurden generell als nützlich oder sehr nützlich empfunden, die Akzeptanz und Bereitschaft erneut an einer ähnlichen Studie teilzunehmen verringerte sich jedoch von 100% vor auf 78,6% nach der Studienteilnahme.

Schlussfolgerung:

Eine Vorhersage des Sturzrisikos älterer Personen ist mittelfristig möglich. Die hier beobachtete hohe Anzahl der falsch positiv erkannten Stürze ist 100 – 270-mal höher als die der korrekt erkannten Stürze. Die dieser Studie zugrunde liegenden Referenzdaten zur Sturzerkennung aus Laborbedingungen sind nicht auf das Sturzverhalten älterer Menschen im häuslichen Umfeld anwendbar. Weitere Untersuchungen an der Zielgruppe zur Verbesserung der Zuverlässigkeit solcher Systeme sind deshalb unabdingbar. Die Ergebnisse der Sturzursachen decken sich mit denen der bekannten Studienlage. Möglichkeiten zur Steigerung der Akzeptanz der Sensorik sollten weiter erforscht werden.

Introduction:

Falls in old age are associated with a reduction of autonomy and mobility and are one the main threads to the health of older adults. Physical and mental consequences of falls are a large financial burden to the healthcare system. Automatic fall detection devices could call of medical help in case of a fall and fall prevention programmers could specifically address the deficits of persons at risk of falling. Currently it is difficult and expensive to correctly identify persons at risk of falling and little is known about domestic fall detection.

Methodology:

Aim of the studies was the technical and assessment-based fall-prediction of older adults with cognitive impairments in an in-patient setting and the technical fall-detection and assessment-based fall-prediction of older persons without cognitive impairments in a domestic environment. Further goals were the evaluation of the acceptance of the sensors and analysis of the causes of falls.

Results:

The study on fall-detection (n=40) revealed that a midterm fall-prediction is possible with a sensitivity of 78.2% and specificity of 71.2%. The geriatric assessments could not provide statically significant values for fall-prediction. The study on fall-detection (n=3) identified 2 of the 9 falls correctly, the number of false positive falls was very high (n=193). Within the investigation-period of 108 days 1.87 falls were registered. In a further study of the author on that topic (n=28) 12 of overall 15 falls were correctly identified on 3248 incorrectly. 1225.7 days were recorded and 2.66 falls registered per day. The geriatric assessments were not able to predict fall events. Reasons for falls were stumbling, slipping and falls due urge to use the toilet. The sensors were generally viewed as useful or very useful, however the willingness to participate in a similar study decreased form 100% before the study to 78.6% after the study.

Conclusion:

A midterm prediction of the fall risk of older adults is possible. The number of false alarms was 100-270 times higher than the number of correctly identified falls. The reverence data for fall detection of this study are based on laboratory trails and is not transferable to detect falls in older adults. Further investigations on seniors are necessary to improve the reliability of the tested systems. The results for fall causes are consistent with those of known studies. Ways to increase the acceptance of the sensors must be found.

2 Einführung

Stürze im Alter führen häufig zu Einschränkungen in der Mobilität und dadurch zur Verminderung der allgemeinen Selbständigkeit (Deandrea et al., 2010). Bei 60% der gestürzten treten Ängste und Rückzug auf (Deshpande et al., 2008), über 30% der Personen über 65 Jahren erleiden innerhalb von 12 Monaten mindestens ein Sturzereignis (von Renteln-Kruse et al., 2006,). Verletzungen, Verlust von Beweglichkeit bei 47% (Nachreiner et al., 2007) Pflegebedürftigkeit sowie bis hin zu tödliche Verläufe (2,1%) zählen zu den wichtigsten direkten und indirekten Sturzfolgen (Sattin et al 1990., Scheffer et al., 2008). Zusätzlich kommt es bei jedem zweiten Sturz zu einer Abnahme der Mobilität des Gestürzten (Lord et al., 2007).

Laufende Studien der Berliner Altersstudie 2 bestätigen diese Zahlen und zeigen zudem, dass 6,2 % der Personen dieser Altersgruppe zwei bzw. 1,4% der Studienpopulation sogar drei Stürze innerhalb eines Jahres erleiden (Demuth 2015). Sturzfolgen zählen zu den häufigsten gesundheitlichen Beeinträchtigungen älterer Menschen (Pierobon et al., 2004). Die Gesundheitskosten für die sturzbedingten Verletzungen bei Menschen über 65 Jahre in Großbritannien werden auf US \$ 1,6 Milliarden geschätzt (Davis et al., 2010). Forscher aus den USA berechneten, dass die Kosten pro gestürzter Person zwischen US \$3,476- US \$10,749 variieren (Davis et al., 2010). Die häufigsten Risikofaktoren sind hierbei Gangunsicherheit, Schwäche der Extremitäten, Verwirrtheit oder Beeinträchtigungen des Urteilsvermögens, Inkontinenz und/oder vermehrte Toilettengänge (Oliver et al., 2004).

2.1 Sturzerkennung

Für ältere Personen existiert seit einigen Jahren der sogenannte Hausnotruf welcher deutschlandweit großflächig eingesetzt wird (Groetschel, 2010). Hauptnachteil ist jedoch, dass dieser nur auf manuelle Betätigung reagiert und die Erfahrung zeigte, dass der Hausnotruf im Falle eines schweren Sturzes oder bei Bewusstlosigkeit versagt. Erhebungen verweisen zudem darauf, dass eine große Anzahl älterer Menschen alleine lebt (Statistisches Landesamt, 2014) und daher auf Hilfe durch Dritte nach einem Sturzereignis nicht gezählt werden kann. Bleibt die gestürzte Person länger unbemerkt und regungslos liegen, kann es ohne Fremdhilfe aufgrund der langfristigen Druckbelastung des Gewebes schnell zu Druckgeschwüren mit dramatischen Folgen, bis hin zum Tod kommen. Automatische Systeme zur Sturzerkennung wären möglicherweise in der Lage dieses Risiko zu reduzieren. Eine kostengünstige, mobile und leicht einsetzbare Methode zur Sturzerkennung könnte über Beschleunigungssensoren (Accelerometer) erfolgen. Trotz hoher Sturzzahlen im Alter ist es jedoch schwierig Sturzdaten älterer Personen zu erfassen. Bagala et al. (2012) schätzten, dass um 100 Stürze zu erfassen etwa 100.000 Aufzeichnungstage nötig sind. Da dies eine sehr aufwendige Methode ist, verwenden die meisten Studien simulierte Stürze aus Laborbedingungen um ihre Modelle zu evaluieren. Studien unter realen Bedingungen sind selten und Untersuchungen an älteren Menschen in der häuslichen Umgebung sind kaum vorhanden. Bagala et al. (2012) verglichen in ihren Studien die Leistung von 13 Sturzerkennungsalgorithmen, welche auf 32 Stürzen unter Alltagsbedingungen basierten.

Trotz einer Sensitivität von 83% und einer Spezifität von 97% des Algorithmus zur Sturzerkennung sind hierbei 43,2 Fehlalarme innerhalb eines Zeitraums von 60 Sekunden zu verzeichnen. Eine verlässliche Anwendung dieses Systems zur Sturzerkennung ist aufgrund der hohen Anzahl der Fehlalarme jedoch nicht möglich. Zhang et al. (2006) untersuchten ebenfalls simulierte Stürze von 12 Personen im Alter von 10-70 Jahren. Insgesamt sammelten die Autoren 600 Sturzdatensätze, von denen 65% zum Training eines Algorithmus verwendet wurden. Genauere Angaben über die Alterszusammensetzung der Studienpopulation fehlen leider und lassen daher kaum Rückschlüsse auf die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Senioren zu. Weiterhin wurden auch Stürze auf Treppen sowie auf weichen und harten Untergründen untersucht. Senioren wurden jedoch aus Sicherheitsgründen von vielen der Sturzsituationen ausgeschlossen. Untersuchungen unter Alltagsbedingungen fanden nicht statt. In zwei Studien untersuchten Bourke et al. (2007; 2010) ein System im häuslichen Umfeld älterer Personen, welches auf Labordaten basierte und unter Laborbedingungen eine Spezifität von 100% und weniger als einem Falschalarm pro Tag zeigte. Jedoch war auch hier die falschpositive Sturzerkennungsrate sehr hoch und es wurden 532 bzw. 115 Fehlalarmen vom System gemeldet obwohl im gesamten Untersuchungszeitraum keine Stürze auftraten. Auf Untersuchungen an Senioren wurde bei diesen Studien verzichtet. Die Autoren berichteten ebenfalls von einer hohen Anzahl von technischem Problem. Ähnliche Versuchsaufbauten mit Untersuchungen an jüngeren Personen unter simulierten Laborbedingungen und einer hohen Anzahl an Fehlalarmen konnten in weiteren Studien beobachtet werden (Cheng et al., 2013; Lai et al., 2011; Bianchi et al., 2010; Shan et al., 2010). Im Allgemeinen ist die Sturzerkennungsrate der verwendeten Systeme unter recht hoch. Jedoch führt die Tatsache, dass diese Systeme eine erhebliche Anzahl von falschen Alarmen generieren dazu, dass diese noch nicht zur zuverlässigen Erkennung von Sturzereignissen eingesetzt werden können. Desweiteren stammen die meisten Ergebnisse für simulierte Stürze aus Laborbedingungen. Ob eine Übertragung dieser Sturzdaten auf ältere Personen prinzipiell möglich ist, bleibt zu untersuchen und ist Gegenstand sowie Arbeitshypothese dieser Arbeit.

2.2 Sturzvorhersage

Durch die Verordnung von gezielten Sturzpräventionsprogrammen zur Verbesserung der Balance, Muskelkraft und kardiovaskulärer Funktionen können Stürze effektiv vermieden werden (Garner et al., 2000). Jedoch ist eine generelle Verordnung sturzprädictiver Maßnahmen für Personen ab 65 Jahren nicht durchführbar. Gründe hierfür sind sowohl die hohen Kosten die solche Programme verursachen würden (Wu et al., 2010) als auch die Tatsache das, das reine Alter einer Person noch keine Rückschlüsse auf die tatsächliche Gesundheit (Rowe et al 2006) oder das Sturzrisiko zulässt. Zur besseren Bestimmung des Sturzrisikos werden deshalb klinisch spezielle Assessments zur Klassifizierung des Sturzrisikos verwendet „Timed Up and Go“ (Podsiadlo and Richardson, 1991), „Functional Reach Test“ (Duncan et al., 1990), der Tinetti-Test (Tinetti, 2010, 1986) und die STRATIFY- Skala (Oliver et al., 1997), welche sich mit alltagsrelevanten Defiziten wie Gang, Gleichgewicht und der Selbstständigkeit auseinandersetzen. Aufgrund der Zeitintensivität der Testverfahren und des benötigten Fachpersonals sind diese Assessments nicht immer einfach und kostengünstig durchzuführen. Eine Metaanalyse zeigte außerdem, dass diese klinischen Assessments häufig keine signifikanten Prädiktoren zur Sturzrisikobestimmung sind (Barry et al., 2014). Technische Systeme zur Sturzvorhersage könnten hier einen Lösungsansatz darstellen. Diese Systeme sind in der Lage beispielsweise über ein Accelerometer Gangparameter älterer Personen zu erfassen. Nach weiteren Analysen können diese Daten möglicherweise Rückschlüsse auf das Sturzrisiko dieser Personen erlauben (Bautmans et al., 2011). Derartige Systeme sind mittlerweile relativ kostengünstig zu erwerben und accelerometrische Systeme werden schon seit einiger Zeit aktiv in der Ganganalyse eingesetzt. Bis jetzt existieren nur einige wenige Arbeiten zur Accelerometer-basierten Sturzvorhersage (Laessoe et al., 2007, Marschollek et al., 2011, Greene et al., 2012), diese Studien gehen von der Hypothese aus das sturzgefährdete Personen charakteristische Gangparameter haben, welche einem Sturz vorangehen. Hierzu wurden accelerometrisch erhobene Gangparameter bereits gestürzter Personen als Basis für eine Sturzvorhersage verwendet. Bisher wurden alle Untersuchungen hierzu; wie auch bei der Sturzerkennung erläutert; ausschließlich unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt und zeigten mitunter methodische Schwächen bei der Sturzerfassung durch extrem große Abstände der Follow-Up

Termine. Aus diesem Grund sollten zukünftige Studien auf eine professionellere Dokumentation der Sturzereignisse zurückgreifen, um hierdurch auch alle stattgefundenen Stürze zu erfassen und somit potenziell validere accelerometrisch-basierte Sturzvorschlagsmodell zu kreieren.

Grundsätzlich kann zwischen zwei Arten von optischen Sensoren zur Ganganalyse unterschieden werden, markerlosen und markerbasierten Systemen (Lui et al 2010, Rougier et al 2011). Aufgrund der hohen Anschaffungskosten und der Notwendigkeit von geschultem Personal zur Anbringung der Marker sind solche Systeme im häuslichen Bereich jedoch nicht einsetzbar. Markerlose Systeme sind noch Gegenstand der Forschung. Untersuchungen zur Sturzerkennung sind bislang kaum vorhanden und wurden zudem an sehr kleinen Kohorten mit jüngeren Probanden unter simulierten Bedingungen durchgeführt. Da bekannt ist, dass Personen die unter Beobachtung stehen ihr Verhalten verändern und Laborbedingungen in der Regel nicht den alltäglichen Lebensbedingungen älterer Personen entsprechen, sind weitere Untersuchungen unter alltagrelevanten Bedingungen mit solider Methodik zur Sturzerfassung nötig um hierdurch repräsentativere Ergebnisse zu erhalten. Aus diesem Grund versuchte die vorliegende Arbeit eine langfristige Untersuchung mit einer größeren Probandenanzahl, unter realen Bedingungen zur Sturzerkennung durchzuführen.

3 Methodik

Im Rahmen dieser Arbeit werden insgesamt drei Studien durchgeführt und zusammengefasst. Die Studien GAL@Home (Pilotstudie zu GAL@Homes) und GAL@Homes befassten sich mit der Sturzerkennung, die Studie ISSP mit der Sturzvorschlags älterer Personen im häuslichen Umfeld.

3.1 GAL@Home/Sturzerkennung:

Zielkriterien: Technische Erfassung (triaxiales Accelerometer, Kamera, Mikrofon) von Stürzen in der häuslichen Umgebung älterer Menschen, Untersuchung des Sturzrisikos mittels geriatrischer Assessments (TUG, Tinetti Test, STRATIFY, Functional Reach Test, Barthel Index, MMSE), Erfassung der Akzeptanz der technischen Sensorik mittels Interviews und Fragebögen, Analyse der Stürze mittels Sturzprotokollen.

Einschlusskriterien: TUG > 10 Sekunden, Sturzgefährdung = mindestens ein Sturz in den letzten zwei Monaten, Alter > 55 Jahre, Vorhandensein einer unterschriebenen Einwilligungserklärung.

Ausschlusskriterien: Immobilität.

Studienablauf: Studiendauer 60 Tage (kontinuierlich), maximal neun Visits durch das Studienpersonal mit 6 geplanten Probanden.

3.2 GAL@Homes/Sturzerkennung:

Zielkriterien: Technische Erfassung (triaxiales Accelerometer, Kamera, Mikrophon) von Stürzen in der häuslichen Umgebung älterer Menschen ohne kognitive Einschränkungen, Untersuchung des Sturzrisikos mittels geriatrischer Assessments (TUG, Tinetti Test, STRATIFY, Functional Reach Test, Barthel Index, German PAQ, MMSE), Untersuchung der Akzeptanz der eingesetzten Sensorik mittels Interviews und Fragebögen, Analyse der Stürze mittels Sturzprotokollen.

Einschlusskriterien: TUG > 10 Sekunden, Sturzgefährdung = mindestens ein Sturz in den letzten zwei Monaten, Alter > 65 Jahre, MMSE > 25 Punkte, Vorhandensein einer unterschriebenen Einwilligungserklärung.

Ausschlusskriterien: Immobilität.

Studienablauf: Studiendauer 60 Tage, maximal neun Visits durch das Studienpersonal mit 36 geplanten Probanden.

3.3 ISSP/Sturzvorschau:

Zielkriterien: Technische (triaxiales Accelerometer) Sturzvorschau bei älteren Personen mit kognitiven Einschränkungen im klinisch-stationären Bereich, Untersuchung des Sturzrisikos mittels geriatrischer Assessments (TUG, Tinetti Test, STRATIFY, Functional Reach Test, Barthel Index, MMSE), Analyse der Stürze mittels Sturzprotokollen.

Einschlusskriterien: TUG > 15 Sekunden , Alter > 65 Jahre , MMSE < 24 Punkte, Vorhandensein einer unterschriebenen Einwilligungserklärung ggf. von einer gesetzlichen Vertretung.

Ausschlusskriterien: Immobilität.

Studienablauf: Die Gesamtstudiendauer betrug 28 Tage. Die Untersuchungszeiträume verteilten sich auf drei Phasen mit einer Dauer von je sieben Tagen mit jeweils zwei Monaten Pause zwischen den Messungen mit 40 geplanten Probanden. Nach jedem der drei Untersuchungszeiträume erfolgte eine Auswertung der technisch erhobenen Gangparameter wie Schrittlänge, Schrittfrequenz (Hz), Körperschwankung welche als Basis der Sturzrisikobestimmung verwendet wurden. Hierbei diente der erste Untersuchungszeitraum mit der darauf folgenden zweimonatigen Pause der kurzfristigen Sturzvorsage, der zweite Untersuchungszeitraum mit der darauffolgenden Pause der mittelfristigen Sturzprognose und der letzte Untersuchungszeitraum mit der anschließenden Messpause der langfristigen Sturzvorsage.

3.4 Technische Geräte

Zur Durchführung der Studie wurden folgende technische Geräte eingesetzt:

Verwendeter PC: IBM ThinkPad R52-1846Monitor.

Accelerometer: Sensorsystem Intel SHIMMER Rev 1.3, speziell ein darin integriertes triaxiales Accelerometer (180€).

Datenspeicherung/Datenauswertung:

Die Daten wurden während der Aufzeichnung auf eine microSD-Karte gespeichert. Die Probanden erhielten für den Messzeitraum einen persönlich zugeordneten Sensor. Beim Auslesen der Daten wurde auf dem Host-Computer, der in der Studienzentrale stand, eine sogenannte CSV-Datendatei (Comma Separated Values) erzeugt, welche die accelerometrischen Daten sowie die Zeitstempel zu den jeweiligen Messwerten enthält. Die Personifizierung erfolgte durch eine Probanden-ID. Für die Analyse der Daten wurde Software eingesetzt, die am Peter L. Reichertz Institut für Medizinische Informatik entwickelt wurde.

Gangperioden werden automatisiert erkannt. Anschließend berechnen unterschiedliche Algorithmen Mobilitätsparameter, die u.a. Aussagen über den Gang oder das Balancevermögen zulassen.

Optische Sensoren:

- Imaging Source, Kamerasensor, Theimagesource (GAL@Home), (350 €).
- Kinect Sensor, Tiefensensor, Microsoft (GAL@Homes), (100€).

Datenspeicherung/Datenauswertung:

Das aufzeichnende Programm ist eine Eigenentwicklung des Instituts für Robotik und Prozessinformatik Technische Universität Braunschweig welcher innerhalb des GAL Projektes entwickelt wurde. Das Programm speichert komprimierte Videodaten im AVI- Format (Audio Video Interleave) und separate Tiefendaten ab. Die Dateinamen werden vom Benutzer in Form einer Probanden-ID vorgegeben. Eine eigenentwickelte Software zur Aufnahme und Analyse von synchronisierten Videodaten wurde eingesetzt.

Akustische Sensoren

- Kondensator-Mikrophone T-Bone SC140 mit Nierencharakteristik (GAL@Home), (109€).
- Kinect Sensor (integriertes Mikrophon), Tiefensensor, Microsoft (GAL@Homes), (100€).

Datenspeicherung/Datenauswertung:

Das aufzeichnende Programm ist eine Eigenentwicklung Fraunhofer IDMT Oldenburg welches innerhalb des GAL Projektes entwickelt wurde und Daten im Standardformat WAVE (Pulse-Code Modulation) aufnimmt und verschlüsselt speichert. Durch eine automatische Analyse des Signals wird dies in Bereiche unterteilt die Sprache enthalten und solche, die keine Sprache enthalten. In einem zweiten Schritt können unter Zuhilfenahme der Videodaten zusätzlich all diejenigen Bereiche des Signals gelöscht werden, die keine Stürze enthalten.

4. Ergebnisse

4.1 Sturzerkennung

GAL@Home: In der Pilotstudie zu GAL@Homes wurden drei Probanden eingeschlossen (1♀, 2♂ Ø Alter 86,6 Jahre, Altersspanne 81-92 Jahre). Während des Untersuchungszeitraumes traten bei allen Probanden Stürze auf, insgesamt fanden neun Stürze statt.

Das accelerometrische Sturzerkennungssystem verzeichnete während der 108 gemessenen Untersuchungstage 1,87 Stürze pro Tag. Fünf der neun stattgefundenen Stürze konnten nicht aufgezeichnet werden. Grund hierfür war technisches Versagen des Accelerometers (leere Batterie) sowie drei Stürze während der Nacht (aus komforttechnischen Gründen wurde das Accelerometer nur tagsüber getragen). Zwei weitere Stürze wurden, zum einen, wegen der sehr geringen Beschleunigungswerte beim Sturz nicht erkannt (1,3 g), ein weiterer Sturz entsprach nicht der für diese Studie definierten Algorithmuscharakteristik und blieb deswegen unerkannt. Probanden die bei den medizinisch geriatrischen Assessments ein höheres Sturzrisiko aufwiesen, stürzten auch häufiger. Eine statistische Berechnung erfolgte aufgrund der geringen Fallzahl jedoch nicht. Die deskriptiven Ergebnisse zeigten leichte kognitive Einschränkungen (MMSE), massiv eingeschränkte Mobilität und massiv erhöhtes Sturzrisiko (Tinetti, TUG) sowie generelle Hilfsbedürftigkeit (Bathel) und vermindertes funktionelles Gleichgewicht (Functional Reach). Die meisten Stürze ereigneten sich bei Tageslicht oder Situationen mit künstlicher Beleuchtung (n=8) sowie auf glatten Oberflächen wie Holz oder Laminat (n=6). Dokumentierte Sturzfolgen waren generalisierter Schmerz (n=2), sowie eine Platzwunde (n=1). Während des Untersuchungszeitraums traten keine Stürze im Erfassungsbereich des optischen oder akustischen Sturzerkennungssystem auf. Allgemein wurde die eingesetzte Sensorik im häuslichen Umfeld des Probanden akzeptiert. Das bevorzugte Messsystem war der akustische Sensor, gefolgt vom Accelerometer. Das optische System wurde als störend und als Eingriff in die Privatsphäre wahrgenommen. Die Gesamtinstallation der Sturzsensoren wurde als „eine Ansammlung von Kabeln und Technologie wahrgenommen“, welche aber für die Probanden keinen Grund zu Beschwerden darstellte.

GAL@Homes: 28 Teilnehmer (12♂, 16♀; durchschnittliche Körpergröße 168±8.4 cm, durchschnittliches Gewicht 77,2±11,0 kg, durchschnittliches Alter 74,3 Jahre) wurden in die

Studie eingeschlossen. Insgesamt wurden von allen Probanden 1023 Messtage aufgezeichnet. Das Accelerometer wurde durchschnittlich $8,1 \pm 4,8$ h pro Tag getragen. Während der Studie traten 15 Stürze auf, bei zwölf davon wurde der Sensor getragen, zehn davon wurden korrekt identifiziert. Der Sturzerkennungsalgorithmus erkannte 4592 Stürze, was 3,75 Stürzen pro Tag und 2,66 falschpositiv erkannten Stürzen pro Tag entspricht. Während des Untersuchungszeitraums traten keine Stürze vor der Kamera oder dem Mikrophon auf. Die medizinisch-geriatrischen Assessments wurden hinsichtlich ihrer Vorhersagekraft zur Sturzrisikoerkennung mittels PASW Statistics, Version 18 über einen nichtparametrischen Mann-Whitney Testes untersucht. Keiner der untersuchten Tests besaß eine statistisch signifikante Sturzvorsagekraft. Die deskriptiven Ergebnisse der geriatrischen Assessments zeigten, dass die Teilnehmer keine kognitiven Einschränkungen, sowie Einschränkungen des funktionellen Gleichgewichts hatten (MMSE, Functional Reach Test), aber ein leicht erhöhtes Sturzrisiko sowie Einschränkung der Mobilität (STRATIFY, Tinetti test, TUG) und punktuelle Hilfsbedürftigkeit (Barthel). Die Analyse der Sturzprotokolle zeigte, dass sich mehr Stürze außerhalb des Hauses (53,3%) ereigneten, verglichen mit den ermittelten Werten zu Stürzen innerhalb des Hauses (46,7%). Stolpern war dabei die häufigste Sturzursache (60%), gefolgt von Stützen aufgrund von starkem Toilettendrang (26,7%) und Ausrutschen (13,3%). Die Stürze ereigneten sich zu gleichen Anteilen auf glatten und rauhen Böden. 13 der 28 Probanden beantworteten retrospektiv einen Fragebogen zur Akzeptanz der verwendeten Sturzsensorik. Zwei Probanden beurteilten die Sensorik als eine Belastung, welche sie im alltäglichen Leben einschränkte und ihnen das Gefühl gab beobachtet zu werden. Besonders wurde hierbei der optische Sensor erwähnt. Retrospektiv zeigten die Probanden eine verminderte (geringe oder sehr geringe) Bereitschaft erneut an einer ähnlichen Studie teilzunehmen. Genannte Gründe waren, „Das wird mir alles zu viel“, „Meine Befindlichkeit und mein Seelenzustand hat sich negativ verändert und deswegen habe ich darum gebeten das System wieder abzubauen“. „Die Sensoren (Kamera, Mikrophone und Accelerometer wurden größtenteils als positiv betrachtet. Das Accelerometer wurde als sehr akzeptabel eingestuft.

4.2 Sturzvorhersage

40 Probanden (20♂, 20♀, Durchschnittsalter 76,0±8,3 Jahre, Durchschnittskörpergröße 168,7±8,6 cm, Durchschnittsgewicht 73,4±14,1 kg) nahmen an der Studie teil. Während des Studienzeitraums konnten 12 Dropouts verzeichnet werden. Gründe hierfür waren Umzüge, Reduktion der Mobilität oder Versterben. Zur Datenanalyse wurde das Entscheidungsbaumverfahren C4.5 (Quilan 1993) verwendet. Für die kurzfristige Prognose des Sturzrisikos wurden 9568 Gangepisoden aufgezeichnet. Eine Correct Classification Rate (CCR) von 88,4%, eine Sensitivität von 98,3% sowie eine Spezifität von 28,0 % konnte gezeigt werden. Mittelfristig wurden 8593 Gangepisoden mit einer Spezifität von 71,2%, einer Sensitivität von 78,2% und CCR von 74,8% gemessen. Langfristig konnten 3.974 Gangepisoden mit einer Sensitivität von 33,6%, einer Spezifität von 96,8% und einer CCR von 88,5% gezeigt werden. Insgesamt ereigneten sich im Studienzeitraum 26 Stürze bei 13 Probanden. Die Probanden zeigten starke bis stärkste kognitive Einschränkungen (MMSE), waren generell hilfebedürftig (Barthel), hatten starke Einschränkungen der Mobilität (Tinetti, TUG) und ein erhöhtes Sturzrisiko (STRATIFY). Die medizinisch geriatrischen Assessments wurden mittels einer Receiver Operating Characteristic (ROC) auf ihre Fähigkeit zur Sturzvorhersage getestet, keiner der erhobenen Tests zeigte eine Möglichkeit der Sturzvorhersage.

5. Diskussion

5.1 Sturzvorhersage

Stürze können sowohl intrinsische, extrinsische als auch verhaltens- und aktivitätsbedingte Ursachen haben. Trotz der Vielzahl und Bandbreite der hier verwendeten medizinisch geriatrischen Tests waren diese nicht in der Lage ein Sturzrisiko vorherzusagen. Eine andere Möglichkeit könnte hier die technikbasierte Sturzvorhersage bieten. Die Untersuchungen der Feldstudie ISSP zeigten eine Möglichkeit zur mittelfristigen Sturzvorhersage, bei der kurz- und langfristigen Sturzvorhersage konnten auch die höchsten CCRs erreicht werden, wobei man bei der Interpretation dieser Werte nicht die anderen statistischen Werte außer Acht lassen darf. Besonders herausstechend ist, dass die kurzfristige Sturzvorhersage eine geringe Spezifität aufwies und die langfristige Sturzvorhersage eine niedrige Sensitivität, was sowohl

zu einer Über- als auch Unterinterpretation der der gestürzten oder nicht gestürzten Personen führen kann. Die mittelfristige Prognose zeigte die besten Werte zur Prognose, da bei der Sensitivität, Spezifität PPV und NPV die Ergebnisse auf ähnlichem Level liegen. Hierbei konnte mit 75% Genauigkeit Gangepisoden von Gestürzten, mit nicht gestürzten unterschieden werden. Die Tatsache, dass es sich hier um eine klinische Studie mit demenzkranken Personen handelt, stellte ein Problem bei der praktischen Studiendurchführung dar. Einige Datensätze mussten für die Analyse ausgeschlossen werden, da es in klinischem Umfeld zu Zuordnungsproblemen zwischen dem Accelerometer und dem Proband gab. Der Autor war sich bereits bei der Planung der Studie dieses Problems bewusst. Aus diesem Grund wurden zusätzlich zur einer eindeutigen Zuordnung von Proband und Sensor sowie Sensortasche, alle Messinstrumente täglich, abends eingesammelt und morgens auf korrekte Zuordnung überprüft, bevor sie wieder an die Probanden ausgeteilt worden sind. Trotz dieser Maßnahmen konnten Zuordnungsprobleme nicht komplett vermieden werden. Ein Vertauschen der Sensoren zwischen den Probanden kann aufgrund des nicht kontrollierten Settings nicht ausgeschlossen werden. Diese Problematik wird sich auch bei künftigen klinischen Studien mit Demenzerkrankten nicht vollständig vermeiden lassen und entsprechende Maßnahmen zur Vermeidung Vertauschens der Sensoren sollten bei der Studienplanung zukünftiger Studien berücksichtigt werden. Eine weitere Limitation ist, dass einige Stütze aufgrund des nicht kontrollierten Setting von den Stationskräften nicht erkannt und entsprechend in die dafür vorgesehen Sturzprotokolle eingetragen wurden. Die Auswahl der gerontopsychiatrischen Einrichtung erfolgte aus Organisationsgründen nicht randomisiert, ebenso wenig wie die Auswahl der Probanden. All diese Faktoren sind mögliche Ursachen für eine Verzerrung der Ergebnisse, deren potentielle Auswirkungen auf die Studienergebnisse nicht genau abzusehen sind.

5.2 Sturzerkennung

Generell existieren sehr wenige Studien zur Sturzerkennung im häuslichen Umfeld älterer Personen. Die Resultate der vorliegenden Studie stimmen jedoch mit anderen Feldstudien aus diesem Bereich überein (Bagala et al., 2012, Bourke et al., 2010, Bourke et al., 2008).

Stürze älterer Personen unter realen Bedingungen unterscheiden sich erheblich von simulierten Stürzen jüngerer Menschen. Wahrscheinliche Ursachen sind, dass ältere Personen andere motorische Grundvoraussetzungen wie z. B. Muskelkraft, Gleichgewicht, Propriozeption und Gangmuster (Winter, 1991) verglichen zu jüngeren Personen aufweisen. Diese führen höchstwahrscheinlich zu anderen Sturzcharakteristiken, welche nicht mit den aktuell verwendeten Algorithmen detektiert werden können. Weitere Studien zur Sammlung einer größeren Datenmenge von Stürzen älterer Personen könnten hier Abhilfe schaffen. Gründe für die beobachtete hohe falschpositive Rate könnten aus Situationen resultieren, welche für den Algorithmus eine schwierige Situation darstellen. Besonders das Ablegen des Accelerometers bleibt eine schwierige Situation, da hierdurch häufig Falschalarme entstehen. Beispielsweise sei hier das Ablegen des Sensors im Badezimmer genannt. Um die Privatsphäre der Teilnehmer zu respektieren wurde pro Wohnung nur ein optisches und akustisches Sturzerkennungssystem installiert. Dieses konnte jedoch nicht den gesamten Wohnbereich abdecken, weswegen alle Stütze von optischen und akustischen System unentdeckt blieben. Aufgrund dieser Limitation war es leider nicht möglich, die falschpositiven Alarme des Accelerometers zu kompensieren. Wie bereits in einer Metaanalyse erwähnt (Barry et al., 2014) sind die hier durchgeführten Assessments nicht in der Lage, eine Aussage zum Sturzrisiko zu treffen. Aufgrund dieser Tatsache ist zu hinterfragen, ob die hier eingesetzten geriatrischen Assessments weiterhin klinisch eingesetzt werden sollten. Eine Weiterentwicklung der vom Autor untersuchten und beschriebenen technisch gestützten Sturzvorhersage könnte hier einen zukünftigen Lösungsansatz darstellen. Die Analyse der Sturzprotokolle deckt sich mit den Ergebnissen anderer Studien und zeigt das Ausrutschen, Stolpern sowie der Verlust der Balance die Hauptursachen für Stürze sind (Berg et al., 1997, Nachreiner et al., 2007). Obwohl die Akzeptanz ähnlicher Systeme zur Sturzerkennung eher hoch ist (Heinbücher et al., 2010, Igual et al., 2014) konnten die vorliegenden Studien einige Akzeptanzprobleme identifizieren. Während der Studiendurchführung kam es zu einer Abnahme der Bereitschaft, erneut an ähnlichen Studien teilzunehmen. Bezüglich der Privatsphäre stellte besonders der optische Sensor Problem dar. Möglicherweise war der lange Studienzeitraum von acht Wochen in der vorliegenden Studie in der Lage, Akzeptanzprobleme eher zu identifizieren als

vergleichbare Studien mit kürzerem Interventionszeitraum oder theoretischen Befragungen. Weitere Studien mit größerer Probandenanzahl und potentiell weniger invasiver Technik könnten hier aufschlussreichere Ergebnisse zeigen. Stürze und deren Folgen sind nach wie vor ein brisantes Thema von hoher gesellschaftlicher Relevanz. Besonders in Anbetracht der Tatsache dass die Mehrzahl der Senioren alleine lebt und aktuelle Sturzerkennungssysteme immer noch auf manuelle Betätigung der gestürzten Person angewiesen sind. Grund für die aktuell noch hohen falschpositiv Raten ist die geringe Anzahl der vorhandenen Sturzdatensätze älterer Personen unter häuslichen Bedingungen und der mangelnden Übertragbarkeit von Sturzdaten jüngerer Personen auf die Zielpopulation. Weitere Untersuchungen zur Sturzerkennung und Sturzvorhersage sollten auf laborbasierte Untersuchungen verzichten und entsprechende Systeme direkt an Senioren erforschen. Hinsichtlich der Akzeptanz bleibt zu untersuchen ob optische Systeme generell ein Akzeptanzproblem darstellen, oder ob gewisse Subgruppen älterer Personen einem derartigen System eher negativ oder positiv gegenüberstehen.

6. Literaturverzeichnis

- Bagalà F, Becker C, Cappello A, Chiari L, Aminian K, Hausdorff JM, Zijlstra W, Klenk, J. Evaluation of Accelerometer-Based Fall Detection Algorithms on Real-World Falls. PLoS ONE 2012b; 7, e37062.
- Barry E, Galvin R, Keogh C, Horgan, F, Fahey T. Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis. BMC Geriatrics 2014; 14, 14.
- Bautmans I, Jansen B, Van Keymolen B. Reliability and clinical correlates of 3D-accelerometry based gait analysis outcomes according to age and fall-risk. Gait Posture 2011; 33(3):366–372
- Berg WP, Alessio HM, Mills EM, Tong C. Circumstances and consequences of falls in independent community-dwelling older adults. Age Ageing 1997; 26, 261–268.
- Bianchi F, Redmond SJ, Narayanan MR, Cerutti S, Lovell NH. Barometric Pressure and Triaxial Accelerometry-Based Falls Event Detection. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering 2010; 18, 619–627.
- 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. Evaluation of waist-mounted tri-axial accelerometer based fall-detection algorithms during scripted and continuous unscripted activities. J Biomech 2010; 43, 3051–3057.

- Bourke AK, van de Ven PWJ, Chaya AE, O'Laighin GM, Nelson J. Testing of a long-term fall detection system incorporated into a custom vest for the elderly. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2008; 2008, 2844–2847.
- Cheng J, Chen X, Shen M. A Framework for Daily Activity Monitoring and Fall Detection Based on Surface Electromyography and Accelerometer Signals. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics* 2013; 17, 38–45.
- Davis JC, Robertson MC, Ashe MC, Liu-Ambrose T, Khan KM, Marra CA. 2010. International comparison of cost of falls in older adults living in the community: a systematic review. *Osteoporos Int* 2010; 21, 1295–1306.
- Deandrea S, Lucenteforte E, Brav, F, Foschi R, La Vecchia C, Negri E. Risk factors for falls in community-dwelling older people: a systematic review and meta-analysis. *Epidemiology* 2010; 21, 658–668.
- Demuth I, 2015. Email from 05.01.15 Demuth supplied an SPSS dataset on fall incidences about the Berliner Altersstudie.
- Deshpande N, Metter EJ, Lauretani F, Bandinelli S, Guralnik J, Ferrucci L. Activity restriction induced by fear of falling and objective and subjective measures of physical function: a prospective cohort study. *J Am Geriatr Soc* 2008;56(4):615.
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol* 1990; 45, M192–197.
- Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. “Mini-mental state”. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975; 12, 189–198.
- Gietzelt M, Feldwieser F, Gövercin M, Steinhagen-Thiessen E, Marschollek M. A prospective field study for sensor-based identification of fall risk in older people with dementia. *Inform Health Soc Care* 2014; 39, 249–261.
- Gietzelt M, Nemitz, G., Wolf, K.-H., Meyer Zu Schwabedissen, H., Haux, R., Marschollek, M. A clinical study to assess fall risk using a single waist acceleromter. *Inform Health Soc Care* 2009; 34, 181–188.
- Greene BR, Doheny EP, Walsh C, Cunningham C, Crosby L, Kenny RA. Evaluation of falls risk in community-dwelling older adults using body-worn sensors. *Gerontology* 2012a; 58, 472–480.
- Greene BR, Doheny EP, Walsh C, Cunningham C, Crosby L, Kenny RA. 2012b. Evaluation of falls risk in community-dwelling older adults using body-worn sensors. *Gerontology* 2012b; 58, 472–480.
- Groetschel C. Hausnotruf: Mehr Freiheit im Alter. *Heilberufe* 2010; 62, 22–24.
- Heinbüchner B, Hautzinger M, Becker C, Pfeiffer K. Satisfaction and use of personal emergency response systems. *Z Gerontol Geriatr* 2010; 43, 219–223.
- Igual R, Medrano C, Plaza I. Challenges, issues and trends in fall detection systems. *BioMedical Engineering OnLine* 2013; 12, 66.

- Kangas M, Vikman I, Nyberg L, Korpelainen R, Lindblom J, Jämsä T. Comparison of real-life accidental falls in older people with experimental falls in middle-aged test subjects. *Gait Posture* 2012; 35, 500–505.
- Laessoe U, Hoeck HC, Simonsen O, Sinkjaer T, Voigt M. Fall risk in an active elderly population – can it be assessed? *Journal of Negative Results in BioMedicine* 2007;
- Lai CF, Chang SY, Chao H, Huang YM. Detection of Cognitive Injured Body Region Using Multiple Triaxial Accelerometers for Elderly Falling. *IEEE Sensors Journal* 2011; 11, 763–770.
- Lindemann U, Hock A, Stuber M, Keck W, Becker C. Evaluation of a fall detector based on accelerometers: A pilot study. *Med. Biol. Eng. Comput* 2005; 43, 548–551.
- Li Q, Stankovic JA, Hanson MA, Barth AT, Lach J, Zhou G. Accurate, Fast Fall Detection Using Gyroscopes and Accelerometer-Derived Posture Information, in: *Sixth International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks 2009; BSN 2009*. pp. 138–143.
- Liu CL, Lee CH, Lin PM: A fall detection system using k-nearest neighbor classifier. *Expert Syst Appl* 2010; 37:7174-7181.
- Lord SR. 2007. *Falls in older people: risk factors and strategies for prevention*, 2nd ed. ed. Cambridge University Press 2007; Cambridge; New York.
- Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation: The Barthel Index. *Md State Med J* 1965; 14, 61–65.
- Marschollek M, Rehwald A, Gietzelt M, Song B, Wolf KH, Haux R. Daily activities and fall risk--a follow-up study to identify relevant activities for sensor-based fall risk assessment. *Stud Health Technol Inform* 2010; 160, 68–72.
- Marschollek M, Rehwald A, Wolf KH, Gietzelt M, Nemitz G, Meyer Zu Schwabedissen H, Haux R. Sensor-based fall risk assessment--an expert “to go.” *Methods Inf Med* 2011; 50, 420–426.
- Marschollek M, Rehwald A, Wolf KH, Gietzelt M, Nemitz G, zu Schwabedissen HM, Schulze M. Sensors vs. experts - a performance comparison of sensor-based fall risk assessment vs. conventional assessment in a sample of geriatric patients. *BMC Med Inform Decis Mak* 2011; 11, 48.
- Nachreiner NM, Findorff MJ, Wyman JF, McCarthy TC. Circumstances and consequences of falls in community-dwelling older women. *J Womens Health (Larchmt)* 2007; 16, 1437–1446.
- Oliver D, Britton M, Seed P, Martin FC, Hopper AH. Development and evaluation of evidence based risk assessment tool (STRATIFY) to predict which elderly inpatients will fall: case-control and cohort studies. *BMJ* 1997; 315, 1049–1053.
- Oliver D, Martin FC, McMurdo MET. Risk factors and risk assessment tools for falls in hospital in-patients: a systematic review. *Age Ageing* 2004; 33, 122–130.

- Pierobon A, Funk M. 2007. Sturzpraevention bei aelteren Menschen: Risiken - Folgen – Massnahmen 2007;. Thieme, Stuttgart; New York.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991; 39, 142–148.
- Rougier C, Meunier J, St-Arnaud A, Rousseau J. Robust video surveillance for fall detection based on human shape deformation. *IEEE Trans Circuits Syst for Video Technol* 2011, 21:611-622.
- Rowe JB, Siebner H, Filipovic SR, Cordivari C, Gerschlager W, Rothwell J, Aging is associated with contrasting changes in local and distant cortical connectivity in the human motor system. *NeuroImage* 2006;32:747-760.
- Sattin RW, Lambert Huber, DA, DeVito CA, Rodriguez JG, Ros, A, Bacchelli. S. The incidence of fall injury events among the elderly in a defined population. *Am J Epidemiol.* 1990;131(6):1028.
- Scheffer AC, Schuurmans MJ, Dijk N, van, Hooft T, van der, Rooij SE. 2008. Fear of falling: measurement strategy, prevalence, risk factors and consequences among older persons. *Age Ageing* 2008; 37, 19–24.
- Shan S, Yuan T. A wearable pre-impact fall detector using feature selection and Support Vector Machine 2010; in: 10th International Conference on Signal Processing (ICSP), pp. 1686–1689.
- Statistisches Landesamt, *Zensus 2011*: Familie mit Kindern die häufigste Familienform im Südwesten. Available from: < <http://www.statistik-bw.de/Pressemitt/2014187.asp> >. [6 September 2014]
- Tinetti ME. Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *Journal of the American Geriatrics Society* 1986; 34, 119–126.
- Tinetti ME, Kumar C. The patient who falls: “it's always a trade-off.” *JAMA.* 2010;303(3):258-266
- Von Renteln-Kruse W, Krause T, Dieckmann P, Vogel J. Geriatric patients’ mobility status as reflected by the relevant items of the Barthel Index and in-hospital falls. *J Am Geriatr Soc* 2006; 54, 1012–1013.
- Winter DA. *The Biomechanics and Motor Control of Human Gait: Normal, Elderly and Pathological* 1991. University of Waterloo Press.
- Wu S, Keeler EB, Rubenstein LZ, Maglione MA, Shekelle PG. A cost-effectiveness analysis of a proposed national falls prevention program. *Clin. Geriatr. Med* 2010; 26, 751–766.
- Zhang T, Wang J, Xu L, Liu. Fall Detection by Wearable Sensor and One-Class SVM Algorithm, in: *Intelligent Computing in Signal Processing and Pattern Recognition, Lecture Notes in Control and Information Sciences* 2006. Springer Berlin Heidelberg, pp. 858–863.

7. Anteilserklärung/eidesstattliche Versicherung

Eidesstattliche Versicherung:

„Ich, Florian, Feldwieser, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Technikgestützte Sturzerkennung und Sturzrisikobestimmung älterer Personen im häuslichen Bereich“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an den ausgewählten Publikationen entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind.

Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

Anteilserklärung an den erfolgten Publikationen

Florian Feldwieser hatte entscheidende Anteile bei Planung, Durchführung, Auswertung und Verfassen der folgenden Publikationen:

Feldwieser F, Gietzelt M, Goevercin M, Marschollek M, Meis M, Winkelbach S Wolf, KH Spehr J, Steinhagen-Thiessen E. *Multimodal sensor-based fall detection within the domestic environment of elderly people*. Z Gerontol Geriatr 2014; 47(8):661-5

Impact Factor 2013/14: 1,023

Haux R, Hein, A, Kolb G, Künemund H, Eichelberg M, Appell J, Feldwieser F, Wolf KH. *Information and communication technologies for promoting and sustaining quality of life, health and self-sufficiency in ageing societies –outcomes of the Lower Saxony Research Network Design of Environments for Ageing (GAL)*. Inform Health Soc Care 2014; 39(3–4): 166–187

Impact Factor 2014: 0,711

Gietzelt M, Feldwieser F, Gövercin M, Steinhagen-Thiessen E, Marschollek M. 2014. *A prospective field study for sensor-based identification of fall risk in older people with dementia*. Inform Health Soc Care 2014; 39, 249–261.

Impact Factor 2014: 0,711

Gietzelt M, Spehr J, Ehmen Y, Wegel S, Feldwieser F, Meis M, Marschollek M, Wolf KH, Steinhagen-Thiessen, E, Gövercin, M. *GAL @Home: a feasibility study of sensor-based in-home fall detection*. Z Gerontol Geriatr 2012;45(8):716-21.

Impact Factor 2013/14: 1,023

Unterschrift, Datum und Stempel des betreuenden Hochschullehrers/der betreuenden Hochschullehrerin

Unterschrift des Doktoranden/der Doktorandin

8. Druckexemplare der ausgewählten Publikationen

8.1 GAL@Home/Sturzerkennung

Gietzelt M, Spehr J, Ehmen Y, Wegel S, Feldwieser F, Meis M, Marschollek M, Wolf KH, Steinhagen-Thiessen, E., Gövercin, M. 2012. *GAL @Home: a feasibility study of sensor-based in-home fall detection*. Z Gerontol Geriatr. 2012 Dec;45(8):716-21.

<http://dx.doi.org/10.1007/s00391-012-0400-9>

8.2 GAL@Homes/Sturzerkennung

Feldwieser F, Gietzelt M, Goevercin M, Marschollek M, Meis M, Winkelbach S Wolf, KH Spehr J, Steinhagen-Thiessen E. *Multimodal sensor-based fall detection within the domestic environment of elderly people*. Z Gerontol Geriatr 2014; Dec;47(8):661-5

<http://dx.doi.org/10.1007/s00391-014-0805-8>

8.3 ISSP/Sturzvorhersage

Gietzelt M, Feldwieser F, Gövercin M, Steinhagen-Thiessen E, Marschollek M. 2014. *A prospective field study for sensor-based identification of fall risk in older people with dementia*. Inform Health Soc Care 2014; 39, 249–261.

<http://dx.doi.org/10.3109/17538157.2014.931851>

8.4 Das GAL Projekt

Haux R, Hein A, Kolb G, Künemund H, Eichelberg M, Appell J, Appelrath H, Bartsch C, Bauer J, Becker M, Bente P, Bitzer J, Boll S, Büsching F, Dasenbrock L, Deparade R, Depner D, Elbers K, Fachinger U, Felber J, Feldwieser F, Forberg A, Gietzelt M, Goetze S, Gövercin M, Helmer A, Herzke T, Hesselmann T, Heuten W, Huber T, Hüsken-Giesler M, Jacobs G, Kalbe E, Kerling A, Klingeberg, T., Költzsch, Y., Lammel-Polchau, C., Ludwig W, Marschollek M, Martens B, Meis M, Meyer E, Meyer J, zu Schwabendissen H, Moritz N, Müller H, Nebel W, Neyer F, Okken P, Rahe J, Remmers H, Rölker-Denker L, Schilling M, Schöpke B, Schröder J, Schulze G, Schulze M, Siltmann S, Bianying S, Spehr J, Stehen E, Steinhagen-Thiessen E, Tanschus N, Tegtbur U, Thiel A, Thoben W, van Hengel P, Wabnik S, Wegel S, Wilken O, Winkelbach S, Wist T, Wolf K, Zokoll van der Laan M. Information and communication technologies for promoting and sustaining quality of life, health and self-sufficiency in ageing societies –outcomes of the Lower Saxony Research Network Design of Environments for Ageing (GAL). *Inform Health Soc Care*, 2014; 39(3–4): 166–187 <http://dx.doi.org/10.3109/17538157.2014.931849>

9. Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

10. Komplette Publikationsliste:

Feldwieser F, Van der Vaart N, Komulainen M. *Modern communication devices and seniors. Problems and solutions*. Presented at: AAL Forum Bucharest 09. September 2014.

Feldwieser F, Gietzelt M, Goevercin M, Marschollek M, Meis M, Winkelbach S Wolf, KH Spehr J, Steinhagen-Thiessen E. *Multimodal sensor-based fall detection within the domestic environment of elderly people*. Z Gerontol Geriatr 2014; Dec;47(8):661-5

Haux R, Hein, A, Kolb G, Künemund H, Eichelberg M, Appell J, Feldwieser F, Wolf, KH. *Information and communication technologies for promoting and sustaining quality of life, health and self-sufficiency in ageing societies –outcomes of the Lower Saxony Research Network Design of Environments for Ageing (GAL)*. Inform Health Soc Care, 2014; 39(3–4): 166–187

Gietzelt M, Feldwieser F, Gövercin M, Steinhagen-Thiessen E, Marschollek M. 2014. *A prospective field study for sensor-based identification of fall risk in older people with dementia*. Inform Health Soc Care 2014; 39, 249–261.

Feldwieser F, Gietzelt M, Gövercin M, Marschollek M, Steinhagen-Thiessen, E. 2013. *Alltagsbegleitende, sensorbasierte Bestimmung des Sturzrisikos älterer, dementer Menschen. Präsentiert am Abschluss Symposium des niedersächsischen Forschungsverbundes Gestaltung altersgerechter Lebenswelten (GAL)*.

Winkelbach S, Spehr J, Wahl M, Gietzelt M, Hein A, Feldwieser F, Gövercin M, Steinhagen-Thiessen, E. 2013. *Optische Erkennung von Stürzen und Verhaltensmustern (2013). Präsentiert am Abschluss Symposium des niedersächsischen Forschungsverbundes Gestaltung altersgerechter Lebenswelten (GAL)*.

Feldwieser F, Gietzelt M, Winkelbach S, Gövercin M, Marschollek M, Steinhagen-Thiessen E. *Sturzerkennung im häuslichen Umfeld 2 (2013)*.

Niedersächsischer Forschungsverbund: Gestaltung altersgerechter Lebenswelten (GAL).
CeBIT 2013, Hannover.

Gietzelt M, Spehr J, Ehmen Y, Wegel S, Feldwieser F, Meis M, Marschollek M, Wolf KH, Steinhagen-Thiessen, E., Gövercin, M. 2012. *GAL @Home: a feasibility study of sensor-based in-home fall detection.* Z Gerontol Geriatr. 2012 Dec;45(8):716-21.

Feldwieser F, Költzsch Y, Gövercin M, Spehr J, Gietzelt M, Marschollek, M.
Identification of sensor-based parameters that predict falls of older people. ISG*ISARC2012
June 26, 2012 – June 29, 2012

Gietzelt M, Spehr J, Ehmen Y, Wegel S, Feldwieser F, Meis M, Marschollek M, Wolf KH, Steinhagen-Thiessen E, Gövercin M. *GAL@Home: a feasibility study of sensor-based in-home fall detection. Technically Assisted Rehabilitation.* TAR 2013 4th European Conference.

Feldwieser F, Sheeran L, Meana-Esteban A, Sparkes V. *Electromyographic analysis of trunk-muscle activity during stable, unstable and unilateral bridging exercises in healthy individuals.* European Spine Journal 2012; Volume 21, Issue 2 Supplement, 171-186

Feldwieser F, Sparkes V. *Trunk muscle activity during stable and unstable, bilateral and unilateral bridging exercises.* Presented at: Society of Back Pain Research conference, Cambridge, 10-11 November 2011.

11. Danksagung:

Nun ist es an der Zeit, mich bei denjenigen zu bedanken, die mich in dieser herausfordernden, aber auch ungemein lohnenden Phase meiner akademischen Laufbahn begleitet haben. Zu besonderem Dank bin ich meinen Eltern und meiner Familie verpflichtet die mich in jeder Hinsicht moralisch, seelisch, emotional und auch in jeder anderen Weise unterstützt haben. Auch meiner Professorin Frau Steinhagen-Thiessen sei an dieser Stelle

noch ein besonderer Dank für Ihre stets äußerst kreativen und konstruktiven Vorschläge gewidmet, so wie Allen anderen die mich auf diesem Weg begleitet und unterstützt haben.