

Aus der Klinik für Anaesthesiologie und dem Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement

Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor Prof. Dr. med. Bernhard Zwißler

Notfallmedizin im demographischen Wandel – Möglichkeiten und Grenzen einer automatisierten

Notfallerkennung bei alten Menschen im häuslichen Umfeld

als kumulative Habilitationsschrift

zur Erlangung des akademischen Grades eines habilitierten Doktors der Medizin an der Ludwig-

Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Dr. med. Stephan Prückner

aus München

2022

Danksagung

Zu aller erst gilt mein Dank den Mitgliedern des Fachmentorats Herrn Prof. Zwißler, Prof. Jauch und Prof. Rehm für die kompetente und geduldige Beratung und Unterstützung.

Dr. Lorenz Frey möchte ich danken, da er mir als Betreuer der Dissertation am Institut für Chirurgische Forschung die wissenschaftlichen Grundlagen vermittelt hat und als langjähriger Personaloberarzt in der Klinik für Anästhesiologie stets mit Rat zur Seite gestanden ist.

Prof. Christian Madler, dem ehemaligen Chefarzt am Westfalzklinikum und leidenschaftlichen Notfallmediziner gilt ein ganz besonderer Dank, da er Mitinitiator und Vater des ambitionierten Joint Ventures von Notfallmedizin und Softwareengineering im EMERGE Projekt war. Außerdem hat er mich stets als Motivator und Freund unterstützt und die Zeit in Kaiserslautern auf besondere Weise geprägt.

Zu großem Dank bin ich auch meinen Eltern verpflichtet, die mir den beruflichen Werdegang ermöglicht haben und schließlich geht der allergrößte Dank an meine Frau Maja, die alle Höhen und Tiefen hautnah und ungefiltert miterlebt hat und immer wieder den nötigen Zuspruch und Rückhalt gegeben hat.

Inhaltsverzeichnis

I) Zusammenfassung der kumulativen Habilitationsarbeit und Bedeutung für das Fachgebiet.....	2
II) Hintergrund und Hinführung zum Thema.....	4
III) Beitrag der Arbeiten zu dieser Habilitationsschrift	7
1) Entwicklung des Notfallaufkommens im Rettungsdienst und in den Notaufnahmen.....	8
2) Einsatzspektrum bei älteren Notfallpatienten und soziale Kontextfaktoren	9
3) Modellierung des funktionellen Gesundheitszustands eines Menschen	11
4) Sensorauswahl und Systemarchitektur für ein automatisiertes Notfallerkennungssystem im häuslichen Umfeld.....	13
5) Aktivitätserkennung und Evaluation	16
IV) Fazit und Ausblick.....	18
V) Liste der Abkürzungen.....	21
VI) Literaturverzeichnis.....	22
VII) Eigene Literatur zur Habilitationsschrift	26

I) Zusammenfassung der kumulativen Habilitationsarbeit und Bedeutung für das Fachgebiet

Das Fachgebiet der Anaesthesiologie deckt die vier Säulen Anaesthesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie (AINS) ab. Die vorliegende kumulative Habilitationsschrift beschreibt die epidemiologischen Entwicklungen im Bereich der präklinischen Notfallmedizin und der zentralen Notaufnahmen. Es wird der Einfluss der Demographie auf das Notfallgeschehen untersucht und eine Prognose der weiteren Entwicklung vorgestellt und im Besonderen auf den alten Menschen und soziale Kontextfaktoren von Notfalleinsätzen eingegangen. Veränderungen der Alters- und Sozialstruktur führen zu einer markanten Zunahme von Notfällen bei älteren Menschen. Bereits heute gelten etwa zwei Drittel aller Notarzteinsätze Patienten über 60 Jahren, wodurch sich Einsatzspektrum und Einsatzrealität deutlich verändern. Bei unterschiedlichen Notfallsituationen nach Stürzen oder bei Patienten mit beeinträchtigter Vigilanz kann es zu deutlichen Verzögerungen bei der Alarmierung der Rettungskette kommen. Die Betreuungssituation vieler alleinlebender Menschen ist prekär und Veränderungen des Gesundheitszustands werden erst spät oder gar nicht erkannt. Nicht zuletzt wegen fehlender leicht zugänglicher und rund um die Uhr verfügbarer anderer Hilfsangebote und Versorgungsstrukturen ergeben sich medizinische und logistische Herausforderungen für die notfallmedizinische Versorgung in der Zukunft. Durch die demographische und gesellschaftliche Entwicklung bildet der alte, oft auch isoliert und alleinlebende Mensch eine stark wachsende Patientengruppe mit besonderen Herausforderung in der Versorgung. Eine notfallmedizinisch orientierte Versorgungsforschung und die systematische Untersuchung von Kontextfaktoren stellt die Grundlage für die inhaltliche Anpassung an ein verändertes Einsatzspektrum und die Projektierung unterstützender Technologiesysteme und bedarfsadaptierter Versorgungsstrukturen dar. Bei zunehmend knapperen Ressourcen im Bereich der Pflege und anderer Unterstützungsangebote können technologiebasierte Lösungen dazu beitragen möglichst lange, ein sicheres und autonomes Leben in der in der eigenen Wohnumgebung zu ermöglichen.

In der Förderlinie zu Ambient Assisted Living wurde im Rahmen des EU-Projekts „EMERGE“ ein Notfallüberwachungs- und Alarmierungssystem entwickelt. Das EMERGE-Projekt war neben der Entwicklung des Telenotarztsystems eines der ersten, wegweisenden notfallmedizinischen IT-Projekte, bei dem in enger Kooperation zwischen Domänenexperten aus der Notfallmedizin und Spezialisten aus dem Bereich Softwareengineering und Sensortechnologie ein Demonstrator bis auf Prototypenebene entwickelt und evaluiert wurde. Aus der Zusammenarbeit ergab sich die erfolgreiche Anmeldung eines Patents zu einem ambienten Sensorsystem, welches mittels KI-basierter Algorithmen eine Notfallerkennung ermöglicht.

Die Kooperation zwischen notfallmedizinischen Experten und IT-Spezialisten muss als zukunftsweisend betrachtet werden, um anwenderorientierte und praxisrelevante Lösungen für die Zukunft zu erarbeiten. Die vorgelegte Arbeit ist damit ein gutes Beispiel dafür, wie die transsektorale Kooperation von Notfallmedizinern mit Experten der Informationstechnologie einen, über den individualmedizinischen Ansatz hinausgehenden, wichtigen Beitrag zur Bewältigung der Probleme einer alternden Gesellschaft leisten kann. Zur Fortsetzung dieser Aktivitäten wurde das Deutsche Zentrum für Notfallmedizin und IT (deNIT) am Fraunhofer IESE in Kaiserslautern gegründet, welches bis heute einen wertvollen Beitrag zur Weiterentwicklung der Notfallmedizin leistet. In Bayern konnte unter Mitwirkung des Autors nach jahrelangen Vorarbeiten die gesetzliche Verankerung und die für 2022 geplante Implementierung eines Bayerischen Notfallregisters erreicht werden.

Die epidemiologischen Erkenntnisse und eine differenzierte Erfassung des Notfallgeschehens, sowie die Entwicklung technischer Überwachungs- bzw. Unterstützungssysteme mit Anbindung spezifischer Hilfeleistungsangebote können einen Paradigmenwechsel in der Notfallmedizin einleiten, indem man die Notfallmedizin nicht mehr nur eine überwiegend reaktive Rolle einnimmt, sondern auch verstärkt präventive Ansätze verfolgt werden können.

II) Hintergrund und Hinführung zum Thema

Der demographische Wandel

Die Zahl der über 65-Jährigen nimmt zu, so dass bereits heute etwa jeder dritte Deutsche älter als 60 Jahre ist. Umgekehrt nimmt der Anteil der jungen Menschen weiter ab. Heute ist etwa ein Fünftel der Deutschen jünger als 20 Jahre, 1950 waren es noch 30 Prozent. Der Altersaufbau wird sich somit innerhalb von hundert Jahren umgekehrt haben: Nicht nur die Anzahl älterer Mitmenschen wird sich deutlich erhöhen, besonders stark wird die Zunahme der über 80-Jährigen ins Gewicht fallen, deren Zahl von heute ca. 6 Millionen innerhalb weniger Jahrzehnte auf ca. 10 Millionen ansteigen wird. Parallel dazu nimmt die Zahl pflegebedürftiger Mitmenschen stetig zu: nach einer Vorausberechnung des Statistischen Bundesamtes wird die Zahl der Pflegebedürftigen von heute über 4 Millionen weiter ansteigen. Für das Jahr 2050 ist die Prognose derzeit bei 5,9 Millionen.[40]

Gesundheit älterer Menschen: Atypisches Erscheinungsbild und Komorbidität

Der Gesundheitszustand älterer Menschen ist durch eine enge Regulation physiologischer Parameter und eine deutlich eingeschränkte Kompensationsbreite gekennzeichnet. Die Anzahl der chronisch-degenerativen Erkrankungen und das Auftreten von Mehrfacherkrankungen nehmen mit dem Alter zu, allfällige Exazerbationen können regelmäßig zu Notfallsituationen führen.[6]

Die Krankheitsbilder präsentieren sich im Alter häufig auf atypische Weise mit einer großen Variabilität der Symptome. Als Beispiel können die atypischen Ausprägungen des Koronarsyndroms, die zu einer signifikant verzögerten Behandlung und einer erhöhten Letalität führen, genannt werden.[42] Jede Art der akuten Erkrankung kann rasch, zu Immobilisierung, Stürzen, zu verminderter kognitiver Leistungsfähigkeit und zum Verlust der Autonomie führen. Generell nimmt die Multimorbidität im Alter zu, wobei sich im historischen Verlauf der Gesundheitszustand der nachwachsenden Kohorten im Alter in der Zukunft eher verbessert, vorausgesetzt Versorgung und Gesundheitsverhalten bleiben gleich oder verbessern sich weiter.

Ältere Patienten nehmen durchschnittlich drei bis sechs Medikamente täglich ein. Sowohl die größere Menge und Einnahmehäufigkeit, aber auch die physiologischen Veränderungen werden dafür verantwortlich gemacht, dass bei Älteren unerwünschte Medikamentennebenwirkungen etwa doppelt so häufig vorkommen wie bei jüngeren Menschen und Grund für 10-16% aller Einweisungen in Notaufnahmen sind.[13]

Delirium und kognitive Störungen

Kognitive Störungen, Aufmerksamkeits- und Wahrnehmungsstörung sind bei vielen älteren Notfallpatienten zu finden und können sowohl im Rahmen eines akuten Delirs, aber auch als Folgen eines dementiellen Syndroms auftreten. Daraus resultieren Schwierigkeiten bei der Kommunikation z.B. im Rahmen der Anamneseerhebung und der Zusammenarbeit (z.B. die mangelnde Compliance bei der Medikamenteneinnahme). Nur etwa 30-50% mentaler Störungen werden bei geriatrischen Patienten in Notaufnahmen erkannt. Beim akuten Delir werden somit auch die auslösenden Ursachen, die sehr unterschiedlich sein können, nicht identifiziert. Die Folgen nicht erkannter deliranter Zustände sind gehäufte Krankenhausaufnahmen und eine erhöhte Letalität.[49]

Ein Blick in die großen epidemiologischen Datenbanken der WHO (WHOSIS: WHO Statistical Information Systems) erlaubt eine Abschätzung der zukünftigen Einsatzschwerpunkte. Umfassende epidemiologische Datensätze zu verschiedenen Erkrankungen und Subpopulationen stehen durch die *Global Burden of Disease* (GBD) Studien und deren Folgeuntersuchungen zur Verfügung.[24, 25]

In Ländern mit hohem Einkommen stehen ischämische Herzerkrankungen und zerebrovaskuläre Erkrankungen in der Liste der häufigsten Todesursachen für das Jahr 2030 an oberster Stelle. Nur die Todesursachen zu betrachten reicht aber nicht aus, um die komplexen Aspekte einer Erkrankung wie ihre Auswirkungen auf Lebensqualität oder die durch sie verursachten Kosten zu erfassen.[17] Ein umfassenderes Maß für die Erfassung von Krankheitsfolgen sind die von der WHO definierten sogenannten "disability adjusted life years" (DALY), das heißt die Summe der Jahre, die durch vorzeitigen Tod oder Behinderung verloren gehen. Ein "DALY" bedeutet den Verlust eines Jahres mit uneingeschränkter Gesundheit und schließt funktionelle Einschränkungen, die durch die Krankheit verursacht werden, mit ein. Die WHO Prognose für das Jahr 2030 nennt als die führende Ursache für den Verlust der Gesundheit neuro-psychiatrische Erkrankungen (28%, unipolare Depression, Demenz) gefolgt von kardiovaskulären (15%) Erkrankungen und den fast ebenso häufigen malignen Erkrankungen (14%).[24]

Häufige Notfallsituationen: Sturz und Hilflosigkeit

Alte Menschen stürzen sehr häufig: Untersuchungen zufolge beträgt das jährliche Sturzrisiko über 65-Jähriger mehr als 30 %, über 80-Jähriger ca. 50 %.[3, 17] Etwa 10–20 % der Stürze führen zu behandlungspflichtigen Verletzungen, ca. 1-2 % zu hüftnahen Frakturen. Die funktionelle Prognose dieser Verletzung ist schlecht: Mehr als die Hälfte der Patienten verlieren die Fähigkeit, selbständig zu gehen, 20 % werden pflegebedürftig.[44, 45] Nicht eindeutig geklärt ist der Einfluss des therapiefreien Intervalls und die Auswirkungen der Auffindeumstände auf das Outcome nach einem Sturz: typische

unmittelbare Folgen wie Angst, Schmerz, Hypothermie, Pneumonie sowie Weichteilschäden sind regelmäßig anzutreffen. Die Auswirkungen auf die mittel- und langfristige Prognose (u.a. nosokomiale Infektionen, Notwendigkeit einer Intensivtherapie, Krankenhausliegedauer, funktioneller Status bei Entlassung, Letalität) sind allerdings bislang nicht systematisch untersucht. Einiges spricht auch dafür, dass das schlechte Outcome und die Komplikationen nicht nur primär als Folge des Sturzes zu werten sind, sondern dass Stürze im Alter vielmehr ein frühes Anzeichen für eine allgemeine Destabilisierung des gesundheitlichen Zustandes („Hinfälligkeit“) darstellen. Im Ereignis „Sturz“ wird die komplexe Problematik geriatrischer Notfälle und die begrenzte Wirksamkeit einer rein individualmedizinisch agierenden Notfallmedizin deutlich. Immobilität und Hilflosigkeit sind ein häufiger Grund für die Alarmierung des Rettungsdienstes. Gewaltsame Wohnungsöffnungen, bei denen Patienten nur noch tot aufgefunden werden, sind gerade in Städten kein seltenes Ereignis.[9, 22] Trotz eines gut organisierten Rettungsdienstes und Angeboten wie den Hausnotrufsystemen entstehen durch Erkrankung oder Verletzung regelmäßig Situationen der Hilflosigkeit, die häufig mit erheblichen Verzögerungen bis zur Alarmierung von Hilfe einhergehen.

Weitere wesentliche Einflussgrößen auf das notfallmedizinische Geschehen können der soziale Gradient (z.B. Arbeitslosigkeit), die Familienstruktur und Lebenssituation („soziale Isolation“) sein.

Durch die zunehmende soziale Isolation, die Prävalenz von Multimorbidität einhergehend mit den eingeschränkten physiologischen Reserven im Alter wird der Bedarf an notfallmedizinischer Versorgung weiter ansteigen. Immer mehr Menschen werden pflegebedürftig sein, was unter anderem an der stetig steigenden Anzahl von Patienten mit einer klinisch relevanten Demenz liegt.[21, 34] Diese Entwicklung wird von einer ausgeprägten Veränderung der Versorgungsstrukturen begleitet. Das regionale akutmedizinische Versorgungsangebot wird durch Umstrukturierung der Krankenhauslandschaft und die oft nur noch lückenhafte hausärztliche Abdeckung weiter reduziert. Die Anforderungen an die Notfallmedizin werden sich sowohl was die Quantität, aber auch bezüglich der Inhalte in den nächsten Jahren wesentlich verändern.[35]

Systematische Untersuchungen, die sowohl die medizinischen wie auch die sozialen Kontextfaktoren von Notfällen erfassen, fehlen weitgehend. Diese Informationen werden aber als Grundlage für die Planung und Entwicklung von Unterstützungssystemen benötigt. Eine nachhaltige Verbesserung der Situation kann nur erzielt werden, wenn mit notfallmedizinischer Expertise präventive Maßnahmen mitgestaltet und im Rahmen der Akuttherapie prekäre Versorgungslagen erkannt und geeignete komplementäre Einrichtungen eingeschaltet werden.[32] Wegen schwindenden personellen Ressourcen müssen auch innovative technologische Systeme, welche in den oben beschriebenen Situationen unterstützend eingesetzt werden können, entwickelt und evaluiert werden. Die meisten

der folgenden Arbeiten sind im Rahmen des EU-Projekts „EMERGE: Emergency Monitoring and Prevention entstanden.[50]

III) Beitrag der Arbeiten zu dieser Habilitationsschrift

In dem vorliegenden Habilitationsprojekt wurden epidemiologische Daten erhoben, die die medizinischen und sozialen Umstände von Notfallpatienten beschreiben und die Notwendigkeit einer verbesserten Notfallerkennung begründen. Hierbei wurden zum einen mit routinemäßig dokumentierten Daten die Einsatzentwicklung, die Einsatzarten und die möglichen Faktoren der Inanspruchnahme untersucht. Zum anderen sind in einer prospektiven Studie zu Notarzteinsätzen mittels eines umfangreichen Zusatzprotokolls Primärdaten zum sozialen Kontext der Einsätze erhoben worden. Wichtige logistische Aspekte und Informationsdefizite entlang der Rettungskette wurden hierbei erörtert.

Das EU-Projekt EMERGE (FP6_IST_045056) bot den Rahmen für eine interdisziplinäre Kooperation, bei der die Entwicklung und Evaluation eines sensorgestützten Notfallerkennungssystems für die Wohnumgebung zur Erhöhung der Sicherheit alter Menschen umgesetzt werden konnte.[50]

Im Rahmen des EMERGE-Projektes wurden diese Daten zur Problembeschreibung verwendet und lieferten die Basis für die Entwicklung der Anwendungsfälle (sog. *use cases*) zur Software- und Systementwicklung eines ambienten sensorgestützten Notfallerkennungssystems.

Die Sensorik und Systemarchitektur sowie die KI-basierten Auswertungsalgorithmen konnten bei einem Prototyp in einem Assisted Living Labor am Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering (IESE) getestet und evaluiert werden. Das entwickelte System mit den entsprechenden Algorithmen wurde erfolgreich zum Patent (DE 10 2010 033 985 B4) angemeldet.[41] Die vorliegende Arbeit zeigt auf wie, man mit technologischer Unterstützung Notfallsituationen bzw. Verschlechterungen des Gesundheitszustands früher erkennen und insbesondere vulnerablen Patientengruppen länger ein sicheres und selbstbestimmtes Leben ermöglichen kann. Sie leistet mit der erfolgten Problembeschreibung und den erarbeiteten Lösungsansätzen einen wichtigen Beitrag zur Optimierung der Notfallmedizin für eine alternde Gesellschaft.

1) Entwicklung des Notfallaufkommens im Rettungsdienst und in den Notaufnahmen

In den Jahren von 2007-2016 ist die Gesamtzahl der Einsätze in Bayern um 49,1% gestiegen.[10] Schon 2012 waren die über 75-Jährigen für 33% der rettungsdienstlichen Einsätze verantwortlich.[47] Bis 2032 wird prognostiziert, dass allein aufgrund der demographischen Entwicklung ein durchschnittlicher Anstieg der Einsätze um 21 % zu erwarten ist, wobei es starke regionale Unterschiede zwischen urbanen und ländlich geprägten Regionen geben wird (-3 % bis +41%). Eine wesentliche Erkenntnis dieser Untersuchung ist zudem, dass die demographischen Faktoren nur für etwa ein Drittel des bisherigen Anstiegs der Einsatzfrequenz verantwortlich sind und offensichtlich weitere Faktoren aus Bevölkerungsmerkmalen (Familienstatus, Einkommen, Einstellungen etc.) und Rahmenbedingungen des Gesundheitswesens (Informiertheit, Kosten, Zugänglichkeit zu alternativen Diensten etc.) wesentliche Treiber der Inanspruchnahme des Rettungsdienstes darstellen.[47]

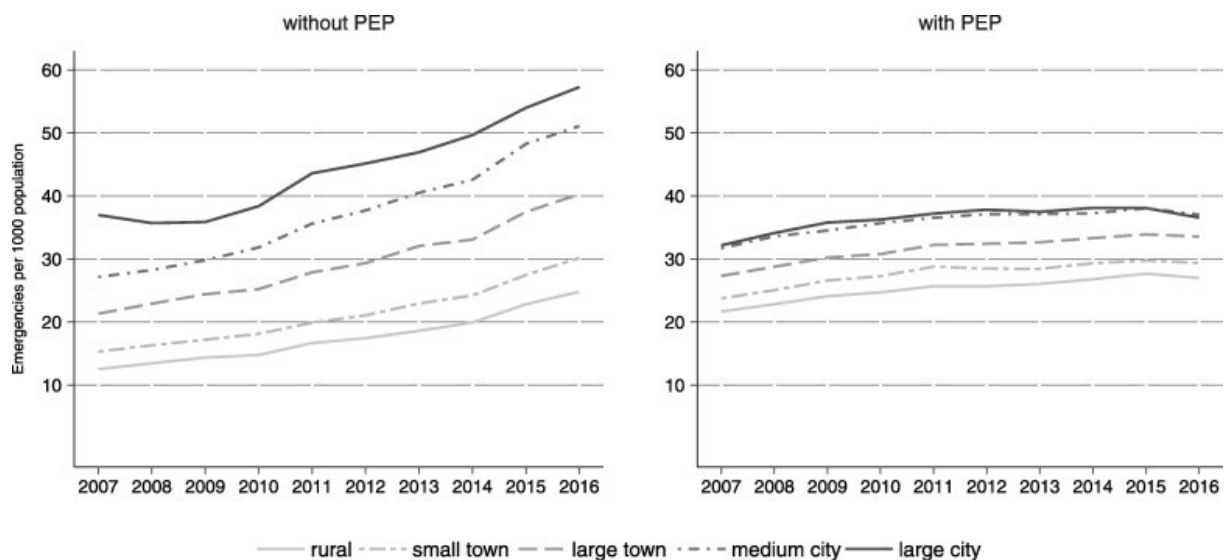


Abbildung 1: Notfallaufkommen pro 1000 Einwohnern von 2007 bis 2016 für Einsätze ohne Notarzt (PEP) und Einsätze mit Notarztbeteiligung in unterschiedlichen Gemeindetypen. [10]

Auch bei den Aufnahmen in die Notaufnahmen der Kliniken sind die über 65-Jährigen stärker als andere Altersgruppen vertreten. Ebenso steigt der Anteil der stationären Aufnahmen mit zunehmenden Alter stark an, wobei überwiegend nicht-verletzungsbedingte Ursachen zur Aufnahme führen.[46]

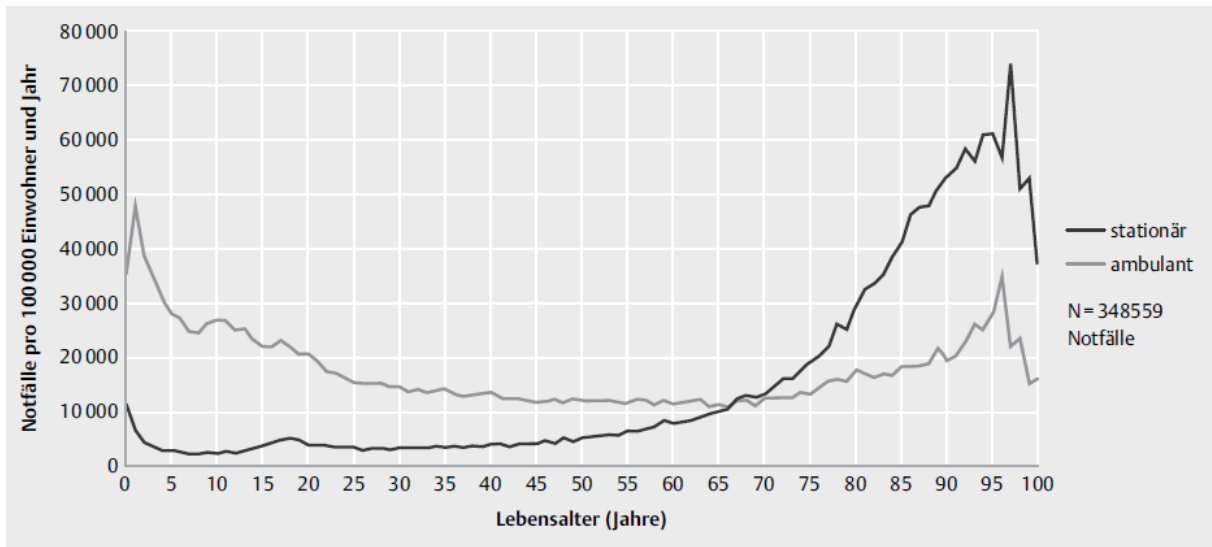


Abbildung 2: Inzidenz der Vorstellung in den Notaufnahmeeinrichtungen nach Lebensalter. Der Graph zeigt die Anzahl der Vorstellungen pro 100 000 Einwohner des jeweiligen Lebensjahres. In die Darstellung gehen nur Fälle aus München Stadt ein, da für die Berechnung die absoluten Bevölkerungszahlen notwendig waren. [46]

Die eigenen Literaturstellen zu diesem Thema sind [10, 46, 47]

2) Einsatzspektrum bei älteren Notfallpatienten und soziale Kontextfaktoren

Die systematische wissenschaftliche Erfassung und Analyse des Versorgungsgeschehens wurde in Deutschland lange vernachlässigt. Die effektive Gestaltung der notfallmedizinischen Versorgungsstrukturen setzt eine umfassendere Dokumentation von Einsatzdaten und Kontextfaktoren verbunden mit einer über den einzelnen Standort hinausgehenden Analyse und Interpretation der Daten voraus. Die spezielle Problematik alter Notfallpatienten ist aus der täglichen Einsatzrealität bekannt, wobei es nur wenige systematische Untersuchungen aus dem präklinischen Bereich gibt.[9] In einem ersten Ansatz wurden beispielhaft typische Fälle beschrieben, die die Problemfelder bei der notfallmedizinischen Versorgung alter Patienten hervorheben.[34] Hierbei standen die Hilflosigkeit nach einem Sturzereignis und die Hilflosigkeit bei dementiellem Syndrom im Vordergrund. Hinzu kommen Situationen, in denen Verwahrlosung und spät entdeckte Todesereignisse das Einsatzgeschehen prägten.

Auf diesen Ergebnissen aufbauend wurde für die prospektiven Untersuchungen ein Fragebogen mit insgesamt 90 Items entwickelt, anhand dessen die teilnehmenden Notärzte die medizinischen und sozialen Kontextfaktoren der im Notarztdienst versorgten Patienten umfassend dokumentieren konnten. In einer prospektiven Untersuchung wurden neben den medizinischen Daten Aspekte zur Wohn- und Lebenssituation, zum Alarmierungsweg, etwaigen Verzögerungen, den durchgeführten Maßnahmen etc. erhoben. Insgesamt konnten in dieser Studie 1077 konsekutive Notarzteinsätze

ausgewertet werden. Es zeigte sich hierbei, dass die Gruppe der über 65-jährigen Patienten schon heute mit 58 % die größte Gruppe der Notfallpatienten bildet. Die über 65-jährigen Notfallpatienten sind signifikant häufiger chronisch krank (94% vs. 61%) und leiden deutlich häufiger an mehreren Erkrankungen (61% vs. 14%). Die meisten Notfälle passieren zu Hause: Dies gilt für 59% der jüngeren und 88% der älteren (>65 a) Patienten. Das Risiko eines sturzbedingten Notarzteeinsatzes ist bei älteren Patienten stark erhöht und weist Spitzenwerte in der achten Lebensdekade auf.[23]

Besonders die Verzögerung zwischen Notruf und Alarmierung trat bei den älteren Patienten im häuslichen Umfeld signifikant häufiger auf als bei den unter 65-jährigen Patienten. Bei 20% kam es zu einer Verzögerung von mindestens einer Stunde, bei weiteren 9% zu einer Verzögerung von mehr als einer Stunde.

Bei den häuslichen Notfallpatienten waren nur 9% der jüngeren unter ambulanter Pflegebetreuung, während bei den über 65jährigen bereits 28% ambulanter Pflege bedurften und nach Einschätzung der Notärzte weitere 12% der Patienten pflegerischer Unterstützung bedurft hätten. Ganze 12% (vs. 6%) aller Einsätze bei älteren Notfallpatienten hatten palliativen Charakter, wobei hier nicht nur Karzinompatienten berücksichtigt wurden, sondern auch palliative Situationen bei Patienten mit Endstadien chronisch pulmonaler Obstruktion oder austherapierter koronarer Herzerkrankung. Unabhängig vom Alter stuften die Notärzte die Indikation zum Notarzteeinsatz bei fast einem Drittel aller Fälle als nicht adäquat ein.[51]

Die gewonnenen Informationen wurden im Rahmen des EMERGE Projektes (FP6_IST_045056) als Teil des Anforderungsprofils für ein automatisiertes Notfallerkennungssystem herangezogen und bildeten die Rationale für die dringende Notwendigkeit einer verbesserten Notfallerkennung bei alten Menschen im häuslichen Umfeld.[14, 24, 35]

Vor dem Hintergrund der Entwicklung einer Notfallerkennung wurde ein besonderes Augenmerk auf die Wirksamkeit von sogenannten Hausnotrufgeräten gelegt, bei welchen über einen am Körper getragenen Auslöseknopf ein Hilferuf abgesetzt werden kann. Um die Frage zu beantworten, ob Hausnotrufsysteme tatsächlich die Sicherheit alleinlebender Patienten erhöhen, untersuchten wir bei 1077 konsekutiven Notarzteeinsätzen die Patienten, die ein Hausnotrufgerät zur Verfügung hatten. Tatsächlich hatte mit 20 Patienten (2,7%) nur ein sehr geringer Anteil der vom Notarzt versorgten Patienten ein Hausnotrufgerät zur Verfügung. Von dieser kleinen Patientengruppe nutzten nur acht die Technologie zur Alarmierung des Notarztes, bei den anderen wurde via Telefon alarmiert (mittleres Alter 78,2 vs. 82,3, $P < 0.01$). Bei fünf der acht Patienten lag bei einer Notfallschwere von NACA ≤ 3 keine Notarztindikation vor und außerdem stimmte bei der Hälfte der Einsätze die Alarmierungsdiagnose nicht mit der ärztlichen Verdachtsdiagnose überein. Kein Alarm wurde wegen eines Sturzes ausgelöst. Von den 12 Patienten, die ein Hausnotrufgerät hatten, es aber nicht zur Alarmierung verwendeten,

waren dagegen 50% der Patienten in einer lebensbedrohlichen Situation ($NACA \geq 4$). Dies lässt darauf schließen, dass genau die Patienten, die am dringendsten Hilfe benötigen, physisch oder kognitiv nicht mehr in der Lage waren, aktiv einen Alarm auszulösen. Auch scheinen Notfälle mit Stürzen hier nicht abgedeckt zu sein.[23]

Neben dem Alter ist auch der Einfluss des sozialen Status auf die Gesundheit ein bekanntes Phänomen, welches aber in seiner spezifischen Bedeutung für die notfallmedizinische Versorgung kaum untersucht ist.[12] In unserem Untersuchungskollektiv zeigte sich, dass auch Arbeitslose im Vergleich zu Erwerbstätigen signifikant häufiger den Notarzdienst beanspruchen mussten und mit 22,5% (vs. 9,1% Arbeitslosenquote) der Gesamteinsätze deutlich überrepräsentiert waren und somit eine notfallmedizinische Risikogruppe darstellen. Die Inzidenz chronischer Erkrankungen betrug 84,2% bei den arbeitslosen Patienten (vs. 36,8% der Vergleichsgruppe, $p < 0,01$). Den Allgemeinzustand bewerteten die Notärzte bei der Mehrheit der nicht-arbeitslosen Patienten (87,0% vs. 53,3%, $p < 0,01$) als gut. Bei der Analyse der von den Notärzten gestellten Hauptdiagnosen führen in der Gruppe der arbeitslosen Patienten mit 38,3% (vs. 15,2% bei der Kontrollgruppe, $p < 0,01$) die psychiatrischen Notfälle, insbesondere Intoxikationen, Suizidalität, psychomotorische Erregungszustände und Angststörungen. Die überwiegende Mehrheit der Notfälle der Vergleichsgruppe entfielen auf internistische Erkrankungen wie akutes Koronarsyndrom, Atemwegserkrankungen und metabolische Störungen (40,6% vs. 23,4% bei den arbeitslosen Patienten).[38]

Die eigenen Literaturstellen zu dieser Fragestellung sind [14, 34, 35, 38, 51]. die Ergebnisse zu [23] wurden in der mitbetreuten Dissertation von Frau Dr. Martin dargestellt.

3) Modellierung des funktionellen Gesundheitszustands eines Menschen

Bei der Erkennung von Notfällen in einer ambienten Sensorumgebung ist man gezwungen, sich weitgehend von der klassischen Diagnoseerstellung durch Anamnese und körperliche Untersuchung zu entfernen. Es muss vielmehr darauf abgezielt werden, eine bestimmte Situation wie z.B. einen Sturz oder die Bewusstlosigkeit einhergehend mit Regungslosigkeit zeitnah als eine kritische Situation zu erkennen. Als integrierter Ansatz zur Darstellung des funktionellen Gesundheitszustands wurde ein sogenanntes „Human Capability Model“ (HCM) entwickelt, welches als Konzept von Nehmer et al. vorgestellt wurde.[27, 28] In diesem Modell ist der Gesundheitszustand eines Menschen als Funktion verschiedener vitaler, mentaler und psychosozialer Parameter über die Zeit dargestellt. Die Auswahl der Parameter in unserem Ansatz sollte es ermöglichen sowohl kurz- als auch längerfristige Veränderungen zu beschreiben, auf die dann in unterschiedlicher Dringlichkeit reagiert werden kann.[29, 30]

Stürze oder Bewusstlosigkeit sind typische Beispiele für relevante, kurzfristige Veränderungen mit sofortigem Handlungsbedarf. Für die längerfristigen Veränderungen wurden unter anderem die Aktivitäten des täglichen Lebens (Activities of Daily Living, ADL) als wesentlicher Parameter für die Bestimmung des Gesundheitszustandes herangezogen. Ergänzt wurden die Aufzeichnungen durch intermittierende Messungen von Vitalparametern wie z.B. Blutdruck und Körpergewicht.[15]

ADL stellen einen wesentlichen Bestandteil des funktionellen Gesundheitszustandes dar und können als einzelne Aktivität oder als eine Serie von Einzeltätigkeiten auftreten. ADL unterliegen verschiedenen Einflussgrößen wie z.B. den persönlichen Gewohnheiten, der Jahreszeit, dem Wochentag, dem kulturellen Hintergrund oder dem Alter. Aktivitäten wie Schlafen, der Zubereitung von Mahlzeiten oder der allgemeinen Mobilität folgen bestimmten individuellen Stereotypen und erwiesen sich bei Abweichungen als sensitive Indikatoren für Veränderungen des Gesundheitszustandes.[7, 26]

Um Abweichungen spezifizieren zu können, musste zunächst ein Normalitätsmodell definiert werden, in dem Experten die Normalwerte und Streumaße für alle beobachteten Parameter festgelegt haben. Zusätzlich war es möglich eine individualisierte Historie für den jeweiligen Nutzer aufzuzeichnen. In diesem Modell wurde nutzeradaptiert festgelegt, mittels welcher Interaktions- und Kommunikationspfade die adäquate Unterstützungsaktion angestoßen werden soll. Dies kann beispielsweise eine Meldung an die Rettungsleitstelle über einen beobachteten Sturz sein oder die Information der Angehörigen oder des Hausarztes, dass es zu einer allmählichen Veränderung im Aktivitätsprofil gekommen ist. Nachdem sich auf Basis der notfallmedizinischen und epidemiologischen Daten die Notwendigkeit einer verbesserten Notfallerkennung für bestimmte Risikogruppen ableiten ließ, galt es die Anforderungen an ein derartiges System zu definieren und geeignete Modelle des Gesundheitszustands bzw. Algorithmen zur Erkennung von Notfallsituationen zu entwickeln.[36, 51]

Es wurden folgende Hauptziele adressiert und dabei angestrebt einem bio-psycho-sozialen Ansatz gerecht zu werden:

- Erkennung von akuten Notfällen anhand kurzfristiger Abweichungen gegenüber dem Normalzustand (z.B. Stürze, Bewegungslosigkeit oder pathologische Vitalparameter).
- Erkennung von kritischen Verhaltensentwicklungen und veränderten Verhaltensmustern über einen längeren Zeitraum hinweg durch Beobachtung von klinisch relevanten Aktivitäten des täglichen Lebens mit dem Ziel einer automatischen und frühzeitigen Erkennung von kritischen Situationen.
- Keine bzw. geringe Beeinflussung der gewohnten Verhaltensweisen durch Nutzung von ambienter und unaufdringlicher Sensorik.

- Proaktive Unterstützung bei erkannten Verhaltensabweichungen durch nahtlose Integration in die bekannten oder noch zu definierenden Alarmierungswege und angemessene Assistenz durch Rettungsdienste, Notärzte, Pflegekräfte oder soziale Dienstleister.

Die eigenen Literaturstellen zu dieser Fragestellung sind [29, 30, 36, 51].

4) Sensorauswahl und Systemarchitektur für ein automatisiertes Notfallerkennungssystem im häuslichen Umfeld

Bedingt durch die relativ reduzierte Informationsdichte eines ambienten Sensornetzwerkes ist es nötig zunächst aus einer Vielzahl von einfachen Sensorsignalen (I/O-Information) die nötige Information zu fusionieren und zu aggregieren („Sensorfusion“), um eine qualifizierte Aussage über den Zustand des Patienten machen zu können.[7]

Eine besondere Herausforderung bei der Analyse der Sensordaten ist die Auswahl der geeigneten Auswertelgorithmen, den sogenannten *Reasoning*-Ansätzen. Sie erlauben es, komplexe menschliche Aktivitäten aus einer kontinuierlichen Abfolge von ambienten Sensorereignissen zu erkennen. Verkompliziert wird die Situation durch eine hohe interindividuelle Variabilität in den Aktivitätsmustern, die Möglichkeit überlappender Tätigkeiten und die Vielzahl von verschiedenen Sensorkonfigurationen in unterschiedlichen Wohnumgebungen. Neben einer hohen Adaptabilität muss ein entsprechendes System somit hohen Ansprüchen bezüglich Reaktionsschnelligkeit, Zuverlässigkeit und Genauigkeit in der Situationserkennung genügen.

Um sich diesen Anforderungen anzunähern, mussten verschiedene Methoden aus dem Feld der künstlichen Intelligenz (KI) und des sogenannten „Complex Event Processing“ (CEP) zur Anwendung kommen.[11, 39, 42]

Für dieses Projekt wurde ein „Event-Driven Activity Recognition System“ (EARS) konfiguriert, das in einem Hybridansatz verschiedene Analysemethoden, wie zum Beispiel zeit- oder regelbasierte Algorithmen kombiniert. Mittels einer eigens entwickelten „Event-Driven Activity Recognition Language“ konnten den einzelnen Aktivitäten weitere Attribute zugeschrieben werden. Diese ermöglichten es bestimmte Auslöseschwellen, Gewichtungen oder Zeitverzögerungen zuzuordnen. Zudem war so die Modellierung von Situationen mit inkompletter Informationslage möglich. [16]

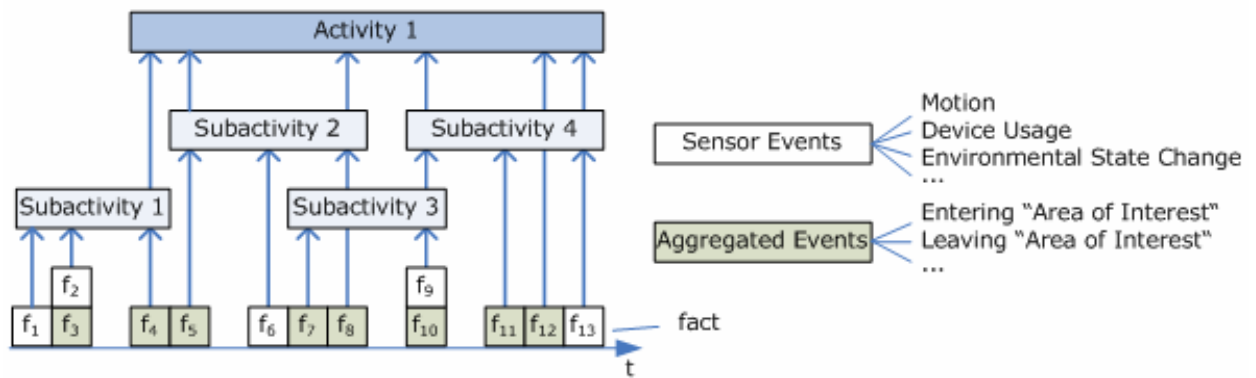


Abbildung 3. Beispielhafte Darstellung einer Aktivitätserkennung mit dem Event-Driven Activity Recognition System (EARS). [42]

Durch die Aufzeichnung der täglichen Routine wird ein Aktivitätsmuster erstellt, um in der Folge kritische Abweichungen erkennen zu können. Die Situationserkennung wird durch eine Kombination von Sensoren, Softwarekomponenten, IT-Plattformen und Expertensystemen ermöglicht.

Die erste Ebene stellt die Sensorebene dar. Mittels ambierender und wenig störender („non-otrusive“) Sensoren werden Informationen über Umweltbedingungen, Aktivitäten, Gerätenutzung und Lokalisation bereitgestellt. In weiteren Abstraktions-, Fusions- und Bewertungsebenen werden diese heterogenen Sensordaten weiterverarbeitet, um schließlich eine Notfallmeldung zu erzeugen und diese an die entsprechenden Kommunikationsschnittstellen weiterzuleiten. In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Systemkomponenten und jeweils eine kurze Beschreibung der wesentlichen Funktionen zusammengefasst.[16, 29, 37]

Komponente	Beschreibung
LocationFusion	Fusioniert Lokalisierungsinformationen von verschiedenen Quellen
ActivityFusion	Fusioniert überlappende Informationen zu einer Information mit höherer Qualität
StateFusion	Fusioniert Statusinformationen, z.B. Helligkeit, Temperatur
VitalDataFusion	Fusioniert Vitalparameter, z.B. von Armbanduhr, Druckmatten, Blutdruckmessgerät
AreaLocator	Erkennt das Betreten und Verlassen eines definierten Bereichs
PresenceDetector	Erkennt die Anwesenheit von keiner, einer oder mehreren Personen
MovementMonitor	Erstellt einen Aktivitätsscore, basierend auf Bewegung und Aktivität
FallDetection	Erkennt plötzliche Stürze, basierend auf verschiedenen räumlichen Informationen
MotionlessDetection	Erkennt ungewöhnlich starke Abweichungen vom normalen Aktivitätsverhalten
ActivityAggregator	Erkennt definierte Aktivitäten (ADLs)
TemporalNormalizer	Normalisiert die ermittelten Werte zu vergleichbaren Tageswerten
TrendDetector	Ermittelt mathematisch Trendinformationen über verschiedene Zeiträume

Tabelle 1: Liste mit Systemkomponenten und Kurzbeschreibung [42]

Die Auswertungslogik und Konfiguration eines entsprechend Systems wurden in einer Patentschrift „Verfahren zur unaufdringlichen Überwachung einer Person und System zur Durchführung des Verfahrens“ erfolgreich zum Patent angemeldet.[41] Hierbei wird beschrieben, wie in einem selbstlernenden Verhaltensnetz automatisch ein individuelles Verhaltensprofil erstellt wird und mit verschiedenen weiteren Attributen und Instanzen ergänzt und ausgebaut werden kann. Es wird in der Patentschrift gezeigt, wie verschiedene Sensorebenen zu einem Multiverhaltensnetz zusammengefasst und angepasste Alarmschwellen konfiguriert werden können.

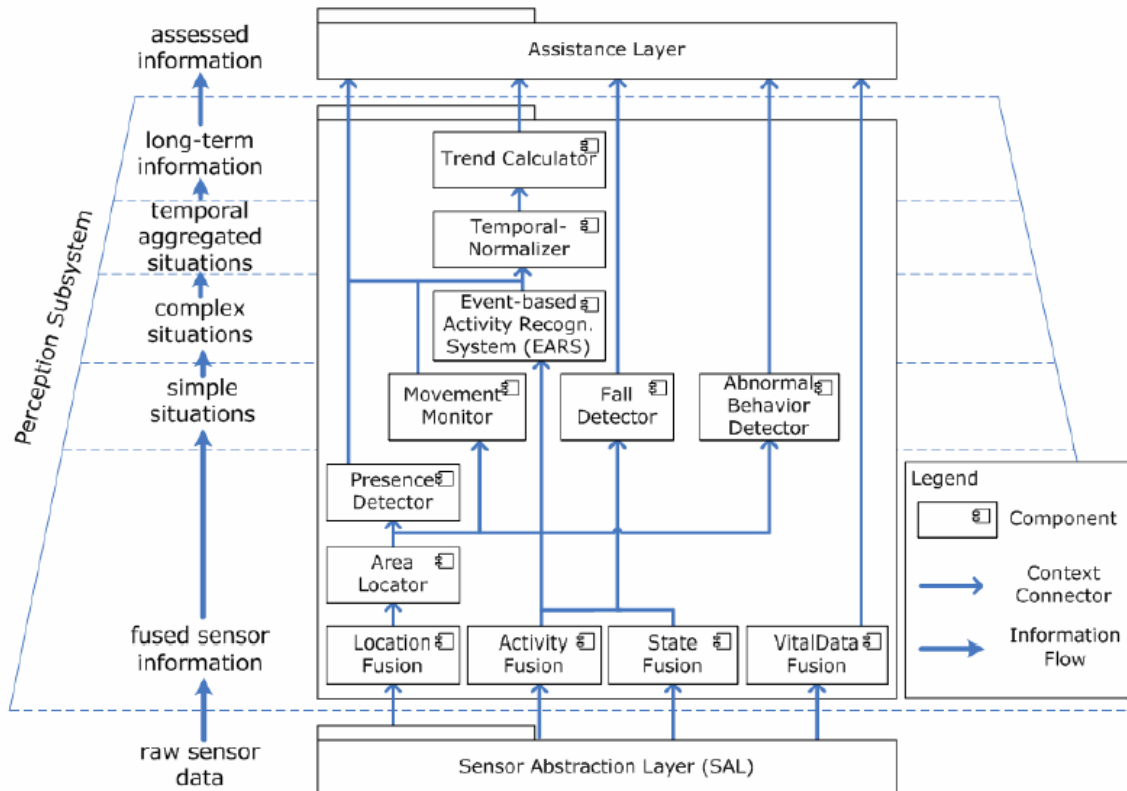


Abbildung 4: Schematischer Aufbau des Aktivitätserkennungssystems [42]

Die eigenen Literaturstellen zu dieser Fragestellung sind [16, 29, 37, 41, 42]

5) Aktivitätserkennung und Evaluation

Die potentiellen Stakeholder waren bereits bei der Anforderungsanalyse und der Entwicklung der Prototypen gemäß den Qualitätsanforderungen der Softwareentwickler zu einem frühen Zeitpunkt mit eingebunden. Beispielhaft wurde die ADL-Erkennung zur Testung des Systems unter Laborbedingungen ausgewählt. In der Testumgebung des Assisted Living Labors am Fraunhofer IESE konnte in Testreihen mit freiwilligen Personen die ADL-Erkennung validiert werden. Für die ADL Toilettenbenutzung, Persönliche Hygiene und Zubereiten einer Mahlzeit wurden 100, 54 bzw. 66 Szenarien entwickelt.[16] Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die getesteten ADL-Szenarien und die ermittelte Treffsicherheit bei der Erkennung der ADL:

ADL	Anzahl Szenarien	Positives Szenario	Negatives Szenario	Anzahl der Testpersonen	Treffsicherheit
Toilettengang	100	50	50	6	98%
Persönliche Hygiene	54	33	21	5	83%
Zubereitung Mahlzeit	66	45	21	4	94%

Tabelle 2: Evaluationsmatrix und Treffsicherheit für ausgewählte Activities of Daily Living (ADL) [16]

Im Rahmen des Gesamtprojektes wurden weitere Evaluationen zu ergänzenden körpernahen Sensoren durchgeführt. Gegenstand der Evaluation war eine am Handgelenk zu tragende Uhr („Smartwatch“), die Puls und Sauerstoffsättigung messen kann sowie über Akzelerometrie Bewegungsdaten aufzeichnen und damit zur Sturzdetektion dienen kann.[14] Zudem verfügte das Gerät über eine Alarmfunktion, über die der Nutzer selbst aktiv einen Alarm auszulösen kann. Neben einer Testung der Sturzerkennung wurden potentielle Endnutzer im Rahmen von fokussierten Interviews zur Akzeptanz eines solchen multifunktionalen Geräts befragt.

Es zeigten sich ein großes Interesse und eine Offenheit gegenüber technologischen Unterstützungssystemen, was auf eine zunehmende Technikaffinität auch bei älteren Personen schließen lässt. Angehörige und Personen mit negativen Vorerfahrungen empfanden jede Form von Verbesserung in einer Notfallsituation als sehr wichtig.

Bei der personenbezogenen Erfassung und Auswertung von Daten sind strikte Vorgaben zum Datenschutz und zu ethischen Rahmenbedingungen einzuhalten. Es wurden technisch die derzeit sichersten Verschlüsselungsmethoden verwendet und projektbegleitend ein Ethikbeirat mit der Erstellung eines Ethikleitfadens beauftragt. Bei der Entwicklung von neuen Technologien spielt die Einbindung der späteren Endnutzer eine entscheidende Rolle, um nicht technikzentriert an deren Bedürfnissen vorbei zu planen. Vertrauen in die Technologie und Benutzerfreundlichkeit spielen für die Akzeptanz bei den Endnutzern eine große Rolle.[20]

Die eigenen Literaturstellen zu dieser Fragestellung sind **[14, 16]**

IV) Fazit und Ausblick

Mit den vorliegenden Arbeiten wurden erstmals systematisch soziale Kontextfaktoren von Notarzteinsätzen erfasst. Es konnte gezeigt werden, welchen Einfluss demographischer Wandel und soziale Gradienten auf die notfallmedizinische Versorgung haben. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist die späte und oft inadäquate Alarmierung des Notarztendienstes vor allem bei alten und sozial benachteiligten Patienten. Die Folge sind Verzögerungen bis zur notärztlichen und in der Folge klinischen Versorgung einerseits und der Generierung eines großen Anteils von sogenannten „Fehleinsätzen“ andererseits. Im Rahmen eines EU-Projektes wurden daraufhin die Voraussetzungen und Anforderungen an ein automatisiertes Notfallerkennungssystem formuliert und die Systemarchitektur für ein ambientes Sensornetzwerk zur Erkennung kritischer Notfallsituationen in einem interdisziplinären Team aus Medizinern und Software-Ingenieuren erarbeitet.[29]

Wesentliche Elemente des Systems sind als Prototypen entwickelt und in einer Ambient Assisted Living Laborumgebung getestet worden, wobei die einzelnen Komponenten mit hoher Zuverlässigkeit spezifische Aktivitäten wie ADL oder Regungslosigkeit erkennen konnten.

Nach der Prototypenentwicklung muss nun in weiteren Untersuchungen die Funktionalität automatisierter Notfallerkennungssysteme in Feldtests auf ihre Robustheit und Akzeptanz hin untersucht werden. Vorteile und Hürden bei der Anwendung von Ambient Assisted Living (AAL) Systemen müssen weiter herausgearbeitet und spezifisch adressiert werden.[5, 31]

Das Forschungs- und Entwicklungsfeld AAL bietet noch deutliches Entwicklungspotential. Als Barrieren bei der weiteren Verbreitung bzw. Anwendung der Systeme werden die geringe Interoperabilität, mangelnde Skalierbarkeit, fehlende Backup-Systeme, ungelöste Aspekte der Datensicherheit und fehlende Technologieakzeptanz beschrieben.[33] Bei längerfristigem Einsatz weiter optimierter Systeme scheint es möglich, nicht nur den bereits eingetretenen Notfall zu erkennen, sondern auch frühe Anzeichen der Zustandsverschlechterung, die mit eher subtilen Veränderungen des Aktivitätsmusters einhergehen, anzuzeigen. Dies würde die Funktionalität eines Notfallerkennungssystems dahingehend erweitern, auch präventiv intervenieren zu können und den eigentlichen akuten Notfall womöglich zu verhindern.

Die technologischen Lösungen können allerdings nur unterstützend bestimmte Funktionalitäten bieten und machen als alleinstehende Systeme wenig Sinn. Wegen der vielschichtigen Anforderungen in der Notfallversorgung alter Menschen muss auf die Bildung regionaler Gesundheitsnetzwerke, die an die gesellschaftlichen Bedürfnisse dieser Gruppe angepasst sind und in welche die präklinische notfallmedizinische Versorgung eingebettet ist, zukünftig ein besonderes Augenmerk gelegt werden.[19]

Das bedeutet u.a. die verbesserte Zugänglichkeit von aufsuchenden Diensten („socio-medical network“, Gemeindenotfallsanitäter), die bislang kaum kooperieren und zeitlich nur verzögert zur Verfügung stehen, sowie einen erleichterten und sicheren Zugriff auf Patientendaten. [8]

Eine besondere Rolle können zukünftig Telekonsultationssysteme (Tele-Notarzt) einnehmen, die den aufsuchenden Diensten eine ergänzende fachärztliche Expertise zur Verfügung stellen, die gerade bei Notfällen mit niedriger Dringlichkeit und bei Entscheidungen über den Verbleib in der Häuslichkeit sehr wertvoll und ressourcensparend sein kann.[18]

Im Sinne einer kontinuierlichen Behandlung spricht gerade bei der Versorgung geriatrischer Notfallpatienten einiges für die Aufhebung der scharfen Trennung von präklinischer und klinischer Notfallmedizin. Die zentrale Notaufnahme als Gesamtkonzept mit einer gemeinsamen ärztlichen Leitung für Klinik und Präklinik wird zunehmend als ein zukunftssträchtiges Modell in Deutschland diskutiert.[1] Anstatt unklarer Zuständigkeiten und uneinheitlicher Vorgehensweisen bei der Versorgung von alten Patienten sollten sich zentrale Notaufnahmen personell und strategisch verstärkt auf die integrierte Behandlung geriatrischer Notfallpatienten einstellen. Hierzu zählen Programme zur Evaluation und Behandlung dieser Patienten, genauso so wie ein an die Erfordernisse adaptiertes Entlassmanagement zum Beispiel durch den Anschluss an ein geriatrisches Zentrum.[2, 4, 48]

Innovative Technologie kann dazu beitragen, neue Dienstleistungskonzepte zu kreieren. Traditionelle Dienstleistungen, die auf „Komm-Strukturen“, Bürozeiten und Sektorengrenzen fixiert sind, werden unseren Gesellschaftsstrukturen und medizinischen Bedürfnissen nicht mehr gerecht. Die Etablierung eines ständig erreichbaren „socio-medical call centers“, das die Vernetzung der akutmedizinischen Einrichtungen (Rettungsdienst, Kliniken, Kassenärztlicher Bereitschaftsdienst) mit den sozialen Einrichtungen sicherstellt, ist ein vordringliches Ziel und Kristallisationskern für die Entwicklung und Bündelung neuer bürgernaher Dienstleistungen. Die Entwicklung und der Einsatz innovativer Technik schafft die Voraussetzung für die Früherkennung von Notfallsituationen und eine Ausweitung bestehender konsiliarischer Dienste auf die präklinische Versorgung. Die dauerhafte Etablierung derartiger Dienste erfordert neue Ausbildungskonzepte mit Integration der Bereiche Notfallmedizin, IT, Führungs- und Managementkompetenz sowie Sozialkompetenz.

Die Notwendigkeit, diese Aufgaben übernehmen zu müssen, führt nicht nur zu einer Erweiterung des Kernauftrags der Notfallmedizin, sondern spiegelt auch das Wegbrechen einer aufsuchenden ärztlichen Basisversorgung wider. Die mangelnde hausärztliche Versorgung, schnellere Entlassung nach stationären Aufenthalten und auch der Abbau regionaler Krankenhäuser resultiert in einer hohen Anzahl von Notarzteinsätzen bei nicht-vitalbedrohten Patienten. Wer die Versorgung „vulnerabler“, jedoch noch nicht ersichtlich bedrohter Patienten übernimmt, ist bislang nicht geklärt. Notärzte und

Rettungsfachpersonal werden mit einer Vielzahl von Situationen konfrontiert, in denen gängige Versorgungsalgorithmen „versagen“, so z. B. bei den häufigen rezidivierenden Sturzereignissen ohne offensichtliche schwere Verletzung oder bei Fällen hochgradiger sozialer Isolation. Da es gerade in dieser Population häufig nicht möglich ist, medizinische und soziale Dimensionen des Notfalls zu trennen, ist die Forschung im Bereich Notfallmedizin gefordert, entsprechende Zusammenhänge zu analysieren und zu thematisieren.

Die Schaffung der dafür nötigen Strukturen und Rahmenbedingungen wird zu einem der Hauptaufträge nicht nur der geriatrischen Notfallmedizin werden. Bereits heute fehlen häufig die personellen und strukturellen Voraussetzungen, diese Situationen suffizient und flächendeckend bewältigen zu können.

Ein wesentlicher Schritt, das notfallmedizinische Geschehen jenseits von Einzelstudien besser verstehen und steuern zu können ist die sektorenübergreifende Erhebung von Daten. Leider fehlen in der Bundesrepublik in der Regel die Rahmenbedingungen, diese Art von Versorgungsforschung durchführen zu können. Der Vorstoß der Bayerischen Staatsregierung, ein Notfallregister aufzubauen, ist als wegweisend zu bewerten.[52] Die Notfallmedizin würde dadurch in die Lage versetzt - statt nur ein rein reaktives System vorzuhalten - zunehmend präventive Ansätze zu verfolgen. Die politischen Vorgaben müssen es ermöglichen die notfallmedizinischen Strukturen diesen Entwicklungen anzupassen und die Chance nutzen, den Netzwerkgedanken der Notfallversorgung zu stärken und über den individualmedizinisch-kurativen Ansatz hinaus Beiträge zur Prävention und Weiterentwicklung der Versorgungssysteme zu leisten.

V) Liste der Abkürzungen

AAL: Ambient Assisted Living

ADL: Activity of Daily Living

ASA: American Society of Anaesthesiologists

CEP: Complex Event Processing

EARS: Event-Driven Activity Recognition System

HCM: Human Capability Model

IESE: Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering

QALY: Quality Adjusted Life Years

VI) Literaturverzeichnis

1. Altemeyer K-H, Dirks B, Lackner CK, Schindler KH (2008) Notfallmedizinische Versorgung der Bevölkerung. Notf Rettungsmedizin 11:419–420.
2. Altemeyer K-H, Dirks B, Schindler KH (2007) Die Zentrale Notaufnahme als Mittelpunkt zukünftiger Notfallmedizin. Notf Rettungsmedizin 10:325–328.
3. Becker C, Fleischer S, Hack A, Hinderer J, Horn A, Scheible S, Can H, Muche R, Gebhard F, Kinzl L, Nikolaus Th (1999) Unfallfolgen nach Sturz: Funktionelle Defizite und soziale Beeinträchtigungen nach proximalen Femurfrakturen Älterer. Z Für Gerontol Geriatr 32:312–317.
4. Behrendt H, Runggaldier K (2009) Ein Problemaufriss über den demographischen Wandel in der Bundesrepublik Deutschland. Notf Rettungsmedizin 12:45–50.
5. Beringer R, Sixsmith A, Campo M, Brown J, McCloskey R (2011) The “Acceptance” of Ambient Assisted Living: Developing an Alternate Methodology to This Limited Research Lens. In: Abdulrazak B, Giroux S, Bouchard B, Pigot H, Mokhtari M (eds) Toward Useful Services for Elderly and People with Disabilities. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 161–167
6. Di Bari M, Salvi F, Roberts AT, Balzi D, Lorenzetti B, Morichi V, Rossi L, Lattanzio F, Marchionni N (2012) Prognostic Stratification of Elderly Patients in the Emergency Department: A Comparison Between the “Identification of Seniors at Risk” and the “Silver Code.” J Gerontol Ser A 67A:544–550.
7. Garsden H, Basilakis J, Celler BG, Huynh K, Lovell NH (2004) A home health monitoring system including intelligent reporting and alerts. Conf Proc Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc IEEE Eng Med Biol Soc Annu Conf 2004:3151–3154. doi: 10.1109/IEMBS.2004.1403889
8. Gregg A, Tutek J, Leatherwood MD, Crawford W, Friend R, Crowther M, McKinney R (2019) Systematic Review of Community Paramedicine and EMS Mobile Integrated Health Care Interventions in the United States. Popul Health Manag 22:213–222.
9. Gurley RJ, Lum N, Sande M, Lo B, Katz MH (1996) Persons found in their homes helpless or dead. N Engl J Med 334:1710–1716.
10. Hegenberg K, Trentzsch H, Gross S, Prückner S (2019) Use of pre-hospital emergency medical services in urban and rural municipalities over a 10 year period: an observational study based on routinely collected dispatch data. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 27:35.
11. Hein A, Kirste T (2009) A Hybrid Approach for Recognizing ADLs and Care Activities Using Inertial Sensors and RFID. In: Stephanidis C (ed) Universal Access in Human-Computer Interaction. Intelligent and Ubiquitous Interaction Environments. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 178–188.
12. Helmert U, Mielck A, Shea S (1997) Poverty, health, and nutrition in Germany. Rev Environ Health 12:159–170.
13. Hohl CM, Dankoff J, Colacone A, Afilalo M (2001) Polypharmacy, adverse drug-related events, and potential adverse drug interactions in elderly patients presenting to an emergency department. Ann Emerg Med 38:666–671.

14. Holzinger A, Searle G, Prückner S, Steinbach-Nordmann S, Kleinberger T, Hirt E, Temnitzer J (2010) Perceived usefulness among elderly people: Experiences and lessons learned during the evaluation of a wrist device. In: 2010 4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare. pp 1–5.
15. Katz S, Ford AB, Moskowitz RW, Jackson BA, Jaffe MW (1963) Studies of Illness in the Aged. The Index of ADL: A Standardized Measure of Biological and Psychosocial Function. *JAMA* 185:914–919.
16. Kleinberger T, Jedlitschka A, Storf H, Steinbach-Nordmann S, Prueckner S (2009) An Approach to and Evaluations of Assisted Living Systems Using Ambient Intelligence for Emergency Monitoring and Prevention. In: Stephanidis C (ed) *Universal Access in Human-Computer Interaction. Intelligent and Ubiquitous Interaction Environments*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 199–208.
17. Koch S, Marschollek M, Wolf KH, Plischke M, Haux R (2009) On health-enabling and ambient-assistive technologies. What has been achieved and where do we have to go? *Methods Inf Med* 48:29–37.
18. Koncz V, Kohlmann T, Bielmeier S, Urban B, Prückner S (2019) Telenotarzt. *Unfallchirurg* 122:683–689.
19. Lackner CK, Wendt M, Ahnefeld FW, Koch B (2009) Von der Rettungskette zum akutmedizinischen Netzwerk. *Notf Rettungsmedizin* 12:25–31.
20. Lindenberger U, Nehmer J, Steinhagen-Thiessen E, Akademiengruppe Altern in Deutschland (2011) *Altern und Technik*.
21. Luiz T (2008) Der psychosoziale Notfall. *Notf Rettungsmedizin* 11:547–551.
22. Luiz T, Huber T, Ellinger K, Madler C (2002) Reanimation oder Todesfeststellung im Notarztdienst –Welche Umstände definieren das individuelle Schicksal? *Intensivmed Notfallmedizin* 39:437–447.
23. Martin S (2010) *Der ältere Mensch als Notfallpatient - Analyse medizinischer Charakteristika sowie sozialer und einsatztaktischer Begleitumstände*. Inauguraldissertation, Ruprecht-Karls-Universität, Heidelberg.
24. Mathers CD, Loncar D (2006) Projections of Global Mortality and Burden of Disease from 2002 to 2030. *PLOS Med* 3:e442.
25. Mathers CD, Murray CJL, Salomon JA, Sadana R, Tandon A, Lopez AD, Ustün B, Chatterji S (2003) Healthy life expectancy: comparison of OECD countries in 2001. *Aust N Z J PUBLIC Health* 27:7.
26. Mathie M, Coster A, Lovell N, Celler B, Lord S, Tiedemann A (2004) A pilot study of long-term monitoring of human movements in the home using accelerometry. *J Telemed Telecare*.
27. Nehmer J (2009) Elektronische Notfallüberwachung für Alleinlebende. *Notf Rettungsmedizin* 12:19–24.
28. Nehmer J, Becker M, Karshmer A, Lamm R (2006) Living assistance systems. p 43.

29. Nehmer J, Becker M, Kleinberger T, Prückner S (2010) Electronic emergency safeguards: Sensor-based detection and prevention of critical health conditions. *GeroPsych J Gerontopsychology Geriatr Psychiatry* 23:91–98.
30. Nehmer J, Becker, Martin, Kleinberger, Thomas, Prückner, Stephan (2011) Elektronische Notfallüberwachung: Sensorbasierte Erfassung und Prävention von kritischen Gesundheitszuständen. *Nova Acta Leopoldina* 104:73–86.
31. Offermann-van Heek J, Ziefle M (2019) Nothing Else Matters! Trade-Offs Between Perceived Benefits and Barriers of AAL Technology Usage. *Front Public Health* 7:134.
32. Paniagua MA, Malphurs JE, Phelan EA (2006) Older patients presenting to a county hospital ED after a fall: missed opportunities for prevention. *Am J Emerg Med* 24:413–417.
33. Patel A, Shah J (2019) Sensor-based activity recognition in the context of ambient assisted living systems: A review. *J Ambient Intell Smart Environ* 11:301–322.
34. Prückner S, Luiz T, Steinbach-Nordmann S, Nehmer J, Danner K, Madler C (2008) Notfallmedizin – Medizin für eine alternde Gesellschaft. *Anaesthesist* 57:391–396.
35. Prückner S, Madler C (2009) Der demographische Wandel. *Notf Rettungsmedizin* 12:13.
36. Prückner S, Madler C, Beyer D, Berger M, Kleinberger Th, Becker M. Das EU-Projekt EMERGE - Emergency Monitoring and Prevention. P, VDE Verlag, Proceedings Ambient Assist Living 1 Dtsch Kongr Mit Ausstell 3001-01022008 Berl.
37. Prückner S, Martin S, Kleinberger Th, Madler C, Luiz Th (2011) Logistische Aspekte in der Notfallmedizin beim alten Menschen. *Notf Rettungsmedizin* 14:197.
38. Prückner S, Schell B, Luiz T, Madler C (2008) Der Arbeitslose als Notfallpatient. *Notf Rettungsmedizin* 11:557–562.
39. Ranasinghe S, Al Machot F, Mayr HC (2016) A review on applications of activity recognition systems with regard to performance and evaluation. *Int J Distrib Sens Netw* 12:155014771666552.
40. Bevölkerung im Wandel. Annahmen und Ergebnisse der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2019 https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressekonferenzen/2019/Bevoelkerung/pressebroschuere-bevoelkerung.pdf?__blob=publicationFile; zugegriffen am 11.12.2020.
41. Storf H, Andreas DJ, Thomas DK, Prückner S (2014) Patentschrift DE102010033985B4 Verfahren zur unaufdringlichen Überwachung einer Person und System zur Durchführung des Verfahrens; eingereicht 06.08.2010; veröffentlicht 14.08.2014.
42. Storf H, Kleinberger T, Becker M, Schmitt M, Bomarius F, Prueckner S (2009) An Event-Driven Approach to Activity Recognition in Ambient Assisted Living. In: Tscheligi M, de Ruyter B, Markopoulus P, Wichert R, Mirlacher T, Meschterjakov A, Reitberger W (eds) *Ambient Intelligence*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 123–132.
43. Then KL, Rankin JA, Fofonoff DA (2001) Atypical presentation of acute myocardial infarction in 3 age groups. *Heart Lung* 30:285–293.
44. Tinetti ME (2003) Preventing Falls in Elderly Persons. *N Engl J Med* 348:42–49.

45. Tinetti ME, Williams CS (1997) Falls, injuries due to falls, and the risk of admission to a nursing home. *N Engl J Med* 337:1279–1284.
46. Trentzsch H, Dodt C, Gehring C, Vesper A, Jauch K-W, Prückner S (2020) Analyse der Behandlungszahlen in den Münchener Notaufnahmen des Jahres 2013/2014. *Gesundheitswesen* 82:431–440.
47. Vesper A, Sieber F, Groß S, Prückner S (2015) The demographic impact on the demand for emergency medical services in the urban and rural regions of Bavaria, 2012–2032. *J Public Health* 23:181–188.
48. Wilber ST, Gerson LW, Terrell KM, Carpenter CR, Shah MN, Heard K, Hwang U (2006) Geriatric emergency medicine and the 2006 Institute of Medicine reports from the Committee on the Future of Emergency Care in the U.S. health system. *Acad Emerg Med Off J Soc Acad Emerg Med* 13:1345–1351.
49. Young J, Inouye SK (2007) Delirium in older people. *BMJ* 334:842–846.
50. Emergency Monitoring and Prevention | EMERGE Project | FP6 | CORDIS | European Commission. <https://cordis.europa.eu/project/id/045056/de>. Accessed 6 Dec 2020
51. Emergency Monitoring and Prevention – EU Project EMERGE - Tagungsbeiträge - VDE VERLAG. <https://www.vde-verlag.de/proceedings-de/563076032.html>. Accessed 30 Nov 2020
52. Öffentliche Ausschreibung München 2018 Projektmanagement Notfallregister Referenznummer der Bekanntmachung: 0270.ZV-11-24-17 2018-03-07. https://ausschreibungen-deutschland.de/427216_Projektmanagement_NotfallregisterReferenznummer_der_Bekanntmachung_2018_Muenchen. Accessed 6 Dec 2020.

VII) Eigene Literatur zur Habilitationsschrift

Hegenberg K, Trentzsch H, Gross S, Prückner S (2019) Use of pre-hospital emergency medical services in urban and rural municipalities over a 10 year period: an observational study based on routinely collected dispatch data. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 27:35.

Beschreibung der zeitlichen und räumlichen Einsatzentwicklung anhand einer Vollerhebung der bayerischen Rettungsdiensteinsatzdaten über einen zehn Jahres Zeitraum. Insgesamt zeigt sich eine massive Zunahme der Einsätze mit einem Stadt-Land-Unterschied und einer deutlich geringeren Zunahme der Notarzteinsätze im Vergleich zu den Rettungsdiensteinsätzen ohne Notarztbeteiligung.

Trentzsch H, Dodt C, Gehring C, Vesper A, Jauch K-W, Prückner S, München S „Runder TNL (2020) Analyse der Behandlungszahlen in den Münchener Notaufnahmen des Jahres 2013/2014. *Gesundheitswesen* 82:431–440.

Epidemiologische Erhebung des Notfallaufkommens in den Münchener Notaufnahmen und dem Rettungsdienst im Verlauf eines Jahres. Darstellung der demographischen Aspekte und räumlichen Zuordnung der Notfälle. Nur etwa ein Drittel aller Patienten in den Notaufnahmen werden stationär aufgenommen. Deutliche Unterschiede zeigen sich für die verschiedenen Erkrankungs- bzw. Verletzungsbilder. Der Anteil der stationären Aufnahmen steigt im höheren Alter deutlich an.

Vesper A, Sieber F, Groß S, Prückner S (2015) The demographic impact on the demand for emergency medical services in the urban and rural regions of Bavaria, 2012–2032. *J Public Health* 23:181–188.

Beschreibung eines Prognosemodells für die Inanspruchnahme des Rettungsdienstes unter Verwendung rettungsdienstlicher und soziodemographischer Daten für Bayern. Allein der demographische Wandel wird in den nächsten zehn Jahren regionale Anstiege des Einsatzaufkommens bis ca. 40 % verursachen. Die demographischen Faktoren sind aber nur zu etwa zu einem Drittel für den Anstieg des Einsatzgeschehens verantwortlich. Es gibt noch eine ganze Reihe weiterer Ursachen wie bestimmte Bevölkerungsmerkmale bzw. veränderte Bedingungen im Gesundheitswesen, die für die hohen Zuwachsraten bei der Inanspruchnahme des Rettungsdienstes eine Rolle spielen.

Prückner S, Luiz T, Steinbach-Nordmann S, Nehmer J, Danner K, Madler C (2008) Notfallmedizin – Medizin für eine alternde Gesellschaft. *Anaesthesist* 57:391–396.

Charakterisierung typischer Notfallkonstellationen anhand von typischen Kasuistiken, die die vielschichtigen Probleme bei Einsätzen bei einsam und hilflos alternden Menschen darstellen. Skizzierung der psychosozialen Aspekte, die im Gegensatz zur Vitalbedrohung im Vordergrund stehen

und Diskussion möglicher technischer Unterstützungssysteme aus dem Bereich des Ambient Assisted Living.

Prückner S, Madler C (2009) Der demographische Wandel. Notf Rettungsmedizin 12:13.

Darstellung der soziologischen und medizinischen Fakten und ihrer Wechsel- und Auswirkungen auf die Akutversorgung werden in der Übersicht als zentrale Herausforderung für das Notarzt- und Rettungswesen i der Zukunft diskutiert.

Prückner S, Martin S, Kleinberger Th, Madler C, Luiz Th (2011) Logistische Aspekte in der Notfallmedizin beim alten Menschen. Notf Rettungsmedizin 14:197.

Die Veränderungen des regionalen akutmedizinischen Versorgungsangebots wird sich durch Umstrukturierungen in der Krankenhauslandschaft und eine zunehmend lückenhafte ärztliche Versorgung vor Ort weiter verändern und bringt neue Herausforderung für die präklinische Notfallmedizin. Es werden wichtige logistische Aspekte und Informationsflüsse entlang der Rettungskette dargestellt. Die Notwendigkeit einer durchgehenden Digitalisierung wird als conditio sine qua non für die Zukunft konstatiert.

Prückner S, Schell B, Luiz T, Madler C (2008) Der Arbeitslose als Notfallpatient. Notf Rettungsmedizin 11:557–562.

Aus der prospektiven Erhebung des sozialen und medizinischen Kontexts von Notfallpatienten wurde der Aspektes der Arbeitslosigkeit neben dem Alte gesondert betrachtet. Der Zusammenhang zwischen dem Status Arbeitslosigkeit und einer erhöhten Morbidität und Mortalität zeigt sich besonders in Notfallsituationen. Besonders psychiatrische und psycho-soziale Notfallsituationen dominieren. Erweiterte Erfassung von Kontextfaktoren könnten im Bereich der Notfallmedizin wichtige Public Health Aspekte monitoren und es ist offensichtlich wie die Versorgungsangebote komplementär zur Notfallmedizin angepasst werden müssen um die Inanspruchnahme des Rettungsdienstes zu entlasten.

Koncz V, Kohlmann T, Bielmeier S, Urban B, Prückner S (2019) Telenotarzt. Unfallchirurg 122:683–689.

Zusammenfassung der Evaluationsergebnisse des Bayerischen Telenotarzt-Pilotprojektes, welches im Rahmen einer Förderung des Innovationsfonds vom Institut für Notfallmedizin evaluiert wurde. Telenotarztssysteme können eine gewinnbringende Ergänzung des Rettungsdienstes darstellen indem Sie die knappe Ressource Notarzt schonen und zur Qualitätssicherung in der Notfallmedizin beitragen.

Nehmer J, Becker M, Kleinberger T, Prückner S (2010) Electronic emergency safeguards: Sensor-based detection and prevention of critical health conditions. *GeroPsych J Gerontopsychology Geriatr Psychiatry* 23:91–98.

Darstellung der Chancen von elektronischen Unterstützungssystemen um ein sicheres „aging in place“ zu ermöglichen. Zusammenfassende Darstellung der Modellierung und Systemarchitektur die für den Aufbau eines Hilfsystems unter Nutzung von ambienter Technologie notwendig ist. Erläuterung des sog. Human Capability Models und einer offenen Systemarchitektur zur Weiterentwicklung von elektronischen Unterstützungssystemen.

Nehmer J, Becker, Martin, Kleinberger, Thomas, Prückner, Stephan (2011) Elektronische Notfallüberwachung: Sensorbasierte Erfassung und Prävention von kritischen Gesundheitszuständen. *Nova Acta Leopoldina* 104:73–86

Darstellung der Chancen von elektronischen Lebensassistenzsystemen für die Möglichkeit auch im Alter ein selbstbestimmtes Leben unter Erhalt der Autonomie zu führen. Potentielle Unterstützung von Alltagsaktivitäten und Interaktionen und Entwicklung eines Notfallüberwachungssystems im Rahmen des EU-Projektes EMERGE.

Prückner S, Madler C, Beyer D, Berger M, Kleinberger Th, Becker M. Das EU-Projekt EMERGE - Emergency Monitoring and Prevention. P, VDE Verlag, Proceedings Ambient Assist Living 1 Dtsch Kongr Mit Ausstell 3001-01022008 Berl

Vorstellung des EMERGE-Projektes: Erste Ergebnisse und weitere Schritte im Projekt im Rahmen des ersten Deutschen Ambient Assisted Living Kongresses.

Kleinberger T, Jedlitschka A, Storf H, Steinbach-Nordmann S, Prueckner S (2009) An Approach to and Evaluations of Assisted Living Systems Using Ambient Intelligence for Emergency Monitoring and Prevention. In: Stephanidis C (ed) *Universal Access in Human-Computer Interaction. Intelligent and Ubiquitous Interaction Environments*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 199–208

Vorstellung des Evaluationsansatzes zur Erkennung von Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) mittels ambienter Sensortechnologie zur Notfallüberwachung. Erstellung eines szenariobasierten Testansatzes in einer angenäherten real-life Umgebung im AAL-Living Labor des Fraunhofer IESE. Nachweis einer hohen Erkennungsgenauigkeit im Rahmen des experimentellen Ansatzes und Planung von weiteren Feldtests.

Storf H, Kleinberger T, Becker M, Schmitt M, Bomarius F, Prueckner S (2009) An Event-Driven Approach to Activity Recognition in Ambient Assisted Living. In: Tscheligi M, de Ruyter B, Markopoulos P, Wichert R, Mirlacher T, Meschterjakov A, Reitberger W (eds) *Ambient Intelligence*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 123–132

Präsentation des Ansatzes zur Informationsverarbeitung zur Erkennung von Verhaltensabweichungen aus dem Monitoring von Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL). Darstellung der „multi-agent activity recognition language“ EARL und der Systemkomponenten bzw. der KI-basierten Analysestrategien.

Storf H, Andreas DJ, Thomas DK, Prückner S (2014) Patentschrift DE102010033985B4 Verfahren zur unaufdringlichen Überwachung einer Person und System zur Durchführung des Verfahrens; eingereicht 06.08.2010; veröffentlicht 14.08.2014

Patent zu einem Verfahren zur unaufdringlichen Überwachung einer Person mit Konfiguration einer Datenverarbeitungsanlage derart, dass mindestens eine Instanz eines Verhaltensnetzes zur automatisierten und individuellen Erfassung des Normalverhaltens vorgehalten wird. Jede Instanz ist durch mindestens zwei Aktivitätsinformationen, definierte Verhaltenszustände und Zustandsübergängen mit Zeitspannen gekennzeichnet. Zusätzlich wird eine Lernphase des Normalverhaltens beschrieben und eine Erkennungsphase definiert, in der Alarmsignale definiert werden.

Holzinger A, Searle G, Prückner S, Steinbach-Nordmann S, Kleinberger T, Hirt E, Temnitzer J (2010) Perceived usefulness among elderly people: Experiences and lessons learned during the evaluation of a wrist device. In: 2010 4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare. pp 1–5

Zusammenfassung der Evaluationsergebnisse zur Akzeptanz eines am Arm getragenen Notfall- bzw. Sturzerkennungsdevice. Hohe Akzeptanz auch bei älteren Menschen, insbesondere, wenn Bereits Vorerfahrungen mit Notfallsituationen bestehen.