

Kom-Mit – Riskante Ereignisse aus Veränderungen des alltäglichen Verhaltens erkennen

C. Hepe¹ (cornelia.hepe@iaq-hd.de), B. Kotterba¹ (benno.kotterba@iaq-hd.de), J. Muschiol² (muschiol@netzfactor.de), Kai Gutberlet² (gutberlet@netzfactor.de) und D. Sommermeyer¹ (dirk.sommermeyer@iaq-hd.de)

¹ Institut für Assistenzsysteme und Qualifizierung (iAQ) e.V., 76135 Karlsruhe

² netzfactor GmbH, 44795 Bochum

Kurzfassung

Ziel des Projektes Kom-Mit ist es, alltägliches Verhalten durch Sensorik in der Wohnung des Bewohners zu erfassen, zu analysieren und ggf. kontextsensitiv zu unterstützen sowie damit verbundene Kommunikationsbedürfnisse zu erfüllen. Riskante Ereignisse wie zum Beispiel längere Inaktivität des Bewohners oder ein Einbruch können erkannt werden. Für die Detektion von Ereignissen ist die Verknüpfung verschiedener Sensorinformationen notwendig. Das im Rahmen des Projektes entwickelte Assistenzsystem besteht aus einem Mini-Server, welcher die Sensordaten (z.B. Tür- und Fensterkontakte, Lichtsensoren, Bewegungsmelder, iBeacons und Cube-Sensoren) erfasst und analysiert, sowie einer Client-App, die Meldungen zu Ereignissen und Aktivitäten in der Wohnung empfängt und auf einem Smartphone darstellt.

Zwei Wohnungen, die permanent von den Bewohnern alltäglich bewohnt waren, wurden für die Erprobung und zur Evaluation mit dem Kom-Mit-System ausgestattet. Anhand der erfassten Signale konnte das Verhalten der Bewohner als eine Art „digitaler Fingerabdruck“ identifiziert werden. Er bildet aus ihren individuellen Gewohnheiten und dem Verhalten spezifische Verhaltensmuster, die für die Erkennung der Normalität oder von ungewöhnlichen Ereignissen dienen. Neben den technischen Ergebnissen ist für die Umsetzung des Systems in weiteren Wohnungen zu beachten, dass die Akzeptanz der Assistenzsysteme steigt, wenn sie an die Wohnung, den Bewohner und dessen Bedürfnisse angepasst werden. Die Systemarchitektur und Ausstattung muss personalisiert, kontext- und grundrisspezifisch erfolgen.

Abstract

The aim of the project Kom-Mit is sensor based tracking and analysing the behaviour of a resident inside an apartment. If needed, these information are used to support the resident in his daily life and to fulfil his communication needs. Recognizable are for instance critical events like a long inactivity of the resident or a burglary. For this detection of events, it is necessary to link together various sensor information. Therefore the system, which was developed in this project, consists of a mini server that receives and analyses all sensor data (e.g. door and window contacts, light sensors, motion detectors, iBeacons and Cube-Sensors). The system also comes along with a client app that visualizes notifications, events and actions inside the apartment on a smartphone.

During the evaluation period, there were two apartments, which were equipped with the Kom-Mit system. Based on the recorded data, a “digital fingerprint” could be generated, that identifies each resident from his habits and behaviour. When installing the system in other apartments, it must be noted, that the acceptance of the sensor system grows, if it is adjusted to the apartment, to the resident and to his needs. It is essential, to find an appropriate individual adaption to the user and the circumstances.

1 Einleitung

Aktives Assistierte Leben (AAL) bietet dem Nutzer eine einfache Mensch-Technik-Interaktion für alltägliche, technisch unterstützte Handlungen und Abläufe. Nutzerzentrierte Methoden und Konzepte erleichtern die Bereitstellung von kontextsensitiven Diensten und Produkten, während die Technologie hierbei im Hintergrund agiert [1, 2]. Es ermöglicht vor allem den Menschen, die bereits in den „Basic Activities of Daily Living“ (BADLs) eingeschränkt sind, ein längeres, selbstbestimmtes und komfortableres Leben. Dazu gehören beispielsweise Einschränkungen in der Mobilität, Körperpflege oder der Kommunikation. Eine hoch technische und zuverlässige Infrastruktur sowie zugleich belastbare Datenbasis ist dabei essentiell. Smart-Home-Anwendungen [3], Anwendungen des Internets der Dinge [4] (IoT) und Ubiquitous Computing [5] (UC) bilden hierfür die geeignete Basis.

Derzeit sind Systeme auf dem Markt erhältlich (z.B. Hausnotruf), die einen aktiven Betätigung der Geräte voraussetzen. Im Notfall muss die betroffene Person dieses leisten können. Die entwickelten und erprobten technischen Lösungen im ZIM-Kooperationsprojekt Kom-Mit gehen einen Schritt weiter. Sie lernen das Nutzerverhalten und reagieren bei ungewöhnlichem Verhalten und Ereignissen im Sinne des Betroffenen. Sie ermöglichen das selbständige und unabhängige Wohnen mit möglichst nicht wahrnehmbarer Technologie bei gleichzeitiger Wahrung der Privatsphäre. Der Nutzer wird nicht durch die technische Überwachung bevormundet.

Der transdisziplinäre Lösungsansatz liegt einerseits auf der automatischen Verhaltensbeobachtung und -auswertung mittels Sensoren und andererseits auf den ethischen Dimensionen der Privatheit und der informationellen Selbst-

bestimmung. Das Verhaltensmonitoring im persönlichen Lebensraum gibt tiefgehende, personenbezogene Einblicke und ermöglicht Rückschlüsse auf Gesundheit und Verhalten der Bewohner. Hieraus ergeben sich u.a. die Fragen:

1. Welche Daten werden in welcher Detailtiefe benötigt, um ein selbstlernendes Assistenzsystem zu betreiben?
2. Wie nehmen Nutzer die aktive und adaptive Steuerung der Assistenz-Komponenten wahr?
3. Welche Szenarien bieten dem Nutzer ausreichende Sicherheit und erhöhen die Akzeptanz der Technikdienste?

1.1 Internet of Things und die Digitalisierung des Alltags

Der gesellschaftliche Trend zur Digitalisierung zeigt sich z.B. in der zunehmenden Verbreitung von Computersystemen wie Personal Computer, Tablets und Smartphones, sowohl im privaten als auch im geschäftlichen Alltag. Ebenso halten sensorgetriebene elektronische Installationen mit Internetverbindung Einzug in die Haushalte und setzen die Basis für eine „Nahtlose digitalisierte Welt für Jedermann“.

In den kommenden Jahren werden 50 Milliarden Dinge / Geräte miteinander über das Internet kommunizieren. Zusätzlich werden Menschen Sensoren oder Aktoren mit sich tragen, z.B. integriert in Smartphones, Uhren, Schmuck, Schuhen und Kleidungsstücken [6]. Diese Dinge können dann über andere Gegenstände (tethered) oder direkt über das Internet miteinander kommunizieren [7]. Das IoT wird soziale Faktoren berücksichtigen und z.B. privaten und geschäftlichen Einsatz für den Nutzer unterscheiden. Durch diese Kontextsensitivität hat das IoT ein Bewusstsein für den sozialen Zustand des Nutzers („Privat“ und „Geschäftlich“) [2]. Weitere wichtige Eigenschaften werden „jederzeit“ und „örtlich unabhängig“ sein, so dass Anwendungen und Services unabhängig vom Ort des Anwenders 24/7 nutzbar sind.

Abb. 1: Kernelemente des Internet der Dinge
Das Internet der Dinge besteht nach Abb. 1 aus sechs Kernelementen. Grundlegend sind „Dinge / Geräte“ und „Menschen / Maschinen“, die miteinander kommunizieren. Soziales Bewusstsein für die Unterscheidung „privat“ und „geschäftlich“ wird eine Kerneigenschaft sein, wie auch „jederzeit“ und „örtlich unabhängig“. Insbesondere Letzteres erfordert die Weiterentwicklung von drahtlosen Netzen, um die zahlreichen Geräte und Maschinen mit der Vielzahl an Verbindungen untereinander zu ermöglichen [8].

Drahtlose Verbindungen unterteilen sich in WiFi für kurze Distanzen und Mobilfunk für flächendeckende Verfügbarkeit. WiFi wird bisher hauptsächlich für Datenübertragung genutzt. Es lässt sich aber auch für Sprachübertragung einsetzen, wobei allerdings die Qualität nicht garantiert wer-

den kann. Der Mobilfunk ist zunächst für die Übertragung von Sprache entwickelt worden. Seit der 3. Generation (UMTS) bietet er aber auch die Möglichkeit, Daten und Videos zu übertragen. Mit der 4. Generation (LTE) wurden schließlich die Versorgungsengpässe in Deutschland beseitigt. Die 5. Generation (5G) wird ab 2020 letztlich den Mobilfunk mit dem Festnetz verschmelzen. Diese Entwicklung fördert die Verbindung der vielen Milliarden Dinge / Geräte und Menschen / Maschinen, die in der Zukunft miteinander kommunizieren [8].

1.2 Kommunikation in der Zukunft

(Tele-)Kommunikation wird heutzutage über eine Vielzahl unterschiedlicher Geräte, Betriebssysteme, Netzwerktechnologien und Anwendungen realisiert. Die Vielzahl und Diversifikation wird zukünftig auf Basis neuer technischer Entwicklungen weiter zunehmen. Kommunikation ist gemäß WHO ein Grundbedürfnis zur gesellschaftlichen Teilhabe älterer Menschen an der Gesellschaft [9]. Um Einschränkungen im Alter durch eine effektive und einfache Techniknutzung zu kompensieren, muss die Mensch-Technik-Interaktion (MTI) an die Gegebenheiten angepasst werden. Die Multimodalität bietet hierfür einfache und effiziente Möglichkeiten der Adaption [10].

1.3 Smart-Home

Das Paradigma von AAL benötigt die modernen Kommunikationsmittel und Geräte, um Prozesse zu automatisieren und dem Menschen das technisch unterstützte Leben so angenehm und sicher wie möglich zu machen.

Die im Haus und der Umgebung installierten Systeme mit ihren Sensoren übermitteln Daten in Echtzeit an die Steuerungszentralen, so dass auch übergreifende Handlungsketten automatisiert gesteuert werden können. Hierbei wird die zukünftige Entwicklung von 5G eine grundlegende Voraussetzung sein, jederzeit und überall Daten schnell und robust in Echtzeit zu übertragen.

Die technischen Innovationen eröffnen eine zunehmend erweiterte Integration der bisherigen (primär) Technologiegetriebenen Einsatzszenarien mit dem Anspruch, die Nutzerbedürfnisse kontextsensitiv zu berücksichtigen und zu unterstützen [11]. Ein AAL-konformes Assistenzsystem kennt die Nutzerbedürfnisse (z.B. durch Analyse von Gestik und Sprachtonalität) und kann im Sinne des Nutzers handeln [2]. Folgende Aspekte sind hierfür wesentlich:

- Je weitreichender die technische Vernetzung der alltäglichen Gegenstände durch Sensoren ist, umso effizienter und effektiver kann die Umgebung im Sinne des Nutzers agieren.
- Durch die Kontextsensitivität agieren und reagieren die technischen Geräte personalisiert und situativ.
- Personalisierte Systeme sind auf die Nutzerbedürfnisse maßgeschneidert.
- Adaptive Assistenzsysteme passen sich an das Verhalten des Nutzers an.

- Die technische Umgebung kann Nutzerwünsche vorhersehen und darauf proaktiv reagieren.

Der aktuelle Trend des Wearable Computing im Consumer-Segment (z.B. Smart Watches oder Smart Clothes) verschafft Technologiekonzepten mit ubiquitärem Ansatz neue Möglichkeiten in der technischen Umsetzung und Nutzerakzeptanz.

2 Technische Basis

Im Projekt Kom-Mit wurde eine modulare technische Basisplattform (Home-Server) entwickelt, an die Sensoren und Aktoren unterschiedlichen Typs angebunden werden können. Die Plattform verarbeitet eingehende Events aus angebundenen Quellen, ermöglicht die Steuerung von Aktoren wie z.B. Lichtschaltern oder Türschlössern und speichert lokal eine Historie erfasster Ereignisse in einem Event-Log ab. Damit regelt sie alle Kommunikationsflüsse zwischen angebundenen Geräten (Maschine-zu-Maschine-Kommunikation) einerseits sowie zwischen Benutzern und Geräten andererseits (Mensch-zu-Maschine-Kommunikation).

2.1 Systemarchitektur

Das Kom-Mit-System besteht grundlegend aus den drei Komponenten Home-Server, Client-App und globaler Kommunikationsserver (vgl. Abb. 2).

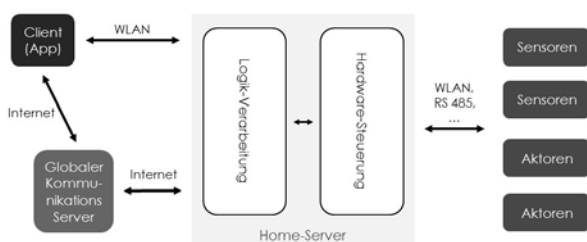


Abb. 2: Systemarchitektur des Kom-Mit-Systems

Dabei bildet der Home-Server den Kern des Systems und regelt alle Kommunikationsbedürfnisse im Haus/in der Wohnung. Die Client-App dient zur Bedienung des Home-Servers und bietet zusätzlich die Möglichkeit zur Kommunikation zwischen verschiedenen menschlichen Benutzern. Der globale Kommunikationsserver steht über das Internet zur Verfügung und ermöglicht die Kommunikation zwischen Client und Home-Server außerhalb des lokalen Netzwerks sowie zusätzlich die Kommunikation zwischen menschlichen Benutzern untereinander über die Client-App.

Der Home-Server ist, wie in Abb. 3 dargestellt, modular aufgebaut. Er abstrahiert konkrete hardware-spezifische Events und Aktionen verschiedener Ein- und Ausgabekanäle und stellt mittels Konvertierung eine einheitliche Basis zur Verarbeitung von Ereignissen und Steuerungsbefehlen zur Verfügung. Die Einbindung verschiedener

Hardware-Steuerungen erfolgt über einen modularen und konfigurierbaren Binding-Mechanismus.

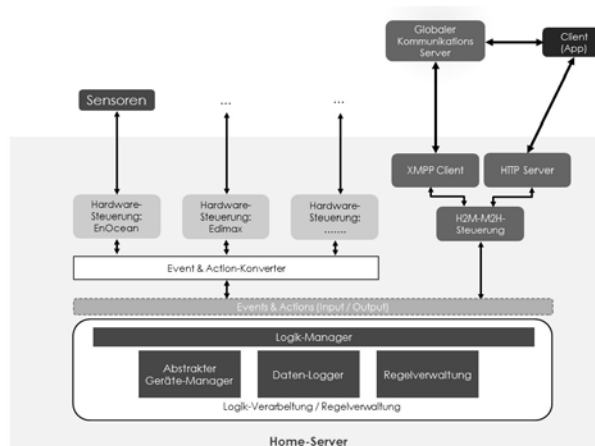


Abb. 3: Die Module des Home-Servers

Zur Einbindung eines neuen Sensortyps bzw. einer neuen Hardwaresteuerung, wie z.B. EnOcean, ist lediglich ein neues Binding zu implementieren und einzubinden, das die gerätespezifische Steuerung kapselt und eine Konvertierung in generalisierte Ereignisse und Aktionen durchführt.

Alle eingehenden Ereignisse werden über einen zentralen Bus im Home-Server entgegengenommen und im Modul Logik-Manager verarbeitet. Der Logik-Manager analysiert Ereignisse und löst basierend auf den Analyseergebnissen ggf. Aktionen aus. Dabei greift er auf die Daten des Moduls Regelverwaltung zurück, in dem vom Benutzer hinterlegte oder vom System im laufenden Betrieb gelernte Regeln gespeichert sind. Ein einfaches Beispiel hierfür ist die Einbruchsprävention: stellt das System fest, dass sich der Benutzer nicht in der Wohnung befindet und wird anschließend eine Bewegung registriert, wird dem Benutzer eine Nachricht (ggf. sogar mit Foto einer angeschlossenen Webcam) zugestellt.

Zusätzlich erfolgt eine Speicherung aller empfangenen Events als Historie in einer lokalen Datenbank direkt auf dem Home-Server (Modul Daten-Logger). Der Benutzer hat dadurch stets die Datenhoheit, da keine sensiblen Daten in Cloud-Diensten im Internet gespeichert werden. Dieses Event-Log diente bereits während der Entwicklung zur Analyse der Daten, Regeln und Mustern in den Wohnungen und zum Lernen der Verhaltenserkennung.

Zur Bedienung des Systems wurde eine Client-App für die Mobilplattform Android realisiert. Die Client-App ist in der Lage, eingehende Events darzustellen und Steuerbefehle an den Home-Server zu übermitteln (vgl. Abb. 4). Des Weiteren ermöglicht sie über eine Verbindung mit dem globalen Kommunikationsserver im Internet die Kommunikation mit anderen Benutzern des Systems.

Auf dem Home-Server sind zwei Schnittstellen zur Kommunikation mit der Client-App realisiert. Während die

XMPP-Schnittstelle die Kommunikation über das Internet mit Hilfe des globalen Kommunikationservers zur Verfügung stellt, kann vom Client im lokalen Netzwerk eine HTTP-Schnittstelle zur Steuerung der Funktionen des Home-Servers genutzt werden. Im LAN wird auf Grund dieses Ansatzes keine Internet-Verbindung zur Kommunikation mit dem Home-Server benötigt, sodass der Home-Server zuverlässig auch ohne funktionierende Internet-Anbindung arbeiten kann.



Abb. 4: Benutzungsschnittstelle der Client-App

Insgesamt bildet das Kom-Mit-System durch die Kombination der drei Komponenten Home-Server, globaler Kommunikationsserver und Client-App ein vollständiges Kommunikationssystem für die Mensch-Mensch-, Mensch-Maschine- und Maschine-Maschine-Kommunikation. Es vereinheitlicht die Kommunikation zwischen allen angeschlossenen Geräten (IoT) und menschlichen Benutzern.

2.2 Erprobungsumgebung

Als Erprobungsumgebung standen über den Zeitraum eines halben Jahres zwei normale Wohnungen zur Verfügung, die jeweils mit dem Kom-Mit-System ausgerüstet wurden. Vorbereitend wurden in Laboruntersuchungen verschiedene handelsübliche Sensoren getestet sowie neue Bindings zur Integration in den Home-Server entwickelt.

2.2.1 Sensoren und Aktoren

Für den Feldversuch wurden auf Basis von Testläufen folgende Sensor- und Aktortypen ausgewählt:

Sensor/Aktor	Anzahl
Bewegungsmelder	3
Fenster-/Türkontakt	4
Cube-Sensor	4
Funksteckdose mit Strommessung	1
iBeacon	3

Funkschalter	1
--------------	---

Tabelle 1: Ausgewählte Sensor- und Aktortypen.

Die Sensoren und Aktoren wurden gemäß dem jeweiligen Wohnungsgrundriss verteilt und im Home-Server mit zugehöriger Raumzuordnung konfiguriert (vgl. Abb. 5).

2.2.2 Technische Systemumgebung

Auf Grund seiner plattformübergreifenden Implementierung in Java kann der Home-Server auf beliebigen Rechnersystemen installiert werden, die als Voraussetzung über eine Netzwerkanbindung per LAN oder WLAN verfügen. Abhängig von der Auswahl eingesetzter Sensoren und Aktoren können ggf. weitere Schnittstellen wie USB oder COM erforderlich sein.

Im Setup für die beiden Musterwohnungen kam der Kleinrechner OROID-XU3 mit 2GB RAM [12] zum Einsatz, der platzsparend (94mm x 79mm) positioniert werden kann und einen leisen, stromsparenden Dauerbetrieb ermöglicht. Als Betriebssystem-Basis diente ein Debian-Linux. Die Anbindung der Fenster-/Türkontakt-Sensoren sowie der Bewegungsmelder erfolgte über einen USB-Stick als Funk-Schnittstelle. Weitere Sensoren konnten direkt über TCP/IP-Verbindungen angebunden werden. Das hierfür und zur Bedienung über die Client-App erforderliche lokale Netzwerk wurde über einen handelsüblichen WLAN-Router bereitgestellt. Bei verfügbarer Internet-Verbindung können mittels der entwickelten Client-App, wie bereits beschrieben, Benachrichtigungen über Systemereignisse wie z.B. geöffnete Fenster auch unterwegs, also außerhalb des lokalen Netzwerks, empfangen werden.

3 Methodik

Von Mai bis November 2015 wurden im Rahmen des Kom-Mit-Projektes in Regensburg und Karlsruhe zwei bewohnte Wohnungen mittels handelsüblicher Sensoren (z.B. Tür- und Fensterkontakte, Lichtsensoren, Bewegungsmelder, iBeacons und Cube-Sensoren) ausgestattet (vgl. Abb. 5). Bei den Cube-Sensoren handelt es sich um kleine Multisensorstationen, die Werte für Luftqualität, Luftdruck, Temperatur, Licht und Lautstärke erfassen. In jeder der beiden Wohnungen lebte während des gesamten Erprobungszeitraums durchgehend jeweils eine alleinstehende Person (1m / 1w) im Alter von 55 und 65 Jahren.

In beiden Wohnungen wurde jeweils ein Home-Server mit Datenbanksystem installiert, welcher die Sensordaten kontinuierlich aufzeichnete.

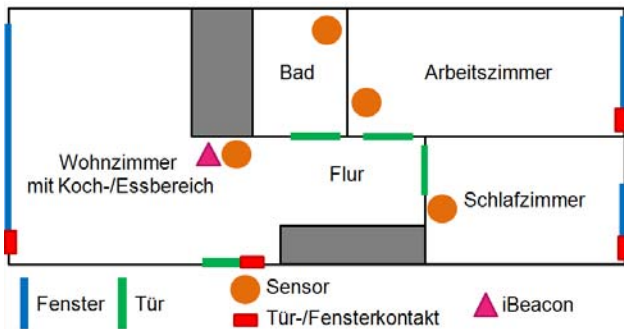


Abb. 5.: Anordnung der Sensoren zur Aktivitäts- und Ereigniserkennung in der Wohnung 2 (Karlsruhe)

3.1 Die erhobenen Daten

Insgesamt wurden mittels der Sensoren im Erprobungszeitraum in beiden Wohnungen zusammen ca. 150.000 Datensätze (empfangene Sensorinformationen) gespeichert. Die Speicherung der empfangenen Signaldaten erfolgte chronologisch mit Zeitstempel. Dabei wurden folgende Signale anhand der bereits oben genannten Sensoren/Aktoren erfasst:

Sensor/Aktor	Signal
Bewegungsmelder	Infrarot (Bewegung) Helligkeit [Lux]
Fensterkontakt / Türkontakt	Magnetschalter (geschlossen / geöffnet)
Cube-Sensor	VOC-Level (Luftqualität) [ppm] Luftdruck [mbar] Temperatur [°C] Luftfeuchtigkeit [% rel.] Helligkeit [Lux] Schalldruckpegel [dBA]
Funksteckdose mit Strommessung	Stromverbrauchsdaten [kW, kWh] Schaltung (ein / aus)
iBeacon	Position des Smartphones in der Wohnung mittels RSSI-Messung und Multilateration
Funkschalter	Zustandsänderung (ein / aus)

Tabelle 2: Liste der Sensoren und erfassten Signale

Anhand der erfassten Signale zeigten sich in einer zunächst manuellen Analyse regelmäßig auftretende Verhaltensroutinen. So lässt sich zum Beispiel das tägliche Morgenritual eines Bewohners mitsamt seiner üblichen Zeiteinteilung aus der Abfolge erfasster Sensordaten erkennen: ausgehend vom Signal des Bewegungsmelders im Schlafzimmer, über Daten von Licht- und Geräuschsensoren im Bad sowie der Veränderung der Luftqualität durch erhöhte Luftfeuchtigkeit, bis hin zur Erfassung von Bewegung im Koch-/Essbereich. Dabei kann mittels der Höhe des Anstiegs der Luftfeuchtigkeit auch das Benutzen der Dusche erkannt werden. Die Analyse der Abfolge aufeinanderfolgender Signale erlaubt das Erkennen täglicher Routinen und Gewohnheiten eines Bewohners.

3.2 Die technische Analyse

Auf Grundlage der empfangenen Daten wurde eine automatische Verhaltensbeobachtung von Alltagaktivitäten im privaten Wohnumfeld in Echtzeit implementiert. Aus den Signalen der in den Räumen installierten Multi-Sensoren-Netzwerke wurde mittels Mustererkennung und Verknüpfung der Signaldaten „Basic Activities of Daily Living“ (BADLs) in der jeweiligen Wohnung identifiziert sowie Gewohnheitsmuster und Verhaltensprofile des Bewohners erstellt.

Für die Erkennung von Zuständen und unvermittelt auftretenden Ereignissen wurde eine Kombination aus Zustandsautomat und regelbasierter Ereignis-Klassifikation entwickelt. Ein kontinuierlich aktualisiertes Zustands-Objekt stellt kontinuierlich die momentanen Zustände der Türen und Fenster, getrennt nach Räumen der Wohnung zur Verfügung. In Abhängigkeit des aktuellen Zustands wurden plötzlich auftretende Ereignisse regelbasiert klassifiziert. Parameter wie z.B. der bisherige Zustand (Historie), zeitliche Abfolgen von aufgetretenen Signalmustern, extrahiert aus den Sensorsignalen, wurden für die Ereigniserkennung miteinander verknüpft. Zustandsübergänge des entwickelten Automaten erfolgten ebenfalls regelbasiert. Für die Erkennung einzelner Ereignisse (z.B. „Person verlässt Wohnung bei geöffnetem Fenster“) wurden anhand des Zustands der Wohnung zunächst die nötigen Voraussetzungen geprüft („Ist Person in der Wohnung?“), dann die Abfolgen der Sensorsignale für die zu erkennenden Ereignisse analysiert (Bewegungsmelder in Flur aktiv → Haustür auf → Haustür zu → Bewegungsmelder in Flur nicht mehr aktiv). Anschließend wurde im Zustandsobjekt geprüft, ob ein Fenster oder die Balkontür offen sind, um ggf. eine entsprechende Reaktion (z.B. Nachricht an den Bewohner) auszulösen.

Darüber hinaus wurde für den Bewohner ein zeitlich typisches Verhalten und somit seine Gewohnheitsmuster analysiert. Aus den Start- und Endzeitpunkte seiner Aktivitäten (z.B. Schlafen) wurden über ein Zeitfenster gleitend über die zurückliegenden zwei Monate die Muster bestimmt und statistisch die typischen Zeitmuster bestimmt. Auf Basis der Zeitfenster wurde die „dynamische Wiederholbarkeit“ (Ausprägung) des Verhaltens personalisiert bestimmt. Abweichungen von gewohnten Zeitmustern für einzelne Aktivitäten wurden anhand der persönlichen Variabilität bewertet und gewichtet. D.h. bei Personen mit sehr regelmäßigem Tagesablauf (geringe Standardabweichung des Zeitraums, in dem eine Aktivität durchgeführt wird) wurden Abweichungen kritischer beurteilt und führten schneller zu einer Reaktion des Systems als bei Personen, welche generell eine größere Variabilität bei den Gewohnheiten im eigenen Tagesablauf zeigten.

Anhand der erfassten Signale (Kap. 3.1) konnten folgende Aktivitäten der Bewohner der Musterwohnungen erkannt werden. Wann ist der Bewohner

- aufgestanden

- duschen
- aktiv / inaktiv
- zuhause / nicht zuhause
- schlafen
- in welchem Raum der Wohnung.

Des Weiteren konnte erkannt werden, wenn eine andere Person (z.B. eine Putzfrau) die Wohnung betreten hat.

Somit kann das Kom-Mit-System für sehr unterschiedliche Szenarien eingesetzt werden. Es lässt sich beispielsweise zur Erkennung eines Sturzes des Bewohners durch die Ermittlung der Inaktivitätszeiten einsetzen. Außerdem kann es als Sicherheitssystem genutzt werden, da der Zutritt durch Unbefugte (Einbrecher) unmittelbar erkannt wird und ein Alarm ausgelöst werden kann.

3.3 Die Akzeptanzanalyse

In einem weiteren Schritt wurde die Bewertung des Kom-Mit-Systems durch die Nutzerinnen und Nutzer evaluiert. Zu verschiedenen Zeitpunkten während der Datenerhebung wurden mit den Bewohnern der Musterwohnungen Leitfaden-Interviews zu Akzeptanzfaktoren durchgeführt. Es wurde sowohl das Spannungsverhältnis von Überwachungs- zu Sicherheitsempfinden als auch die vom Bewohner wahrgenommene Mensch-Technik-Interaktion eruiert. Zudem wurden Aspekte der psychischen Selbstregulation als Folge der Mensch-Maschine-Systemtechnik thematisiert. Die aktive und adaptive Steuerung der Smart-Home-Komponenten erhöht einerseits das subjektive Sicherheitsgefühl, andererseits wirkt sie aber auch selbstdisziplinierend.

4 Ergebnisse

Im Rahmen des Kom-Mit-Projekts konnte mit dem entwickelten Assistenzsystem eine Verhaltensbeobachtung in Form von Anwesenheits- und Stuserkennung erfolgreich durchgeführt werden. Dabei wurden unterschiedliche Ereignisse und Aktivitäten sowie Abweichungen von der Normalität des Verhaltens der Person in der Wohnung erkannt. Bei den Aktivitäten handelt es sich um Bewegungsabläufe der Person und damit verbundene (tages-) zeitbezogene Muster. Das individuelle Verhalten bzw. die täglichen Gewohnheiten können in Form eines „Digitalen Fingerabdrucks“ (vgl. Abb. 6) dargestellt werden. Sensorsignale werden mittels selbstlernender Algorithmen erfasst. Aus den dynamischen Veränderungen der Signalmerkmale und -muster werden Anwesenheit, Bewegung und Verhaltensprofile erfasst. Aus den Signalen konnten ADLs und IADLs identifiziert werden, um Gewohnheitsmuster und Verhaltensprofile der Person zu erstellen.

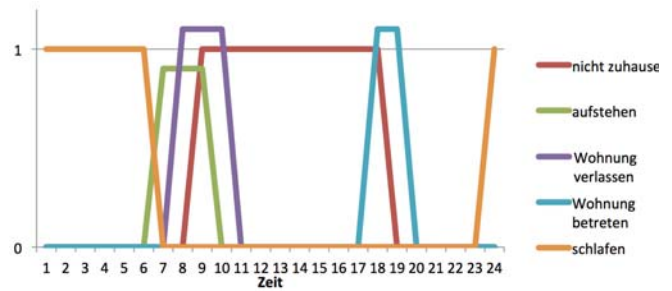


Abb. 6: „Digitaler Fingerabdruck“ eines Testnutzers

Das Kom-Mit-System kann in unterschiedlichen Szenarien unterstützend wirken. Beispielsweise können erhebliche zeitliche Abweichungen einer Aktivität vom typischen, zeitlichen Gewohnheitsmuster als Warnsignal interpretiert werden. Steht der Bewohner normalerweise um 8 Uhr auf, liegt plötzlich aber noch bis um 11 Uhr im Bett, kann dies auf ein kritisches Ereignis, wie z.B. ein gesundheitliches Problem, hinweisen. Bei spezifischen Personengruppen (z.B. bei jüngeren Personen) kann dagegen eine beträchtliche, zeitliche Variabilität der Gewohnheiten, etwa in Bezug auf Anwesenheit und Ruhezeiten (Arbeitstag/Wochenende) auftreten.

4.1 Bewertung Sensorik

Probleme bei Entwicklung und Erprobung des Projektes bereitete einerseits die Zuverlässigkeit technischer Komponenten und andererseits die Technik-Akzeptanz durch die Bewohner. Etwa die Hälfte der Komponenten arbeitete zuverlässig. Die verwendeten Tür-/Fensterkontakte lieferten verlässlich die Änderungen des Zustands. Durch Bewegungsmelder konnten die Bewegungen des Bewohners selbst bei schlechten Lichtverhältnissen sicher erkannt und an den Home-Server übermittelt werden. Die iBeacons fielen dagegen oft aus, so dass ein Neustart der zugehörigen App durch den Bewohner notwendig wurde. Die eingesetzten Cube-Sensoren erfassten zuverlässig Signale. Die Akkulaufzeit der Cube-Sensoren war allerdings sehr kurz, beim Aufladen heizte sich das Gehäuse auf und verfälschte das Temperatursignal. Des Weiteren traten zu Beginn noch vereinzelt Probleme mit der Zuverlässigkeit des eingesetzten Home-Servers auf, die in den folgenden Entwicklungsphasen gelöst werden konnten.

Für die sensorgestützte Verhaltensbeobachtung erweisen sich Systeme, die sich nicht individuell an die Bedürfnisse des Bewohners und die Verhältnisse in der Wohnung anpassen lassen als kritisch. Bei der Aktivitäts- und Ereigniserkennung hat die Auswahl der Sensoren einen großen Einfluss auf die Akzeptanz des Nutzers. Videokameras und Mikrofone werden als größerer Eingriff in die Privatsphäre empfunden als Bewegungsmelder. Dabei ist für den Bewohner entscheidend, wie genau die Signale auf die Privatsphäre des Bewohners zurückzuführen sind. So wird deutlich unterschieden zwischen der Erfassung von Bewegungen in der Wohnung und der Aufnahme von Geräuschen und so der Möglichkeit, Gesprächen zu „belauschen“.

4.2 Ethik / Akzeptanz

Bei den Befragungen der Bewohner hat sich ein ethisches Dilemma herausgestellt. Einerseits kann die subjektiv empfundene Sicherheit durch Technik erhöht werden (Freiheit für selbstbestimmtes Leben), andererseits kann die teils autonome Sicherheitstechnik in das eigene Leben eingreifen (Freiheitseinschränkung). Im Fall der Freiheitseinschränkung läuft das System in der „intelligenten Wohnung“ Gefahr, dass sie bevormundend auf den Nutzer wirkt und selbstbestimmte Entscheidungen nicht fördert, sondern hemmt. Außerdem besteht je nach jeweiliger Lebenssituation des Bewohners die Gefahr der Überinterpretation der Daten.

Die Akzeptanz des aktiven und adaptiven Assistenzsystems wird erhöht, wenn es für den Nutzer selbst steuerbar und nachvollziehbar ist. In den Befragungen der Nutzer wurde eine Unterscheidung zwischen Einstellungsakzeptanz und Handlungsakzeptanz deutlich:

Einstellungsakzeptanz: Die Einstellung der Bewohner zur Technik unterschied sich in beiden Use-Case-Szenarien. Während der Bewohner in der einen Wohnung starke subjektive Ängste, etwa durch vorgebliche Strahlenbelastung, äußerte, war der Bewohner in der zweiten Testwohnung technikaffin und der Technik gegenüber grundsätzlich positiv eingestellt. Erwartungsgemäß wirkte sich die Einstellungsakzeptanz als ein entscheidender Faktor bei der Durchführung der Untersuchungen in den Wohnungen aus. Sie kann erreicht werden, wenn die Problematisierungsbereiche der Privatheit, die aus den Befragungsergebnissen abgeleitet wurden, beachtet werden. Grundsätzlich hat der Nutzer ein starkes Bedürfnis nach Einflussnahme bei der Zugriffskontrolle und der Verwertung der Daten. Die psychische Selbstregulation wird als Folge der Mensch-Technik-Interaktion (MTI) verstanden.

Handlungsakzeptanz: Die Bewertung und Bereitschaft der Nutzung für sich und für andere erwies sich als eine unabhängige Dimension gegenüber der Einstellungsakzeptanz. Sowohl der „technikfeindliche“ als auch der technikaffine Bewohner kamen auf dieser Ebene zu ähnlichen Ergebnissen und Schlussfolgerungen, die als kritisch und insgesamt verhalten positiv charakterisiert werden können. Bei dem technikaffinen Bewohner überwog der kritische Anteil, was auf vermehrte spezifische Erfahrungen und einen größeren Reflexionshintergrund zurückgeführt werden kann.

Im Rahmen der Nutzerbefragungen hat sich herausgestellt, dass bei Assistenzsystemen, wie dem entwickelten Kom-Mit-System, die Sicherheitsinteressen gegenüber den Persönlichkeitsrechten des Bewohners abgewogen werden müssen. Auch der Art der Sensoren sollte bei der Auswahl Beachtung geschenkt werden. Insbesondere Bild- und Tonaufnahmen durch Videokameras und Mikrophone gelten als ein prinzipiell unkontrollierbarer Eingriff in die Privatsphäre.

5. Fazit und Ausblick

Das Projekt Kom-Mit hat praktische Erkenntnisse in Bezug auf den Kommunikationsbedarf und die Technikakzeptanz für Personen der Generation 50/60+ geliefert. Das Potential, körperliche und geistige Einschränkungen im höheren Alter mit Technik zu großen Teilen zu kompensieren, konnte nachgewiesen werden. Die gesellschaftliche Partizipation sowie objektive und subjektive Sicherheit im Alltag zu gewährleisten, sind die wesentlichen Säulen für ein „Active Aging“, die ein lang erfülltes und eigenständiges Leben im Alltag ermöglichen.

Die entwickelte Systemarchitektur des Assistenzsystems ist erweiterbar und erlaubt, zukünftige Technologien in ein homogenes Gesamtkonzept zu integrieren. Insbesondere gilt es, die Ausprägungen von multimodaler Kommunikation mit neuen Geräten und Anwendungsszenarien für zukünftige Einsatzzwecke praktisch zu erweitern und zu evaluieren.

Es hat sich gezeigt, dass das im Projekt entwickelte Assistenzsystem erfolgreich zur Verhaltenserkennung eingesetzt werden kann. Für unterschiedliche Szenarien lässt sich das Verhalten der Bewohner in den Musterwohnungen analysieren und daraus tägliche Routinen ableiten. Erhebliche Abweichungen von Routinen, z.B. ungewöhnlich lange Inaktivität nach einem Sturz, können mit dem System automatisch als Indikator für ein kritisches Ereignis ausgewertet werden. Durch Benachrichtigung von Angehörigen oder ambulanten Diensten kann in solchen Fällen benötigte Hilfe geholt werden. Insgesamt trägt das Assistenzsystem zur Erhöhung der Sicherheit für den Nutzer in seinem häuslichen Umfeld bei.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass vor allem Szenarien zur Sicherheit der Wohnung (Security/ Einbruchschutz) sowie zur Sicherheit der Bewohner selbst (Safety/ körperliche Unversehrtheit) die Akzeptanz für den Einsatz eines derartigen System erhöhen.

Das Ziel der omnipräsenten technischen Unterstützung für die durchgehende Verbesserung der Lebensqualität rückt in greifbare Nähe. Der Wandel von Technologiegetriebenen Informationsmechanismen hin zu Anwendungs- und Szenario-orientierten Ansätzen ist hierfür der Schlüssel zum Erfolg.

6. Literatur

- [1] Dewsbury, G., Clarke, K., Hughes, J., Rouncefield, M., and Sommerville, I. "Growing Older Digitally: Designing Technology for Older People." In INCLUDE 2003: Proceedings of the Conference Inclusive Design for Society and Business. London: Helen Hamlyn Institute. London (2003), pp. 57–64.
- [2] Fellbaum, K., "The Future: Communication in an Ambient Intelligence Environment." In Technology & Disability 20, no. 2 (2008), pp. 157–171.
- [3] Bitkom, Smart Home Marktprognose, https://www.bitkom.org/Publikationen/2014/Studien/Marktaussichten-fuer-Smart-Home/141023_Marktaussichten_SmartHome.pdf, 2014, gesichtet 12.02.2016.
- [4] Haller, S., Karnouskos, S., and Schroth, C. "The Internet of Things in an Enterprise Context." In Future Internet – FIS 2008, edited by Domingue, J., Fensel, D. and Traverso, P. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009.
- [5] Weiser, M., "The Computer for the 21st Century." In Scientific American 265, no. 3 (1991), pp. 94–104.
- [6] Mann, S. "Wearable Computing." In The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, edited by The Interaction Design Foundation. Denmark, Aarhus, 2013.
- [7] Mattern, F., and Floerkemeier, C. "From the Internet of Computers to the Internet of Things." In From Active Data Management. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010.
- [8] Muschiol, J. "Universal Communication Model for the Future Society." In Lecture Notes in Informatics: Proceedings of the Conference Informatik 2013: SUBICO Workshop. Koblenz: Springer. Berlin, Heidelberg, 2013, pp. 1690–1703.
- [9] WHO. Active Ageing: A Policy Framework. Geneva, Swiss: World Health Organization, 2002.
- [10] Englert, R., and Glass, G. "An Architecture for Multimodal Mobile Applications." In Proceedings of the Twentieth Symposium on Human Factors in Telecommunication (HFT2006). Sophia Antipolis, France: ETSI, 2006.
- [11] Shadbolt, N. "Ambient intelligence." In IEEE Intelligent Systems 18, no. 4 (2003), pp. 2–3.
- [12] Hardkernel, Produktspezifikation ODROID-XU3, http://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php?g_code=G140448267127, 2015, gesichtet 12.02.2016.