

Die Hausbustechnik als Basis zur Erkennung von Verhaltensänderungen allein lebender Menschen

Dr. Marc Jaeger, Dr. Daniel Wettach, JAEGER Wohnintelligenz, 76646 Bruchsal, mj@jaeger-wohnintelligenz.de

Kurzfassung

Die Änderung des Verhaltens einer allein lebenden Person im höheren Alter oder mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen kann ein Hinweis auf eine Verschlechterung des Befindens sein. Lebt die Person bereits in einer Wohnung oder einem Haus mit vernetzter Gebäudetechnik, wie z.B. einem KNX-Hausbus, können die bestehenden Sensoren dafür verwendet werden, Änderungen im Verhalten zu erkennen und zu beurteilen. Das hier vorgestellte System erfasst den Datenfluss auf dem KNX-Bus, lernt über zwei Wochen das normale Verhalten der Hausbewohner kennen und stellt dann Abweichungen vom Normalverhalten fest. Dabei ist es für das System irrelevant, um welche Sensoren es sich im Haus handelt. Das System nutzt die Daten, die vorhanden sind, wie z.B. die Aktivität eines Lichtschalters, Bewegungsmelders oder Fensterkontakts.

Abstract

The change in the behavior of a person living alone in old age or with health problems may be an indication of a worsening of condition. Lives the person already in an apartment or a house with networked building services, such as a KNX-homeautomation, the existing sensors can be used to detect changes in behavior. The system presented here detects the data flow on the KNX bus. The system learns more than two weeks to know the normal behavior of the residents and then determines deviations from normal behavior. It is irrelevant for the system to which sensors it is in the house. The system uses the data which are present, such as e.g. the activity of a light switch, motion detector or window contact.

1 Problemstellung

Angehörige von allein lebenden Menschen kennen die Sorge: Geht es meinem Vater, meiner Mutter oder meiner Großmutter gut? Immerhin gibt es in Deutschland ca. 16 Mio. allein lebende Menschen [1]. Dann freut man sich, nach dem wöchentlichen Telefonat die Gewissheit zu haben, dass alle gesund sind. Aber die Frage, ob in der Zwischenzeit etwas passiert, bleibt. Geht alles seinen geordneten Gang oder ändert sich etwas im Verhalten des Alleinlebenden? Ist Vater häufiger auf der Toilette als gewohnt oder öfter im Schlafzimmer? Ist so etwas der Fall, kann das ein Anzeichen von leichten bis massiven gesundheitlichen Problemen sein. Aber wie lässt sich dies feststellen, ohne die Person mit medizinischen Sensoren auszustatten? In Forschungszentren werden hierzu verschiedene Ansätze erprobt. Beispielsweise wird ein drucksensitiver Fußboden zur Sturzerkennung [2] oder werden Dehnmessstreifen in Matratzen zur Erkennung von Schlafbewegungen eingesetzt. Firmen wie Siemens, Essence oder Gigaset Elements haben funkbasierte Sensoren auf den Markt gebracht, welche im Haus aufgestellt – mehr oder weniger offensichtlich – überwachen, wie und ob sich die Person bewegt [3]. Eine andere Option bietet die von der EU geförderte Entwicklung „FallWatch“ – ein Pflaster, das bei einem Sturz den Notarzt verständigt [4].

2 Abhandlung

Eine weitere Möglichkeit, das Verhalten von Alleinlebenden unaufdringlich und alltäglich zu bewerten, ist der Einsatz vorhandener Hausbustechnik. Hausbustechnik wie KNX/EIB ist mittlerweile das Mittel der Wahl im gehobenen Wohnbau oder Zweckbau. Für den Benutzer sind die Komponenten gewohnte Elemente: Ein Schalter oder Präsenzmelder schaltet wie gewohnt das Licht, Öffnungskontakte an Fenster oder Türen dienen als Einbruchschutz und Steckdosen liefern Strom für Verbraucher. Sämtliche Komponenten liefern aber auch Informationen, welche gesammelt und ausgewertet werden können. So können indirekt Gewohnheiten, aber auch Auffälligkeiten erkannt werden.

In dieser Veröffentlichung beschreiben wir die Erkennung von Verhaltensänderungen allein lebender Menschen ausschließlich durch Informationen des normalen KNX-Gebäudesystems. Es müssen keine zusätzlichen Sensoren oder Systeme gekauft werden. Zudem merkt der Bewohner nichts vom System. Denn es ist sozusagen ein „Side-Effekt“ des eigentlichen Hausnetzes. Außerdem bekommt der Alleinlebende nicht das Gefühl, alt, krank oder unselbstständig zu sein, da er sich ja kein besonderes „Gesundheitsüberwachungssystem“ kaufen muss, sondern die Sensoren sowieso schon hat. Es muss normalerweise auch nichts am KNX-System umprogrammiert werden. Die Idee ist, dass lediglich ein kleiner PC, z.B. ein Raspberry Pi, an das KNX-System oder ans LAN angeschlossen werden

muss, den KNX-Datenverkehr mitliest und die entsprechenden Berechnungen und deren Ausgabe erzeugt.

3 Methodik und Datensatz

3.1 Einführung

Unsere Grundlage zur Erkennung von Verhaltensmustern bildet der Informationsfluss im Hausbussystem. Das Drücken eines Tasters, das Öffnen von Fenstern und Türen, die Bewegungserkennung durch Präsenzmelder, die Entnahme von Strom aus bestimmten Steckdosen sowie die Messwerte weiterer physikalischer Sensoren stellen Eingangsgrößen eines Berechnungsmodells dar. Diese Größen in Korrelation zu Uhrzeit und Datum gesetzt erlauben es, Verhaltensmuster zu erkennen. Bei Abweichungen von diesen „normalen“ Verhaltensmustern können Aktionen ausgeführt werden, wie z.B. eine Meldung per E-Mail an Angehörige oder Pflegepersonal zu senden. Sind Abweichungen in geringem Maß vorhanden (z.B., dass die Person häufiger die Toilette aufsucht als an „normalen“ Tagen) wird i.d.R. ein Hinweis mit mittlerer Priorität ausgelöst. Extreme Abweichungen vom „Normalzustand“ führen zu Meldungen mit hoher Priorität.

3.2 Datengrundlage KNX- Informationsfluss

Wie beschrieben basiert unser System auf der bereits vorhandenen KNX-Infrastruktur und den KNX-Sensoren, wie Tastern, Fensterkontakten, Präsenzmeldern etc. der jeweiligen Häuser. Es müssen keine weiteren Sensoren installiert werden. Denn das System wurde so entwickelt, dass es diejenigen Informationen nutzt, welche vorhanden sind. Natürlich sind die Sensitivität und Spezifität höher, je mehr Informationen zur Verfügung stehen. Ist ein Haus z.B. nur mit KNX-Schaltern ausgestattet, um Licht zu schalten oder Jalousien zu öffnen und zu schließen, kann das System um KNX-Bewegungsmelder ergänzt werden. Damit stünden dann deutlich mehr Informationen zur Verfügung (z.B., um auch das Licht darüber automatisch zu schalten). Das Gute am KNX-System ist, dass es beliebig erweiterbar ist – mittlerweile auch relativ einfach mit funkbasierten Sensoren. Prinzipiell gilt jedoch: Das System ist nicht wählerisch, was Art und Anzahl der Sensordaten angeht. Aber mit mehr Sensordaten wird die Genauigkeit besser.

Für die Entwicklung des Systems wurden zunächst Datenbanken erstellt. Dazu wurde über jeweils zwei Wochen sämtlicher KNX-Busverkehr von zwei Einfamilienhäusern aufgezeichnet. Ein Haus hatte nur KNX-Taster (über die nur Licht und Jalousien gesteuert werden) sowie vereinzelt Bewegungsmelder. Das zweite Haus war umfangreich mit KNX-Technik ausgestattet. Konkret waren überall KNX-Taster, in jedem Raum Präsenzmelder,

Fensterkontakte, Türkontakte in Innen- und Außentüren und strommessende Steckdosen vorhanden.

Jede Betätigung von Tastern, sei es, um Licht zu schalten oder Jalousien zu betätigen, führt zu einem Informationsfluss, welcher aufgezeichnet wird. Ebenso führen das Öffnen von Fenstern, die Bewegungen im Raum sowie das Schalten von Verbrauchern (wie z.B. der Kaffeemaschine) zu einem Signal, welches dazu beiträgt, aus sämtlichen Signalen ein Verhaltensmuster abzuleiten.

Die Theorie ist, dass der Mensch stark gewohnheitsorientiert agiert. D.h., unsere Tagesabläufe sind i.d.R. an Werktagen ähnlich; das Gleiche gilt für Wochenenden. Beispielsweise geht „Herr Müller“ nach dem Aufstehen zuerst ins Bad (schaltet dort das Licht an), geht dann in die Küche (schaltet im Bad das Licht aus und ggf. in der Küche an) und verbringt dort die meiste Zeit des Morgens, um Zeitung zu lesen. Das Zeitunglesen erzeugt keine Signale, höchstens gibt ein Bewegungsmelder über dem Esstisch hin und wieder (vom Umblättern der Zeitung) ein Signal. Mit oder ohne Bewegungsmelder: Die Signale ergeben ein Muster, welches das morgendliche Verhalten „Herr Müllers“ widerspiegelt. Gegen Mittag öffnet „Herr Müller“ die Haustür, um einen Spaziergang zu machen. Eine halbe Stunde oder auch eine Stunde später (je nach Wetter) kommt er wieder zurück. Diese zeitliche Unschärfe des Verhaltens muss vom System erkannt werden und berücksichtigt werden. So führt „Herr Müller“ bis zum Zu-Bett-Gehen ständig Aktionen an KNX-Sensoren aktiv oder passiv aus, welche zum Informationsgehalt beitragen.

Der einzelne Ablauf bzw. die einzelne Handlung „Herr Müllers“ kann sich natürlich über die Monate ändern, zum Beispiel aufgrund unterschiedlicher Jahreszeiten. Im Winter wird länger Licht benötigt als im Sommer, d.h., das Schalten von Licht nach dem Aufstehen erübrigt sich im Sommer. Da das System im Intervall von zwei Wochen neu lernt, wird diese Änderung jedoch in das Ergebnis einbezogen (aber als Änderung signalisiert). Wichtig für unsere Ausgangsfrage ist, dass auch eine schleichende Krankheit oder altersbedingte Einschränkungen zu solch langsamen Verhaltensveränderungen führen können.

Um den Datenfluss unseres Systems grafisch abbildbar zu machen, ist in Bild 1 und 2 eine Art „Heatmap“ eines der Beispielhäuser dargestellt. Es wurden jeweils die Aktivitäten der Sensoren über eine Stunde (normiert über einen Tag) aufsummiert. Je mehr Aktivitäten von einem Sensor ausgehen, desto dicker ist der Punkt dargestellt. Ein Punkt entspricht einem Sensor (z.B. Taster, Präsenzmelder) im Raum. Bild 1 enthält die Aktivitäten der Sensoren am Tag 1 zwischen 2 und 3 Uhr nachts. Bild 2 stellt die Aktivitäten am Tag 2 zur selben Zeitspanne dar.

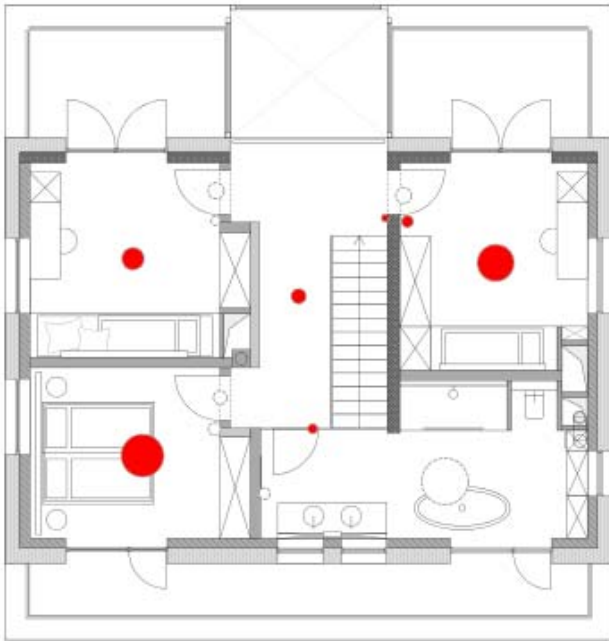


Bild 1: Aktivität um 2 Uhr am Tag 1

Pro Tag finden in dem Beispielhaus bis zu 5000 Sensormeldungen statt. Auffällig hierbei ist, dass die Aktivitäten im Zimmer rechts oben am ersten Tag im Gegensatz zum zweiten Tag deutlich vermindert sind. Schaut man sich weitere Tage an, stellt eine hohe Aktivität wie Bild 2 den Normalfall dar. Das lässt den Schluss zu, dass im Bild 1 eine deutlich verminderte Aktivität der Bewegungsmelder zu erkennen ist.

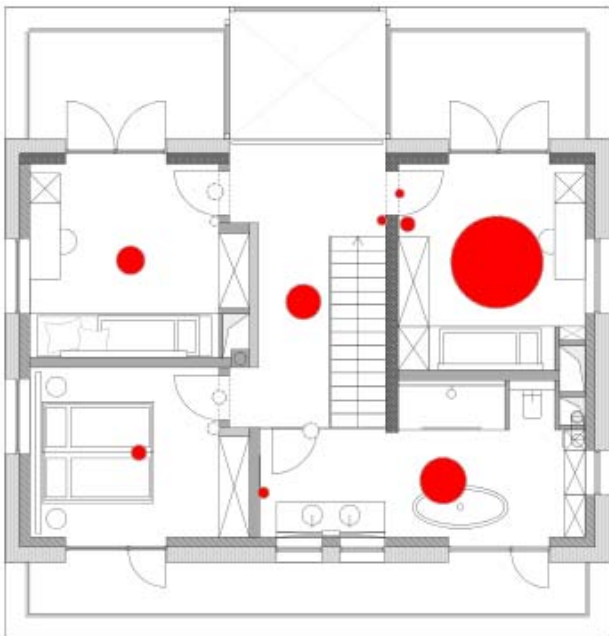


Bild 2: Aktivität um 2 Uhr am Tag 2

Die Information, welche Aktivität von welchem Sensor kommt, ist für das hier beschriebene Modell unerheblich. Das System wurde dahingehend entwickelt, dass es in beliebigen Häusern mit KNX eingesetzt werden kann, ohne die Sensoren den Aktivitäten zuordnen zu müssen. Das

System ist für einen Plug-and-Play-Einsatz ausgelegt. Dennoch sind, zur besseren Interpretation der Bilder 1 und 2, in Bild 3 die verfügbaren Sensoren in der Bildunterschrift benannt.

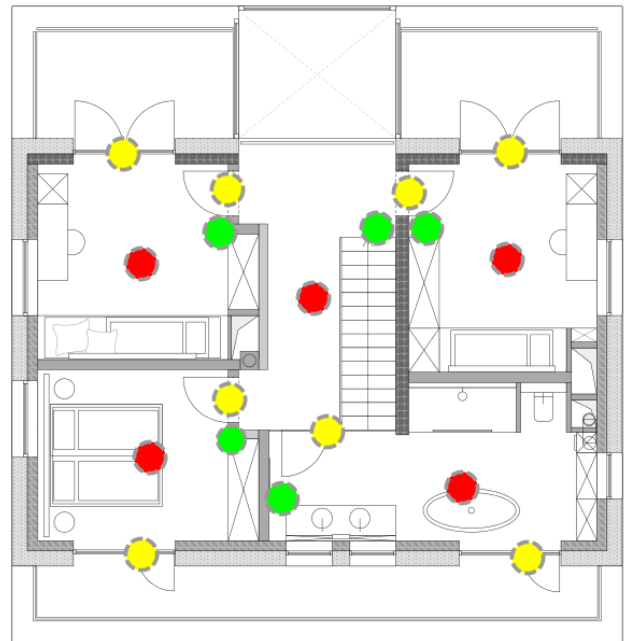


Bild 3: Darstellung der Art der Sensoren: rot: Bewegungs- oder Präsenzmelder; gelb: Tür- oder Fenstersensoren; grün: Taster für Licht, Beschattung oder Raumtemperaturregelung

3.3 Informationsverarbeitung

Wird das System in einem Haus neu eingesetzt, sammelt es zunächst zwei Wochen lang Trainingsdaten. Das bedeutet, dass das System zunächst zwei Wochen den KNX-Busverkehr mithören muss. Daraus erkennt das System, welche Sensoren relevant bzw. verfügbar sind, und generiert dann das Verhaltensmuster der Personen.

Im ersten Schritt wird der Normalbereich aller Sensoren ermittelt, indem die minimale und die maximale Auftrenshäufigkeit gesucht werden.

Bild 4 kann wie folgt gedeutet werden: Die Achse „Sensorindex“ zeigt die im gesamten Trainingszeitraum (zwei Wochen) erkannten Sensoren an. Sensorindex 1 könnte z.B. ein Lichtschalter im Schlafbereich sein. Für das Verhalten des Programms ist die Kenntnis über den Ort und die Art des Sensors jedoch unerheblich. In diesem Fall wurden 43 Sensoren ermittelt. Die Achse „Uhrzeit / h“ stellt die Aktivitäten der Sensoren pro Stunde dar. Das bedeutet, dass die kleinste zeitliche Auflösung eine Stunde beträgt.

Nun kann es in der Praxis vorkommen, dass einige Sensoren innerhalb des Zwei-Wochen-Intervalls nur ein- oder zweimal ein Signal erzeugen. Beispielsweise kann es sich hierbei um einen Lichttaster im Heizkeller handeln, der normalerweise sehr selten betätigt wird, da der Bewohner

so gut wie nie den Heizkeller betritt. In Bild 4 sind solche geringen Aktivitäten ab Sensorindex 29 zu erkennen. Die Achse „Kleinste Anzahl Ereignisse“ gibt die je Sensor und Stunde (über die gesamten Trainingsdaten betrachtet) minimal erkannte Aktivität an. In unserem Beispiel bedeutet der große Peak bei Sensorindex 7 um 12 Uhr, dass an jedem Tag zwischen 12 und 13 Uhr Aktivitäten dieses „Sensor 7“ erkannt werden – konkret im Beispiel sogar immer mindestens 140 Aktivitäten. Es könnte sich daher erfahrungsgemäß z.B. um einen Bewegungsmelder in der Küche handeln.

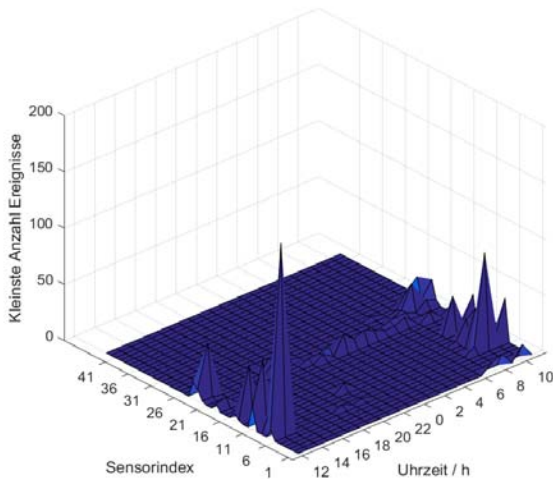


Bild 4: Mindestwerte der Sensordaten pro Stunde

Bild 5 stellt im Gegensatz zu Bild 4 die maximale Aktivitätszahl pro Sensor und Stunde dar. Hier ist gut zu erkennen, dass manche Sensoren bis zu 600 Aktivitäten innerhalb einer Stunde generieren können. Diese Häufigkeit deutet erfahrungsgemäß auf Aktivitäten von Bewegungs- oder Präsenzmeldern und ist ein Hinweis darauf, dass in den Erfassungsbereichen der Sensoren viel Bewegung erkannt wird. Gegen 12 Uhr ist dies in diesem Beispiel „Sensor 7“, bei dem es sich, wie gesehen, um einen Bewegungsmelder in der Küche handeln könnte.

Mithilfe dieser Trainingsmethode wird nun ein Toleranzband festgelegt. Befindet sich das System im Normalbetrieb – wird also nicht mehr trainiert – muss die Anzahl der Aktivitäten je Sensor und Stunde innerhalb dieses Toleranzbandes liegen. Ist dies nicht der Fall, kann dies ein Hinweis darauf sein, dass die gemessenen Abweichungen auf eine Abweichung vom normalen Verhalten des Bewohners zurückzuführen sind.

Die Maximal- und Minimalwerte werden außerdem gleichend erweitert, so dass zu jedem Zeitpunkt die Daten der jeweils letzten zwei Wochen berücksichtigt werden. Dies geschieht gewichtet, so dass Daten, die jünger sind, stärker berücksichtigt werden als Daten, die älter sind.

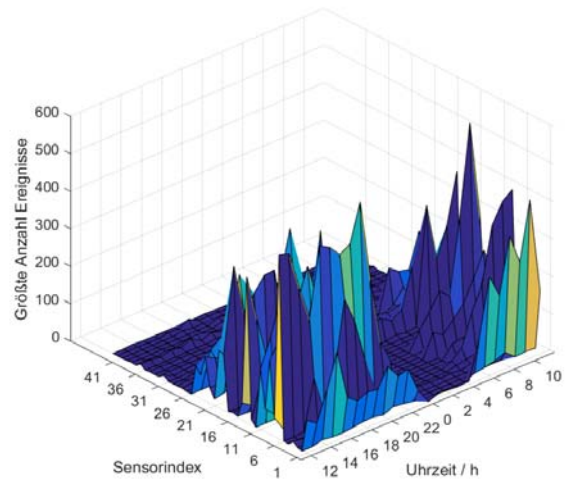


Bild 5: Maximalwerte der Sensordaten pro Stunde

Zusätzlich zu den starren Stundenrhythmen wird überprüft, ob sich die Werte eine Stunde früher und eine Stunde später ebenfalls im Normalzustand befinden. Das gibt darüber Aufschluss, ob es sich evtl. nicht um eine wirkliche Verhaltensänderung, sondern lediglich um „Ausreißer“ handelt, und erhöht dadurch die Zuverlässigkeit der Aussage.

4 Ergebnisse

Im nächsten Schritt unseres Untersuchungsbeispiels wurden die Systeme in beiden Häusern nach der Trainingsphase, und demnach nach dem Definieren eines Toleranzbandes, auf Abweichungen vom Normalzustand beobachtet. Im Gesamten wurde so eine Sensitivität von ca. 75% erreicht, .

Es zeigte sich an einem Tag besonders ein Sensor, nämlich Sensor 23, auffällig. Die entsprechende Auswertegrafik ist in Bild 6 dargestellt. In diesem 2D-Plot stellt die x-Achse die Stunden dar und die y-Achse gibt an, ob sich ein Sensorwert außerhalb des Toleranzbereichs befindet. Die Angaben sind als Binärwerte angegeben. D.h., ist der Sensorwert innerhalb des Toleranzbandes, wird eine „0“ ausgegeben, andernfalls eine „1“.

Es zeigte sich, dass die Sensorwerte in der Zeit zwischen 1 und 6 Uhr viermal außerhalb des Toleranzbandes lagen. Die These, dass dies auf eine Änderung im Verhalten des Bewohners schließen lässt, wird dadurch bestätigt, dass der Sensor mit der Indexnummer 23 in diesem Fall ein Bewegungsmelder im Schlafzimmer einer Person mit Diabetes Mellitus war, deren Blutzuckerwerte besonders niedrig waren, was auf eine verminderte Bewegungsaktivität schließen ließ.

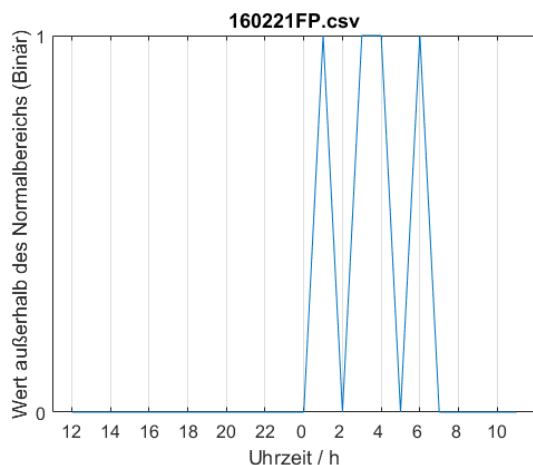


Bild 6: Beispielhafte Darstellung der Aktivitäten eines Sensors über 24 Stunden

5 Diskussion

Anhand der von unserem System gesammelten Sensordaten und des Grades der Abweichung vom „Normalzustand“ kann eingeschätzt werden, ob es einer allein lebenden Person so geht wie immer oder ob Veränderungen – die z.B. von einer gesundheitlichen Verschlechterung herühren – zu erkennen sind. Dabei ist es unerheblich, wie viele und welche Arten von Sensoren tatsächlich vorhanden sind. Denn das System lernt aus den vorhandenen Sensoren den „Normalzustand“ des Bewohners.

Natürlich verhält sich der Bewohner nicht täglich genau gleich. Aber mittels der hier vorgestellten Methode sind immerhin Muster zu erkennen. Verändern sich die Muster nach einigen Tagen, so könnte dies ein Indiz dafür sein, dass sich etwas am Verhalten bzw. dem Zustand des Alleinlebenden geändert hat

Der Vorteil dieser Methode ist, dass kein neues System angeschafft werden muss. Es kann auf jedes beliebige Haus mit KNX aufgesetzt werden. Es muss lediglich ein kleiner PC mit KNX-Interface an die Busleitung angehängt werden.

6 Ausblick

Derzeit ist das System mit einer Sensitivität von ca. 75% noch nicht für den Echtbetrieb geeignet. Es ist aber auf dem Weg zur verlässlichen „Überwachung“ allein lebender Menschen ein erster Schritt, ein bestehendes Haus mit KNX-Technik dafür zu nutzen, Verhaltensänderungen zu erkennen. Dabei ist es nicht notwendig, Kenntnis von den einzelnen Sensordaten zu haben.

Als nächster Schritt könnten die einzeln betrachteten Sensordaten in Korrelation mit weiteren Sensordaten gesetzt werden. Denn die Abweichung vom Normalzustand wird derzeit einzeln betrachtet, dient aber als eines von vielen Merkmalen, die künftig gemeinsam in einer Klassifikati-

on bewertet werden könnten. Hierdurch könnten die Sensitivität und Spezifität des Systems deutlich gesteigert werden.

7 Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt, *Alleinlebende in Deutschland – Ergebnisse des Mikrozensus 2011*, in Begleitmaterial zur Pressekonferenz am 11. Juli 2012 in Berlin, Wiesbaden, Deutschland, Juli, 2011, pp. 7.
- [2] J. Barsch. Seidel; *On tour: Technik für selbständiges Wohnen im Alter*; FZI Pressemitteilung zur Fachmesse REHAB; April, 2013; https://www.fzi.de/uploads/media/20130418-FZI-PI_Mobiles_AAL-Lab_FV.pdf
- [3] Gigaset Elements; <http://www.gigaset-elements.com/de/>
- [4] J-E. Lundy; *Hilfe für Senioren: Pflaster ruft bei Sturz Notarzt – EU fördert "FallWatch"*; Presseportal; Juni; 2013
<http://www.presseportal.de/pm/109029/2495032>