

## **Nutzen der Beacon-Technologie zur Erfassung der Frequentierung von Places of Interest am Arbeitsplatz**

Johannes FISCHBACH, Dominic BLÄSING und Manfred BORNEWASSER

*Institut für Psychologie, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald  
Franz-Mehring-Straße 47, D-17487 Greifswald*

**Kurzfassung:** Im Rahmen einer arbeitswissenschaftlichen Evaluation im Kontext des Projekts SeRoDi wurde ein Erhebungsinstrument auf Basis der Beacon-Technologie erprobt. Beabsichtigt wurde damit, auf subjektive Daten und aufwändige Verhaltensbeobachtungen verzichten zu können und stattdessen über ein objektives Maß zu verfügen, das auch über längere Zeiträume eingesetzt werden kann, um relevante Aktivitäten auf Stationen in Krankenhäusern und Altenpflegeheimen zu erfassen. Gegenstand der Analyse waren Aktivitäten an sog. Places of Interest, hier Pflegewagen auf der Station sowie Materiallager. Erste Ergebnisse der Studie werden präsentiert. Sie geben Hinweise auf Verbesserungspotenziale bei der Implementierung der neuartigen Erhebungstechnologie.

**Schlüsselwörter:** Beacon, iBeacon, Places of Interest, Arbeitsanalyse

### **1. Hintergrund**

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes Servicerobotik für personennahe Dienstleistungen (SeRoDi) wird in zwei Altenpflegeheimen und einem Krankenhaus ein intelligenter Pflegewagen eingeführt, welcher Pflegekräfte entlasten soll. Es sollen vornehmlich die am Arbeitsplatz zurückgelegten Wege reduziert werden, sowohl durch effizientere Bestückung des Wagens, als auch durch die autonome Funktionalität, den Wagen zu einer von der Pflegekraft gewünschten Position zu navigieren.

Analyseziel ist es, parallel zu Fragebogeninstrumenten zum Stationsalltag das Nutzungsverhalten und die Belastungssituation durch zu erledigende Wege objektiv mittels iBeacons zu erfassen. Über einen Vergleich der Situation vor Einführung eines intelligenten Pflegewagens mit der Situation danach, soll die wegemäßige Entlastung bestimmt werden. Prinzipiell bietet sich diesbezüglich die Schrittzahlerfassung an, doch entbehrt diese die Möglichkeit, die Zielorte der zurückgelegten Wege zu ergründen. Zwar gibt es am Markt auch für dieses Szenario Lösungen, etwa über Wi-Fi oder RFID. Doch diese weisen erhebliche Nachteile hinsichtlich Kosten, Installationsaufwand und Flexibilität auf.

Um die Güte der Beacons als Erhebungsinstrument im arbeits- und sozialwissenschaftlichen Kontext beurteilen zu können, wurden die ermittelten Ergebnisse mit einer parallel durchgeführten strukturierten Verhaltensbeobachtung verglichen. Dadurch soll ermöglicht werden, die mit den Beacons und Smartphones erfassten Daten vergleichend auf eine Places-of-Interest Map anzuwenden. Kern des Konzepts ist es, die Beacon für kurz- und langfristige Analysen von Arbeitsprozessen einzusetzen und dadurch Aktivitätsdaten in hoch frequentierten Räumen oder im Umgang mit mobilen Objekten erfassen zu können.

## 2. Methode

### 2.1 Verhaltensbeobachtung

Um eine hohe Qualität der Beobachtungsdaten zu erhalten, wurden die Beobachter vorab intensiv hinsichtlich der Beobachtungskategorien und der Erhebungstechnik via Tablet-Computer geschult. Neben den für diese Erhebung relevante Kategorien der Interaktion mit dem Pflegewagen und der Aktivitäten im Lager wurden auch weitere Pflegeaktivitäten erfasst, auf welche jedoch in diesem Beitrag nicht weiter eingegangen wird. Durch die Verhaltensbeobachtung wurde somit ein vollständiges Bild aller relevanten Pflegeaktivitäten über die Arbeitsschichten ermittelt.

### 2.2 iBeacon

Nokia legte mit Einführung von Wibree den Grundstein für den prognostizierten Erfolg von Beacons und Apples iBeacon Bluetooth Low Energy (BLE) Funktechnik.

Das Arbeitsprinzip hinter den Beacons lässt sich anhand der Übersetzung mit „Leuchtfeuer“ schon erahnen. Ein Beacon ist eine auf BLE basierende Sendeeinheit, die in regelmäßigen Abständen Signale in den Raum sendet, ohne selbst Informationen aufzunehmen. Erst durch die Kombination mit einem Smartphone, werden die Signale des Beacons empfangen. Über entsprechende Apps können Beacons anhand ihrer spezifischen Kennungen (UUID, Major, Minor) angesprochen werden. Der Abstand von Smartphone und Beacon wird dabei in der Regel in den Kategorien Immediate (bis 0,5m), Near (0,5m bis 2m), Far (2m bis 30m) und Unknown angegeben. Ohne eine entsprechend gestaltete Smartphone-App sind Beacons nicht in der Lage, Informationen zu verarbeiten und damit methodischen Mehrwert zu erzeugen.

Beacons werden heute unter anderem für location based services eingesetzt, wodurch Dienstleistungen persodigital ablaufen können – persönlich, personalisiert und digital (Brock 2015). Kunden können beim Besuch von Supermärkten oder Läden über aktuelle Angebote aus dem Bereich, in dem sie sich gerade aufhalten, informiert werden. Einkaufszentren, Universitäten und Krankenhäuser nutzen bereits die Vorteile von Beacons zur Indoor-Navigation (Hamblen 2015; Yang 2015). Auf Events, Messen und bei Sportveranstaltungen werden sie eingesetzt, um Besuchern den kürzesten Weg zu den Toiletten zu weisen. In den Stadien der Major Baseball League der USA kommen Beacons zum Einsatz, um Menschen den Weg zu den kürzesten Schlangen am Eingang zu weisen (Eggert 2014). Der wesentliche Vorteil der Beacons besteht darin, dass sie eine skalierbare, kosteneffiziente und benutzerfreundliche Alternative zu etablierten Indoor-Navigations-Lösungen wie Wi-Fi oder RFID darstellen (Yang et al. 2015). Ferner ist es möglich, mit Beacons dynamische Objekte, also etwa einen fahrenden Pflegewagen, zu erfassen.

Beacons haben somit auch im Bereich der Arbeitsanalyse Einsatzmöglichkeiten. Hierbei steht vor allem die Sammlung von Daten mit Hilfe der Beacons im Fokus. Im Rahmen von Prozessanalysen kann überprüft werden, in der Nähe welcher Beacons besonders viel Zeit verbracht wird und welche Orte oder Bereiche besonders häufig angesteuert werden (Alam et al. 2015; Roy et al. 2015). Ferner könnte man auch feststellen, welche Maschinen etwa zu Reparaturzwecken häufiger angelaufen werden, wie sich reale Arbeitsabläufe gestalten oder an welchen Orten es zu welchen Zeiten zu Engpässen kommt.

Für das im Rahmen des Projekts SeRoDi formulierte Anforderungsprofil wurden abhängig von der jeweiligen Situation vor Ort, jeweils ein Beacon an allen Places of Interest (Lager und Pflegewagen) in Hüfthöhe installiert. Die Pflegekräfte erhielten ihrerseits jeden Morgen zu Beginn ihrer Schicht ein vorbereitetes Smartphone, welches fortan über die entsprechende Erhebungs-App alle Beacons, die sich in der Nähe der Pflegekraft befanden, sekundlich mitloggte. An vier Erhebungstagen wurden in allen drei analysierten Einrichtungen jeweils zwei Pflegekräfte mit Smartphones ausgestattet. Die Smartphones wurden in der Dienstkleidung untergebracht.

### 3. Ergebnisse des ersten Einsatzes im Feld

#### 3.1 Diagnostische Qualität

Von den sich aus dem Erhebungsdesign ergebenden 24 möglichen Messreihen konnten 17 in die Analyse mit einbezogen werden, da die übrigen 7 Datensätze keine Daten in Bezug auf erfasste Zeilen enthielten. Um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen und möglichen Artefakte zu Beginn und Ende einer Schicht zu begegnen, wurde das time sample auf 6 Stunden, jeweils eine Stunde nach Beginn und eine Stunde vor Ende der Schicht beschnitten. Es ergaben sich somit 21600 theoretisch mögliche Datenpunkte pro Messreihe, von denen durchschnittlich 2,8% ( $M=599,29$ ,  $SD=616,33$ ,  $df=16$ ) mit Informationen zu Beacons besetzt waren.

Zur Beurteilung der diagnostischen Qualität wurden zwei Trefferbedingungen in Relation zu den Daten der Verhaltensbeobachtung definiert.

Das erste Maß (im Folgenden Gesamtzeit) bezieht sich auf die Fähigkeit des Instruments, eine durch Beobachtung festgestellte Aktivität, etwa einen Aufenthalt im Lager, genauso lange zu erfassen, wie sie tatsächlich zeitlich dimensioniert stattfindet. Anders ausgedrückt, müsste jede Sekunde, in der die Aktivität stattfindet, durch das Smartphone ein entsprechendes Beacon oder ein Beaconmuster geloggt werden. Diese Maß erfordert eine hohe technische Zuverlässigkeit.

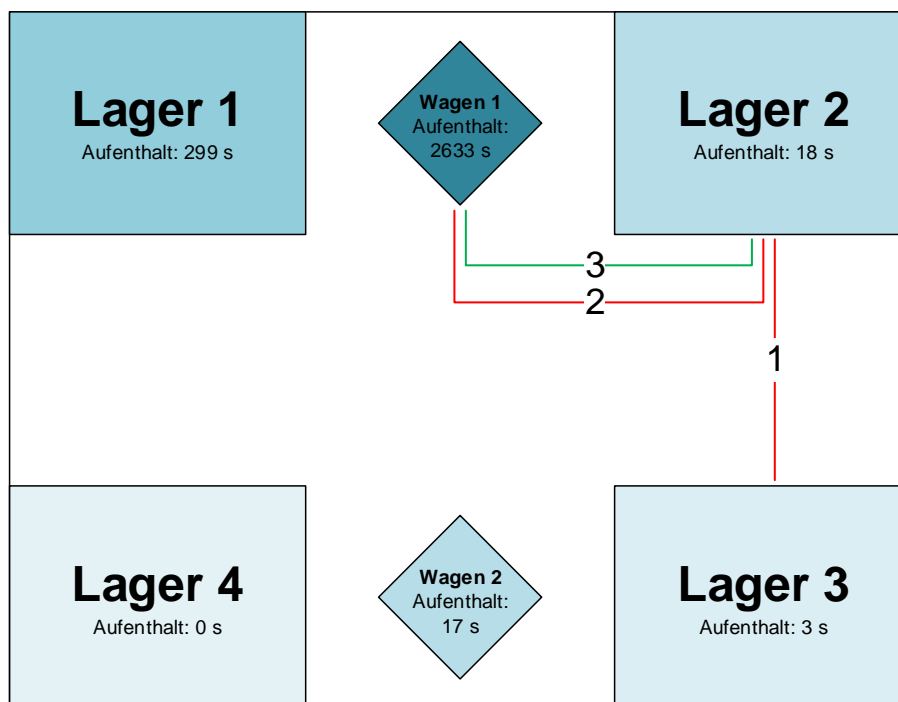
Das zweite Maß (im Folgendem Event) hingegen zeichnet sich durch eine weniger strikte Trefferbedingung aus. Es genügt hierbei, dass eine Aktivität, z.B. in einem Lager, einmal festgestellt wird statt kontinuierlich für jede Sekunde. Dieses Maß erfordert eine deutlich geringere Zuverlässigkeit des technischen Arrangements.

Ist das erste Maß am praxisrelevantesten und liefert den höchsten Informationsgehalt, so kann die Verwendung der Event-Bedingung dann angezeigt sein, wenn Abstriche an der Hardware (z.B. infolge minderwertiger Bluetooth-Sensoren) zu machen sind oder aber bauliche Gegebenheiten störend wirken.

Im Vergleich zur Verhaltensbeobachtung wurde eine globale mittlere Sensitivität von  $.156$  ( $SD=.187$ ) und eine erwartungsgemäß hohen Spezifität von durchschnittlich  $.980$  ( $SD=.018$ ) unter Gesamtzeit-Bedingung bei einem globalen  $\Phi=.19$  ( $df=1$ ,  $p=.000$ ) erreicht. Unter Einsatz der Event-Bedingung verbessert sich die Sensitivität auf durchschnittlich  $.511$  ( $SD=.422$ ; Spezifität= $.980$ ,  $SD=.018$ ) bei einem globalen  $\Phi=.06$  ( $df=1$ ,  $p=.000$ ). Dieser Befund deutet an, dass es in der Gesamtzeit-Bedingung relativ häufig zu Datenausfällen gekommen ist.

### 3.2 Places of Interest

Der besondere Mehrwert der Beacons liegt darin, dass die gewonnenen Informationen umgehend automatisiert algorithmisch weiterverarbeitet werden können. Eine exemplarisch aus einer relativ vollständigen Messreihe der Untersuchung erstellte Places-of-Interest Map gibt einen Ausblick auf das immanente Potential (Abb.1). Hier ist zu erkennen, welche Wege wie oft von einem Lager heraus und in ein Lager hinein getätigt werden, wie lange der Aufenthalt dort ist und wie hoch er relativ zu allen anderen Places of Interest ausfällt. Über solche Maps lassen sich alle Wege von einzelnen Pflegekräften erfassen und in einer Art Spaghettidiagramm grafisch veranschaulichen. Diese Maps dienen nach Einführung des Serviceroboters dann zur Erfassung von Entlastungen nach Einführung des intelligenten Pflegewagens.



**Abbildung 1:** Places-of-Interest Map. Zeigt die Häufigkeit der fortführenden Wege (rot) von und hinführenden Wege (grün) ins Lager 2 auf. Die Farbintensität (türkis) ist direkt proportional zu der prozentualen Aufenthaltsdauer am Beacon.

## 4. Diskussion

Die Handhabung des vorgestellten Systems erwies sich als äußerst praxistauglich, da die eigentlichen Arbeitsprozesse nicht durch die Erhebungen unterbrochen wurden. Die Beacons selbst konnten nach einer kurzen Vortestphase problemlos an ihren Bestimmungsorten wartungsfrei verweilen.

Des Weiteren zeigte sich, dass sich durch Anwendung der Event-Bedingung die Sensitivität ohne nennenswerte Veränderung der Spezifität erhöhen lässt, allerdings nur unter Hinnahme von erheblichen Informationsverlusten. Diese können so weit gehen, dass es kaum mehr möglich ist, eine vollständige Places-of-Interest Map zu erstellen, da z.B. die Aufenthaltsdauer nicht mehr verlässlich erfasst wird.

Die festgestellten Hinweise auf eine geringe Validität liegen nicht in den Beacons selbst begründet, sondern vor allem an den verwendeten Empfangsgeräten. Zwar handelt es sich bei iBeacons um einen Standard, dieser beschreibt jedoch nur die Mindestanforderungen an Hardwarespezifikationen (z.B. Bluetooth 4.0). Die Qualität der entsprechenden Funkmodule ist dabei nicht festgelegt und unterscheidet sich mitunter erheblich (Warriach & Witte 2008). Vor diesem Hintergrund ist zu erwarten, dass sich die ermittelten Kennwerte durch den Einsatz leistungsfähigerer Hardware verbessern lassen.

## 5. Ausblick des Einsatzes von Beacons am Arbeitsplatz

Ziel der vorgestellten Erhebung war es, eine neuartige Möglichkeit zu erproben, menschliches Arbeitshandeln auf einem objektiven Weg, ergänzend zu Fragebögen und als Alternative zu Verhaltensbeobachtung, erfassen zu können.

Mit dem hier dargestellten Feldversuch wurden wichtige Erfahrungen für den Praxiseinsatz der Beacon-Technologie gewonnen. So rückte neben dem Aspekt der Empfangsmodule auch die starke Beeinflussung des Funksignals durch Wände in Innenräumen in den Fokus, die sich allerdings durch eine verbesserte Positionierung der Beacons weitestgehend eliminieren lässt. Damit gilt diese Restriktion jedoch weiterhin für die Entwicklung eines koordinatenbasierten Indoor-Navigationssystems, welches dann respektive mehr Sendeeinheiten zum Ausgleich benötigen würde. Als problematisch erwies sich die nicht immer dem vorgegebenen Standard entsprechende Unterbringung der Smartphones in der Dienstkleidung.

Weiterhin zeichnet sich ein wesentlicher Vorteil der Beaconlösung darin ab, dass sich auch ohne großen Aufwand dynamische Objekte, wie ein mobiler Pflegewagen, erfassen lassen. Dieser Aspekt scheint insbesondere für Branchen interessant zu sein, die die Verwendung mobiler Geräte, etwa Maschinen auf Großbaustellen oder Medizintechnik im Krankenhaus in Echtzeit registrieren wollen, sei es um deren Einsatz besser planen oder Arbeitsprozesse besser gestalten zu können.

## 6. Literatur

- Alam M, Pathak N, Roy N (2015) MoBeacon: an iBeacon-assisted smartphone-based real time activity recognition framework. In Proceedings of the 12th international conference on mobile and ubiquitous systems: computing, networking and services.
- Brock H (2015) Vom Mono- zum Multichannel-Management - Nur wer die Vergangenheit kennt, kann die Zukunft erfolgreich gestalten. In: Brock & Bieberstein (Hrsg.): Multi- und Omnichannel-Management in Banken und Sparkassen, Wiesbaden.
- Eggert C (2014) Wenn das Smartphone das perfekte Date organisiert. Accessed December 08, 2015. [http://www.huffingtonpost.de/christian-eggert/smartphone-perfektes-date-organisiert\\_b\\_5502080.html](http://www.huffingtonpost.de/christian-eggert/smartphone-perfektes-date-organisiert_b_5502080.html).
- Hamblen M (2015) Oklahoma Sooners use Beacons, sensors to find rooms on massive campus. Accessed December 11, 2015. <http://www.mis-asia.com/tech/networking/oklahoma-sooners-use-Beacons-sensors-to-find-rooms-on-massive-campus/>.
- Roy N, Misra A, Cook D (2015) Ambient and smartphone sensor assisted ADL recognition in multi-inhabitant smart environments. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* 6: 1-19.
- Warriach, EU, Witte, S (2008). Approach for performance investigation of different Bluetooth modules and communication modes. In *Emerging Technologies, 2008. ICET 2008. 4th International Conference on* (pp. 167-171). IEEE.
- Yang J, Wang Z, Zhang X (2015) An iBeacon-based Indoor Positioning Systems for Hospitals. *International Journal of Smart Home* 9: 161-168.

Das Projekt "Servicerobotik zur Unterstützung bei personenbezogenen Dienstleistungen" wird im Rahmen des Förderprogramms "Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen" unter dem Förderkennzeichen 01fG14013D vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.