

Mit IoT-Sensorik zu einem innovativen Besucherinformationssystem 2.0

Ein nachhaltiger und übertragbarer Prototyp der Hochschule Mainz

Dominik Visca, Max Hoppe, Pascal Neis

Hochschule Mainz – Fachbereich Technik,
Fachrichtung Geoinformatik und Vermessung
dominik.visca@hs-mainz.de

Abstract. Mittels der Nutzung vernetzter IoT-Sensoren (Internet der Dinge) wird in diesem Beitrag die Konzeption und Umsetzung eines Besucherinformationssystems als nachhaltiger und übertragbarer Prototyp aufgezeigt. Sogenannte „Wearables“ (z. B. Smartwatch oder Fitnessarmband) können neben etablierten Geräten wie Smartphone und Tablet genutzt werden, um feingranulare, aber datenschutzkonforme Positionsdaten zu ermitteln. Die Kommunikation erfolgt über Bluetooth oder WLAN. Für die Erfassung gesendeter Datenpakete werden Single-Board-Computer (SBC) eingesetzt. Die Datenhaltung bzw. die Speicherung der Messwerte der einzelnen Sensoren erfolgt über die OGC SensorThings API. Messwerte und Analyseergebnisse werden schlussendlich in einem Web-Dashboard zusammengeführt.

1 Einleitung

Informationen über aktuelle Besucherzahlen und Bewegungsströme in öffentlichen Gebäuden, beispielsweise Verwaltungs- oder Schulgebäude, haben mit der COVID-19-Pandemie stark an Bedeutung gewonnen. Gerade für größere Gebäude ist ein Monitoring mittels Besucherkontrollen an Gebäudeeingängen jedoch unzureichend, um aussagekräftige Informationen über die Verteilung der Besucher zu erhalten. Eine Umsetzung durch flächendeckenden Kameraeinsatz wird nicht nur wegen des hohen technischen Aufwands, sondern auch wegen Akzeptanzproblemen und etwaigen Verletzungen der Persönlichkeitsrechte als nicht zielführend angesehen.

Für das hier vorgestellte Besucherinformationssystem wird ein gänzlich anderer Ansatz verfolgt. Basierend auf der Nutzung vernetzter IoT-Sensoren (Internet der Dinge) werden Konzepte der Smart City und des Smart Campus aufgegriffen. Während der Urbanisierungsprozess dazu führt, dass große Bevölkerungsgruppen in wachsenden Ballungsräumen zusammenkommen, in denen eine intelligente Steuerung von Problemen wie Verkehr und Mobilität, Umweltverschmutzung, Energieversorgung oder Abfall- und Sicherheitsmanagement benötigt wird, können öffentliche Gebäude bzw. ein Campus als Miniaturversion einer Smart City verstanden werden. Diese bringt hinsichtlich der Integration von Technologie und Kommunikation neue Möglichkeiten, aber auch Herausforderungen mit sich (Bruneo et al., 2018).

Um feingranulare, aber datenschutzkonforme Positionsdaten für ein Besucherinformationssystem zu ermitteln, werden neben etablierten Geräten wie Smartphone oder Tablet inzwischen sogenannte „Wearables“ (z. B. Smartwatch, Fitnessarmband, Bluetooth-Kopfhörer) genutzt. Diese sind in der Lage, durch standardisierte Informationstechniken miteinander zu kommunizieren und Informationen auszutauschen und bieten dabei nicht selten einen enormen, aber oft auch ungenutzten Datenschatz.

2 Sensoren zur Erfassung von Personen

Für die Ermittlung der Anzahl von Personen an einem bestimmten Punkt in einem Gebäude (z. B. Eingang), in einem Raum oder Bereich (z. B. Flur) existieren verschiedene Verfahren. Wahl et al. (2012) und Tsou et al. (2020) verwendeten PIR-Sensoren (passives Infrarotlicht) bzw. Bewegungsmelder zum Zählen von Personen bzw. zum Detektieren von Besucherströmen in Gebäuden. Sollte aber keine ausreichende Anzahl an Bewegungsmeldern vorliegen, wird dieses Verfahren zur Schätzung der Personenanzahl keine verlässlichen Ergebnisse liefern.

Die bereits genannten Smartphones und Wearables kommunizieren hingegen über Bluetooth oder WLAN miteinander oder mit verfügbaren WLAN-Access-Points und senden dabei Datenpakete in ihr Umfeld. Diese Datenpakete können umgekehrt aber auch zur Erfassung von Personen im Umfeld verwendet werden. Bei der erfassten Kommunikation mit den Geräten im Umfeld spielt die Empfangsfeldstärke bzw. der RSSI-Indikator (Received Signal Strength Indicator) eine essenzielle Rolle. Narvaez und Guerra (2021) haben beispielsweise bereits gezeigt, dass dieser zur Einhaltung der Sicherheitsabstände prinzipiell verwendet werden kann. Über den RSSI-Wert können Rückschlüsse auf die Entfernung

zwischen Sender und Empfänger gezogen werden. In Kombination lassen sich Bluetooth und WLAN auch zur Lokalisierung von Personen verwenden (Spachos & Plataniotis, 2020; Wang et al., 2013; Yang & Shao, 2015).

Für die Erfassung der erwähnten Datenpakete können Single-Board-Computer (SBC) mit bereits vorhandenen oder erweiternden Low-Cost-Sensoren eingesetzt werden. In dem hier beschriebenen Informationssystem kommt als SBC ein Raspberry Pi 4 Modell B mit 8 GB RAM zum Einsatz. Bei den Sensoren handelt es sich zum einen um die bereits verbauten WLAN- und BLE-Module (Wireless Local Area Network und Bluetooth) sowie als Erweiterung um einen PIR-Sensor-Bewegungsmelder sowie einen zweiten WLAN-Adapter. Ein WLAN-Adapter wird für die Kommunikation mit der Datenhaltungsschicht benötigt, der zweite Adapter wird in den Monitor-Modus versetzt. Zusätzlich berücksichtigt die eingesetzte Sensorik auch Informationen, die durch das Gebäude-WLAN bzw. durch dessen Controller-Schicht geliefert werden.

3 Prototyp vom Besucherinformationssystem

Das prototypisch entwickelte Besucherinformationssystem besteht grundlegend aus drei Komponenten: Client, Web-Service(s) und Sensoren. Die folgende Abbildung 1 zeigt die Architektur im Detail mit ihren einzelnen Bestandteilen. Die eingesetzten Sensoren sind entweder die beschriebenen SBC oder die Controller-Schicht des Gebäude-WLANs, das Auskünfte über verbundene und eingeloggte Geräte pro Access-Point liefern. An der Hochschule Mainz mit den beiden Standorten und einem externen Gebäude stehen insgesamt knapp über 180 Access-Points für den Innen- und Außenbereich zur Verfügung.

Die Datenhaltung bzw. die Speicherung der Messwerte der einzelnen Sensoren erfolgt über die OGC SensorThings API (2016). Als Implementierung des Standards kommt der vom Fraunhofer IOSB frei verfügbare FROST-Server zum Einsatz. Die im Web-Dashboard benötigten Hintergrundkarten der Gebäude, Stockwerke bzw. Räume werden gemäß der OGC Web Map Service- (2006) und OGC Web Feature Service-Spezifikationen (2010) eingebunden. Als Implementierung kommt der frei verfügbare GeoServer der gemeinnützigen Open Source Geospatial Foundation-Organisation (OSGeo) zur Verwendung. Die verwendeten Geodaten stammen zum einen aus dem OpenStreetMap-Projekt und wurden zum anderen durch eigene Grundriss- und Stockwerkspläne der Hochschule erweitert.

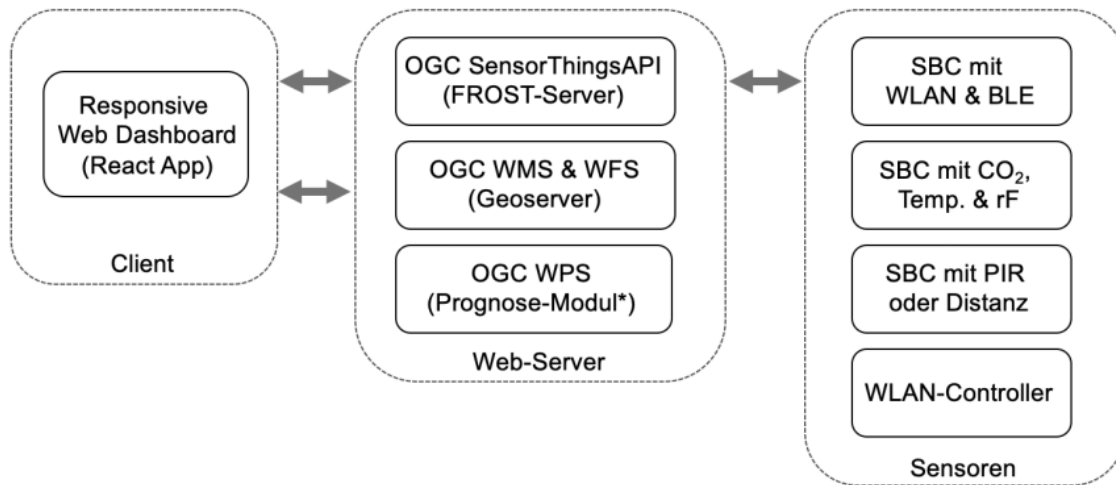


Abbildung 1: Architektur vom Besucherinformationssystem

Das Informationssystem ist weiterhin so konzipiert, dass auf Basis der unterschiedlich erfassten Messwerte das notwendige Wissen generiert wird, um zukünftige Aussagen über Besucherzahlen und -verteilung sowie Bewegungsströme ermitteln zu können. Dies soll im noch nicht final abgeschlossenen Prognose-Modul (siehe Abbildung 1) umgesetzt werden. Geplant ist dabei über die OGC-Web-Processing-Spezifikation (2018) einen Prozess zu implementieren, der mittels Machine-Learning-Verfahren aus den Eingangsdaten Muster erkennt, um Rückschlüsse aus der aktuellen auf die zukünftige Gebäudeauslastung zu ziehen. Auf diese Weise lässt sich ein smartes Gebäude- und Besuchermonitoring realisieren.

4 Web-Dashboard

Die erfassten Messwerte der Sensoren und Analyseergebnisse werden in einem Web-Dashboard für den Anwender (z. B. Hochschulleitung oder sich im Gebäude orientierende Studierende) zusammengeführt. Im Gegensatz zu existierenden Systemen können nicht nur statische, sondern auch Echtzeit-Informationen für eines oder mehrere Gebäude präsentiert werden. Neben der Anzahl der sich aktuell in den Gebäuden (bzw. Stockwerke oder Räume) befindenden Personen bietet sich alternativ auch die Visualisierung von Strömen oder Hot Spots von Personen im Gebäude an. Besucher können somit bereits im Vorfeld Informationen über Gebäude- oder Raumauslastung abrufen oder ggf. im Falle einer Überschreitung der maximalen Personenanzahl automatisiert benachrichtigt werden, vorausgesetzt es liegt die Integration in die bestehenden Systeme vor.

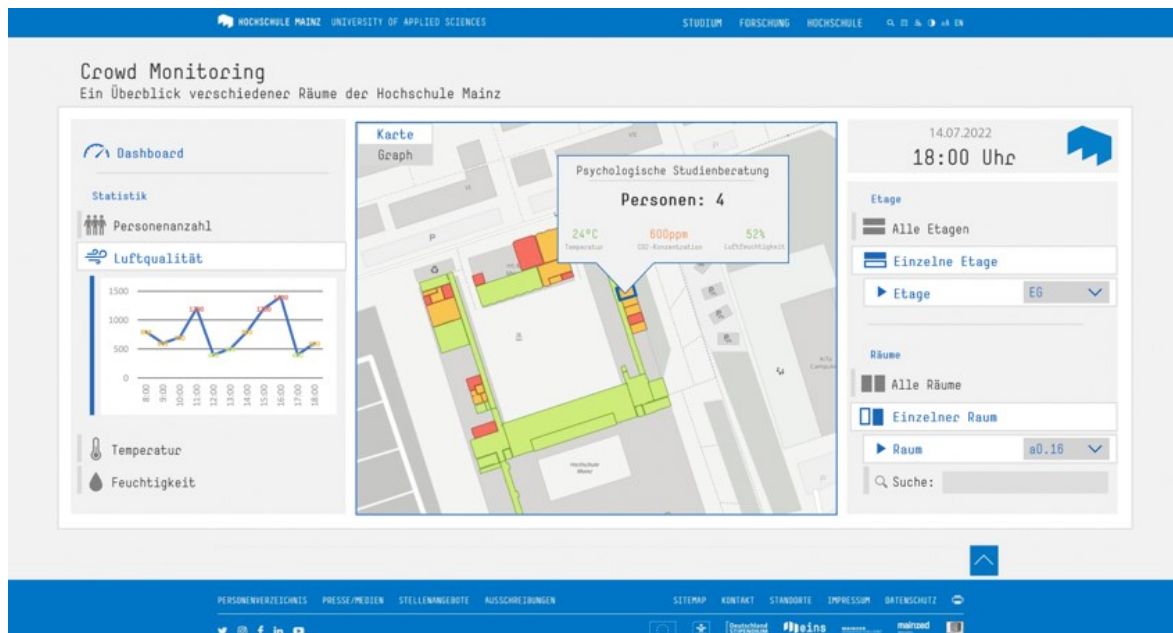


Abbildung 2: Web-Dashboard vom Besucherinformationssystem

5 Zusammenfassung und Ausblick

Um die Nachhaltigkeit des vorgestellten Prototyps aus technologischer Sicht zu sichern, erfolgte die Umsetzung unter Verwendung von Open Source-Software, Open Data und offenen Standards und Datenformaten. Dadurch ist ein modulares und quelloffenes Besucherinformationssystem entstanden, das von anderen Hochschulen, kleinen und mittleren Unternehmen oder öffentlichen Institutionen wiederverwendet und individuell angepasst werden kann. Eine technologische Übertragbarkeit ist somit vergleichsweise einfach ermöglicht. Durch zusätzliche Low-Cost-Sensoren könnte das System mit weiteren Metriken wie Luftqualität oder Temperatur ergänzt werden. Das erlaubt beispielsweise das Monitoring von Hygienekonzepten, liefert aber auch für andere Fragestellungen relevante Informationen.

Die hier aufgezeigte Umsetzung soll zudem im Hinblick auf die erwartbare Vervielfachung von Sensoren, Geräten und Terminals zur Diskussion über Subkomponente eines Smart Campus beitragen. Mit Blick auf künftige Entwicklungen lässt sich festhalten, dass die Möglichkeit, intelligente Technologien mit physischen Infrastrukturen zu kombinieren, um Dienstleistungen, Entscheidungsfindung und Effizienz von öffentlichen Gebäuden zu verbessern, ein aufstrebender Trend ist (Min-Allah & Alrashed, 2020). Dabei wird sich der Über-

gang zum integrierten digitalen Gebäude bzw. Campus stark auf ICT- und IoT-Infrastrukturen stützen.

Danksagung

Die Arbeiten für diesen Artikel entstanden im Rahmen des Forschungsprojektes „KI-gestütztes Gebäudemonitoring für das Besuchermanagement – Ein Beitrag für das sichere Miteinander an Hochschulen in Zeiten der COVID19- Pandemie (GEMEINSAM)“, das durch das Ministerium für Wissenschaft und Gesundheit des Landes Rheinland-Pfalz gefördert wird.

Literatur

- Bruneo, D., Distefano, S., Giacobbe, M., Minnolo, A.L., Longo, F., Merlino, G., Mulfari, D., Panarello, A., Patanè, G., Puliafito, A., Puliafito, C. & Tapas, N. (2019): An IoT service ecosystem for Smart Cities: The #SmartME project. *Internet Things*, 5, S. 12-33.
- Min-Allah, N. & Alrashed, S. (2020): Smart campus-A sketch. *Sustainable cities and society*, 59, 102231. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102231>.
- Narvaez, A. A. & Guerra, J. G. (2021): Received signal strength indication – based COVID-19 mobile application to comply with social distancing using bluetooth signals from smartphones. *Data Science for COVID-19: Elsevier*, S. 483–501.
- OGC SensorThingsAPI (2016): Open Geospatial Consortium SensorThings API Part 1: Sensing Implementation Standard Version: 1.0.
- OGC Web Feature Service (2010): Open Geospatial Consortium Web Feature Service 2.0 Interface Standard Version 2.0.0.
- OGC Web Map Service (2006): Open Geospatial Consortium Web Map Service (WMS) Implementation Specification Version 1.3.0.
- OGC Web Processing Service (2018): Open Geospatial Consortium WPS 2.0 Interface Standard Version 2.0.2.
- Spachos, P. & Plataniotis, K. N. (2020): BLE Beacons for Indoor Positioning at an Interactive IoT-Based Smart Museum. *IEEE Systems Journal* 14 (3), S. 3483–3493. DOI: 10.1109/JSYST.2020.2969088.
- Tsou, P.R.; Wu, Ch.; Chen, Y.R.; Ho, Y.T.; Chang, J.K.; Tsai, H.P. (2020): Counting People by Using Convolutional Neural Network and A PIR Array. In: 2020 21st IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM). Versailles, France, 30.06.2020 - 03.07.2020: IEEE, S. 342–347.
- Wahl, F., Milenkovic, M. & Amft, O. (2012): A Distributed PIR-based Approach for Estimating People Count in Office Environments. *IEEE 15th International Conference on Computational Science and Engineering*, S. 640–647.

- Wang, Y., Yang, X., Zhao, Y., Liu, Y. & Cuthbert, L. (2013): Bluetooth positioning using RSSI and triangulation methods. IEEE 10th Consumer Communications and Networking Conference, S. 837–842.
- Yang, C. & Shao, H. (2015): WiFi-based indoor positioning. IEEE Commun. Mag. 53 (3), S. 150–157. DOI: 10.1109/mcom.2015.7060497.