

# Auswertung von Besucherbewegungen in Museen mittels RFID

Thomas Kälin, Lothar Müller  
Institut für Software (IFS)  
HSR Hochschule für Technik Rapperswil  
CH-8640 Rapperswil  
{thomas.kaelin, lothar.mueller}@hsr.ch

## Abstract

Die Erfassung und Auswertung des Besucherverhaltens ist für Museen mit einem großem Aufwand und hohen Kosten verbunden. In diesem Artikel wird eine auf aktivem RFID basierende Alternative zu den traditionellen Erfassungsmethoden vorgestellt. Die Museumsbesucher erhalten beim Betreten der Ausstellung einen RFID-Transponder, welcher in regelmäßigen Intervallen seine Kennung aussendet. Im Museum verteilte RFID-Reader empfangen die Kennungen und speichern sie auf einem zentralen Server ab. Zwei dafür entwickelte Programme sorgen für die grafische Aufbereitung der Daten. Das komplette System wurde in diesem Frühjahr einem ersten Praxistest unterzogen. Mittels der in diesem Testlauf gesammelten Daten werden verschiedene grafische Auswertungsmöglichkeiten präsentiert.

# 1 Einleitung

Für Museen ist die Erfassung und Auswertung von Besucherdaten fester Bestandteil des Arbeitsalltags. Einige statistische Besucherdaten können mit traditionellen Methoden, z.B. der Auswertung von Ticketverkäufen, auf einfache Art und Weise erhoben werden. Schwieriger zu ermitteln sind Informationen zu Qualität und Wirkung der Ausstellung sowie zum Verhalten der Besucher im Museum: hier kommen vorwiegend Verfahren zum Einsatz, welche einen hohen personellen und finanziellen Aufwand verursachen (Fragebögen, Interviews und Beobachtungen) [Käli09][Nosc03][Lörw01].

Aufgrund dieses hohen Aufwands ist es nicht verwunderlich, dass sich in einer im Herbst 2008 bei 15 Schweizer Museen durchgeführten Befragung nur ein Museum fand, welches Daten über das Verhalten der Besucher innerhalb der Ausstellung erfasst (siehe Abbildung 1) [Käli09]. Ein Grossteil der Befragten wies allerdings darauf hin, dass sie z.B. zur Optimierung der Ausstellung gerne mehr Daten dieser Art besitzen würden.

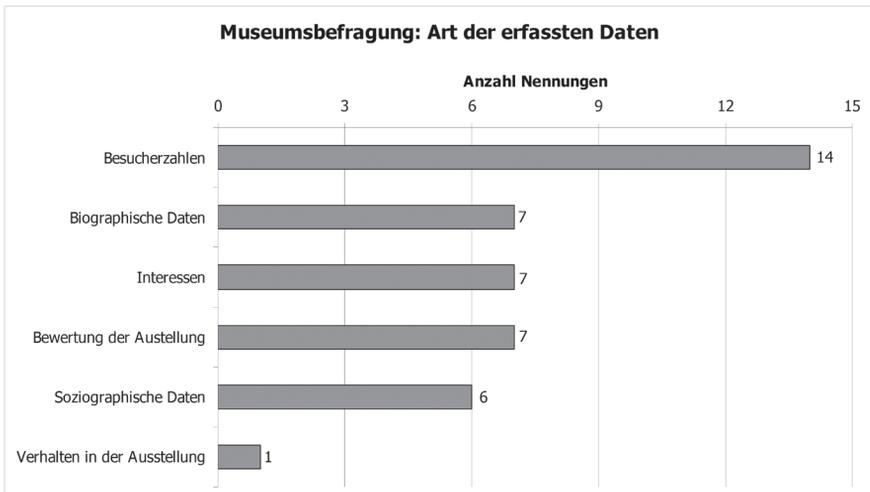


Abbildung 1: Art und Häufigkeit der erfassten Daten in Museen [Käli09]

## 2 Erfassung von Besucherbewegungen mittels RFID

Eine Alternative zu den traditionellen Erfassungsmethoden wird in diesem Artikel vorgestellt. Ziel ist die Reduzierung des manuellen Erfassungs- und Auswertungsaufwandes für die Mitarbeiter des Museums. Verwendet wird ein aktives RFID-System (Radio Frequency Identification), bestehend aus Transpondern und Readern [EbFe08][FeKä08]. Die RFID-Reader werden im Museum platziert und decken mit ihrem Empfangsbereich jeweils einen bestimmten Bereich des Gebäudes (z.B. einen Raum) ab. Über ein Netzwerk sind sie in der Lage mit einem zentralen Server zu kommunizieren.

Auch andere Systeme verwenden RFID-Technologie zur Positionsbestimmung in Gebäuden. Im jüdischen Museum in Berlin wurden elektronische Handhelds mit RFID-Readern ergänzt. Durch Erkennung von im Museum installierten Transpondern sind die Mobilgeräte in der Lage, dem Anwender den gegenwärtigen Standort mitzuteilen [Meri07].

Neben den oben bereits vorgestellten RFID-Systemen existieren weitere Systeme zur Indoor-Positionsbestimmung. Dabei kommen unterschiedliche Technologien zum Einsatz. „Nibble“ [Cast01] und „RADAR“ [BaPa00] bestimmen die Position anhand standortspezifischer Muster von WLAN-Signalen. Das System „Ubisense“<sup>1</sup> errechnet die Position eines Senders aus Eintrittswinkel und Empfangszeit eines UWB-Signals (Ultra Wide Band). „Active Badge“ [Want92] und „WIPS“ [Sahl00] verwenden Infrarot-, „Active Bat“ [Ward97] und „Cricket“ [Niss00] Ultraschall-Sensoren. Bei „Easy Living“ [Krum00] und „TRIP“ [Lope02] werden Aufnahmen von Kameras ausgewertet und über Bilderkennungsalgorithmen die darauf befindlichen Personen oder Objekte identifiziert.

### 2.1 Datenerfassung

Abbildung 2 zeigt eine Beispielsituation, anhand welcher der Vorgang der Datenerfassung erläutert wird:

(1) Die Besucher erhalten beim Betreten der Ausstellung einen etwa kreditkartengroßen RFID-Transponder. Die Mitarbeiter des Museums können

<sup>1</sup> <http://www.ubisense.de>

zusätzliche Informationen, beispielsweise das Geschlecht oder das Alter des Besuchers, mit dem Transponder verknüpfen. Die Transponder werden nach Beendigung des Rundgangs zurückgegeben.

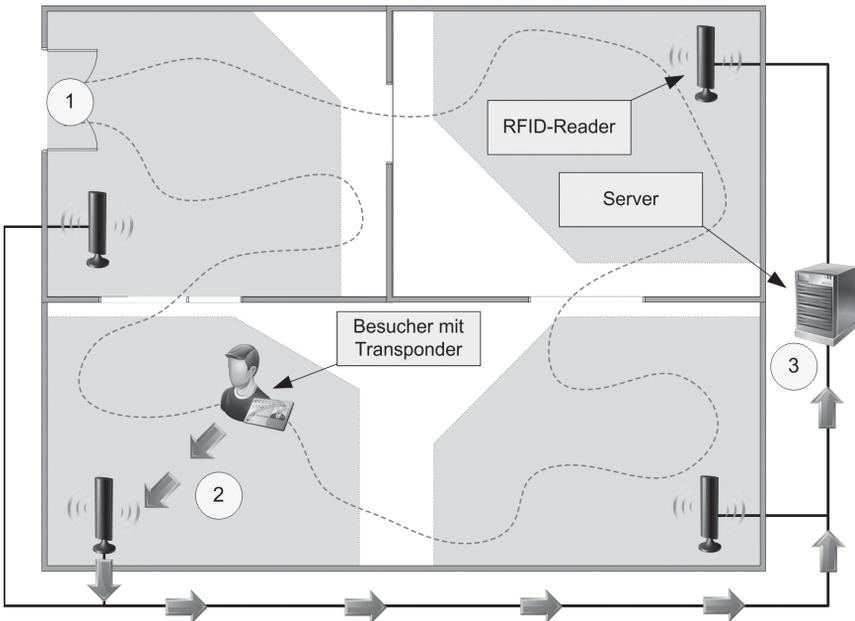


Abbildung 2: Beispielsituation mit den zur Erfassung benötigten Komponenten

(2) Die aktiven Transponder senden regelmäßig (z.B. alle 2 Sekunden) ihre eindeutige Kennung aus. Die Reader empfangen die in ihrem Bereich gefunkten Kennungen und leiten diese Information via kabelgebundenes oder kabelloses Netzwerk an einen zentralen Server weiter.

(3) Eine Software auf dem Server trägt den sendenden Reader, die Kennung des erfassten Transponders und den Zeitpunkt der Erfassung in eine Datenbank ein.

Aufgrund des zellenbasierten Ansatzes lässt sich die Position eines Besuchers nur zellengenau bestimmen. Die Wahl der Standorte und der Größen der Zellen ist somit entscheidend für die Qualität der Auswertung und muss

auf die Bedürfnisse des Museums abgestimmt werden. Die Verwendung von mehr, dafür kleineren Zellen führt zwar zu genaueren Positionsinformationen, bringt allerdings auch höhere Hardwarekosten mit sich. Umgekehrt kann ein Museum mit einigen wenigen großflächigen Zellen kostengünstig abgedeckt werden, worunter jedoch die Ortungsgenauigkeit leidet.

Ein zweiter Faktor neben der Zellgröße ist die Senderate der RFID-Transponder. Ist diese zu tief, kann ein Besucher die Zelle ohne Erfassung durchlaufen. Passiert dieser Vorgang zu häufig, verfälscht dies die Auswertung. Ist die Senderate hingegen zu hoch, so wird der Server mit Erfassungsinformationen überflutet. Als Folge dessen wird die Aufbereitung der Daten aufwendig. Wie die Zellengröße muss auch die Senderate der Ausstellung angepasst werden.

## 2.2 Auswertung der Daten

Zur Auswertung der Positionsdaten wurden in der Programmiersprache Java zwei Anwendungen entwickelt [FeKä07][FeKä08]. Die erste dieser beiden Anwendungen ist ein grafischer Editor, welcher die zweidimensionale Modellierung des Museums und der enthaltenen Exponate ermöglicht. Die zweite Software verwendet diese Gebäudeinformationen und kombiniert sie mit den auf dem Server abgelegten Positionserfassungen der Besucher zu verschiedenen Visualisierungen (siehe Abbildung 3).

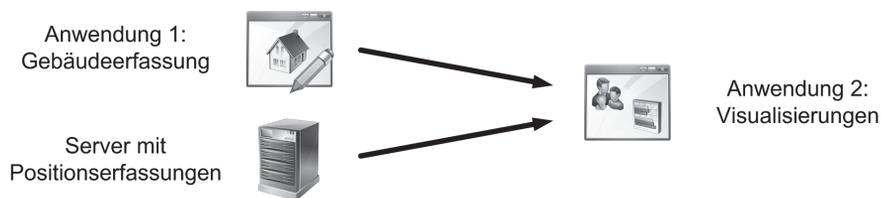


Abbildung 3: Das Zusammenspiel der beiden Anwendungen

Eine bei Besucherforschern und Museumsbetreibern durchgeführte Befragung [Käli09] zeigte, dass die benötigten Auswertungen je nach Museum stark variieren, bzw. aufgrund der Neuartigkeit des Systems noch nicht abschließend definiert werden können. Die entwickelten Visualisierungen sollten deshalb hauptsächlich verschiedene Auswertungsmöglichkeiten demonstrieren und so als Ideenlieferant für die Entwicklung weiterer grafischer Darstellungen in

Zusammenarbeit mit Museen dienen. Beispiele vorhandener Visualisierungen sind:

- Messung der Besucherfrequenzen pro Raum / Zelle
- Auslastung eines Raumes / einer Zelle
- Besuchshäufigkeit eines Raumes / einer Zelle
- Durchschnittliche Verweildauer pro Raum / Zelle
- Altersverteilung der Besucher pro Raum / Zelle
- Rekonstruktion von Besucherwegen
- Besucherzahlen im gesamten Museum über mehrere Tage hinweg

### 3 Feldtest im Naturama

#### 3.1 Das Naturama

Im Frühjahr 2009 wurde ein Prototyp des Systems im Naturama<sup>2</sup> (Aarau, Schweiz) einem ersten Praxistest unterzogen [KoRo09a]. Das dreistöckige Naturkundemuseum zählt mit knapp 50.000 Besuchern jährlich zu den größten und modernsten Museen seiner Art in der Schweiz.



Abbildung 4: Das Naturkundemuseum „Naturama“, Quelle: <http://www.naturama.ch>

<sup>2</sup> <http://www.naturama.ch>

### 3.2 Verwendete Hardware

Für den Feldtest wurden 18 Reader und 50 Transponder des aktiven RFID-Systems „ZoMoFi“<sup>3</sup> der Firma Albis Technologies AG<sup>4</sup> verwendet. Die Reader wurden gemäß Wunsch der Kuratorin so platziert, dass sie sich außerhalb des Blickfelds der Besucher befinden und die Wirkung der Ausstellung nicht negativ beeinflussen. Die Geräte wurden deshalb bevorzugt an der Decke und innerhalb von Exponaten angebracht (Abbildung 5, Links). Um die Besucher bei ihrem Rundgang durch das Museum nicht durch den Transponder zu behindern, konnten diese mittels Band um den Hals getragen werden (Abbildung 5, Mitte). Die Abgabe und Rücknahme der Transponder erfolgte durch das Verkaufspersonal an der Kasse. Die Verwendung eines Barcode-Lesegerätes (Abbildung 5, Rechts) ermöglichte die Zuweisung von Zusatzinformationen zu einem Besucher (Geschlecht und Altersgruppe).

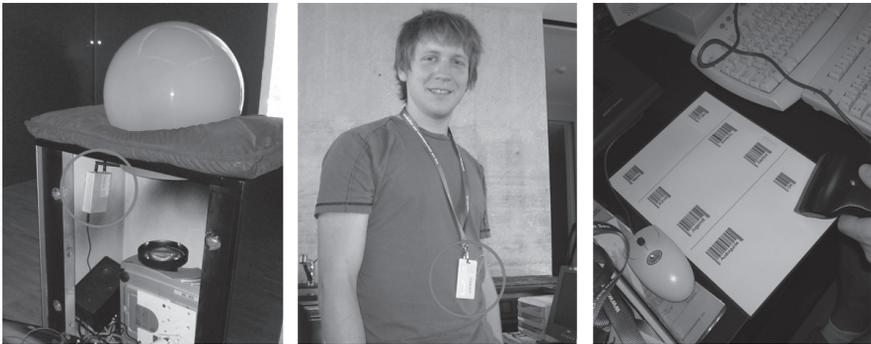


Abbildung 5: Von links nach rechts: Installation eines RFID-Readers in einem Exponat, Besucher mit umgehängtem Transponder, Erfassung eines Besuchers mittels Barcode an der Kasse [KoRo09a]

### 3.3 Ergebnisse des Feldtests

Zwischen dem 22. April und 01. Juni 2009 wurden in vier Etappen die Daten von insgesamt 454 Besuchern gesammelt. Die nachfolgenden Visualisierungen sind der zweiten Phase des Feldtests entnommen, welche während 18 Tagen mit 127 Testpersonen durchgeführt wurde. Abbildung 6 zeigt die

3 [http://www.albistechnologies.com/products/zone\\_monitoring/index.php](http://www.albistechnologies.com/products/zone_monitoring/index.php)

4 <http://www.albistechnologies.com>

Verteilung der Besucher, welche einen Transponder erhielten, nach Tag und Geschlecht. Im Rahmen des Feldtests war dem Kassenspersonal die Ausgabe der Transponder freigestellt, daher lässt das Diagramm keine Rückschlüsse auf die tatsächlichen Besucherzahlen zu, was bei einer systematischen Ausgabe im produktiven Einsatz möglich wäre.

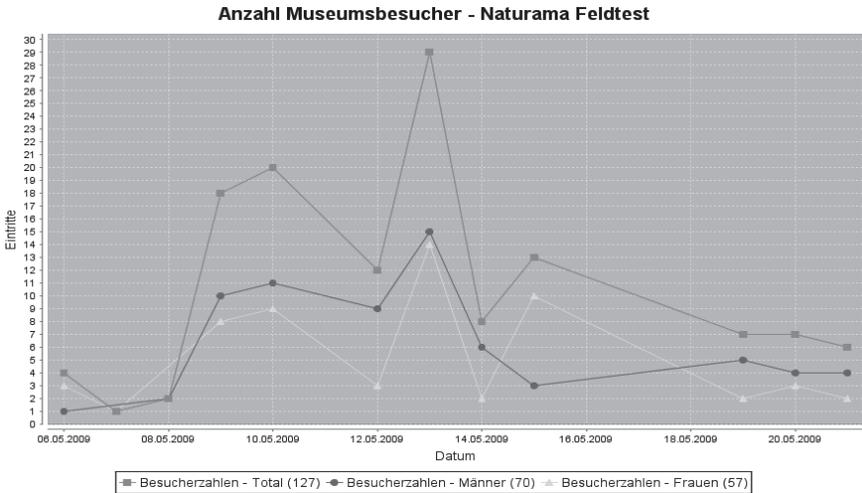


Abbildung 6: Verteilung der Besucher nach Tag und Geschlecht [KoRo09b]

Abbildung 7 zeigt die Besucherzahlen pro Raum mittels Kreisen in verschiedenen Farben und Größen. Rote Farbtöne und große Kreise weisen auf ein hohes, grüne Farbtöne und kleine Kreise auf ein tiefes Besucheraufkommen hin. Im Raum mit der Markierung 1 befindet sich die Sonderausstellung mit wechselnden Themen. Aufgrund der vielen Besucher (roter Kreis, 117 von 127 Besuchern) lässt sich folgern, dass sich ein Grossteil der Besucher für die Sonderausstellung interessierte. Raum 2 (dunkelgrüner Kreis, 26 Besucher) ist hingegen schlecht frequentiert, was an den darin enthaltenen Objekten oder an seiner Lage liegen könnte.

Dieselben Daten in anderer Form zeigt Abbildung 8: diese Visualisierung zeigt mittels verschiedener Farbtöne die prozentuale Besuchshäufigkeit eines Raumes. Rote Farbtöne weisen auf eine hohe, grüne Farbtöne auf eine tiefe Besuchshäufigkeit hin. Es bestätigt sich, dass die Sonderausstellung (Raum 1) am meisten besucht wurde.

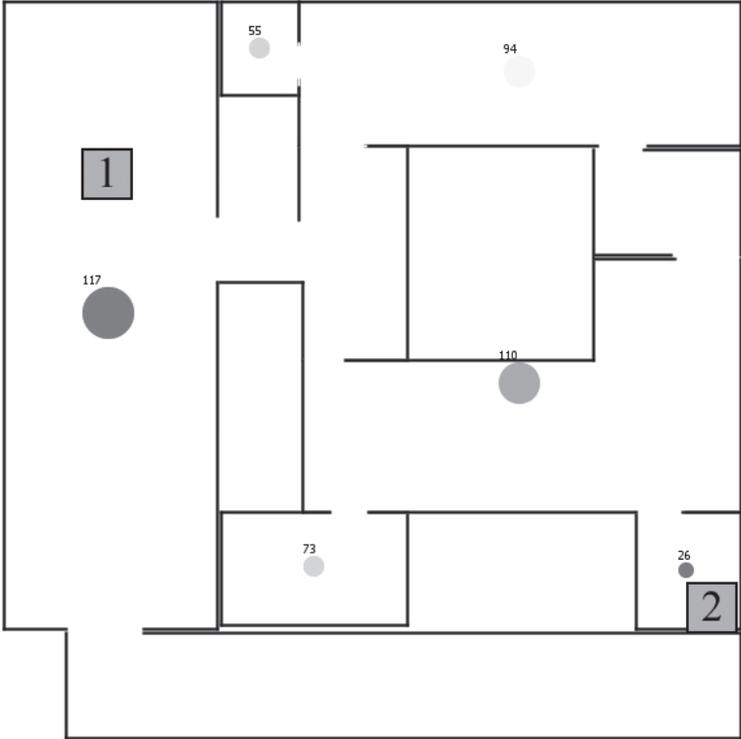


Abbildung 7: Besucherzahlen pro Raum [KoRo09b]

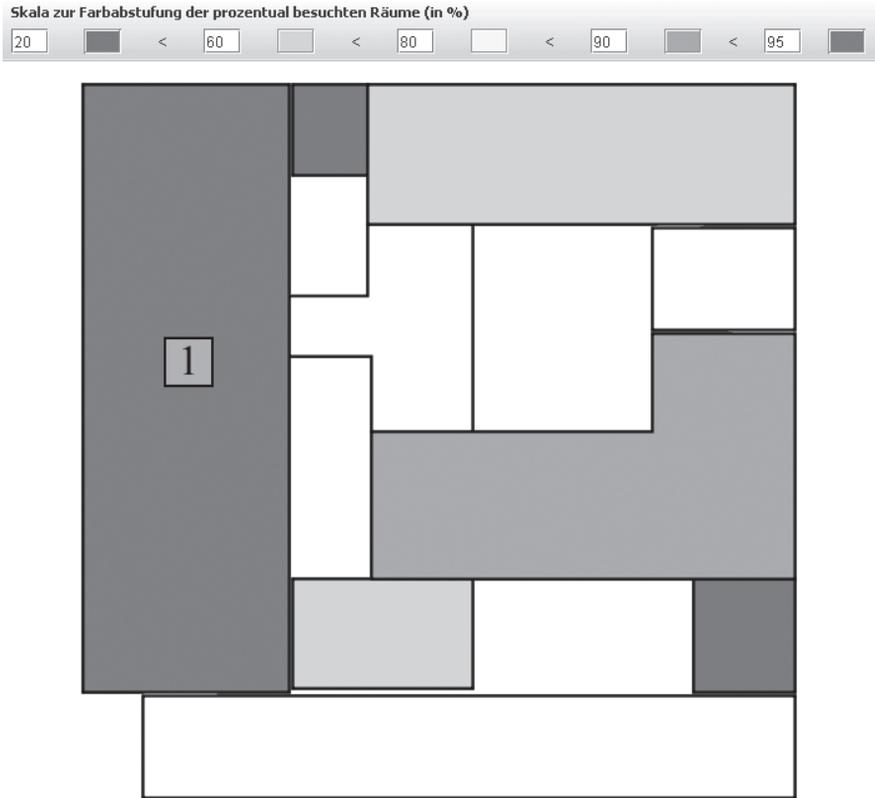


Abbildung 8: Prozentuale Besuchshäufigkeit pro Raum [KoRo09b]

Abbildung 9 stellt mittels variierenden Farbtönen die durchschnittliche Verweildauer in einem Raum dar. Es gilt: je röter ein Farbton, desto länger die durchschnittliche Verweildauer der Besucher. Die Spanne reicht von 1 (dunkelgrün) bis über 15 Minuten (rot). Nicht überraschend verbringen die Besucher in der Sonderausstellung (Raum 1) viel Zeit. Interessant ist das Ergebnis in Raum 3: dieser wies in den Abbildungen 7 und 8 nur durchschnittliche Besuchsfrequenzen auf, zeigt hier aber hohe Verweilzeiten. Dies liefert einen Hinweis darauf, dass die darin enthaltenen Objekte die Besucher während längerer Zeit fesseln, aber vermutlich aufgrund der Lage in einem Seitenraum zu wenig zur Geltung kommen. Hier könnte eine Neupositionierung der Exponate oder eine verbesserte Wegführung durch die Ausstellung Abhilfe schaffen.

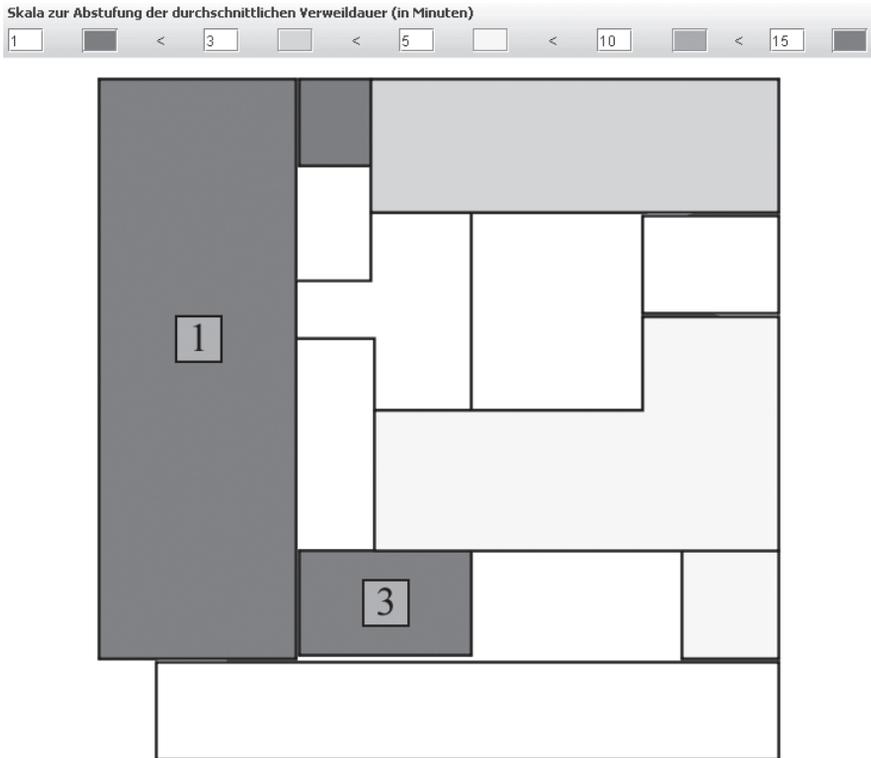


Abbildung 9: Durchschnittliche Verweildauer pro Raum [KoRo09b]

Die Visualisierungen in den Abbildungen 7 bis 9 liefern jeweils Auswertungen auf Stufe „Raum“. Dazu werden die Erfassungsdaten aller Reader innerhalb eines Raumes aufsummiert. Es ist auch möglich, Auswertungen auf anderen Stufen, z.B. pro Zelle oder Etage, zu erstellen, je nach Bedürfnissen des Museums.

Die bisher gezeigten Visualisierungen bezogen sich auf alle Besucher. Unter Umständen ist aber auch die Analyse des Verhaltens einzelner Besucher interessant. Die folgende Visualisierung rekonstruiert anhand der aufgezeichneten Positionsinformationen den Weg eines Besuchers durch das Museum (Abbildung 10). Bedingt durch den zellenbasierten Ansatz und die von Readern nicht abgedeckten Bereiche lässt sich der exakte Weg nicht bestimmen. Stattdessen wird als Annäherung an den realen Weg jeweils der kürzestmögliche Weg

zwischen den Zellmittelpunkten berechnet und dargestellt. Die in Kapitel 2.1 erwähnten Hardware-Faktoren haben großen Einfluss auf die Qualität der Auswertung: die Verwendung kleinerer Zellen mit entsprechend höheren Kosten würde eine genauere Rekonstruktion des Weges ermöglichen.

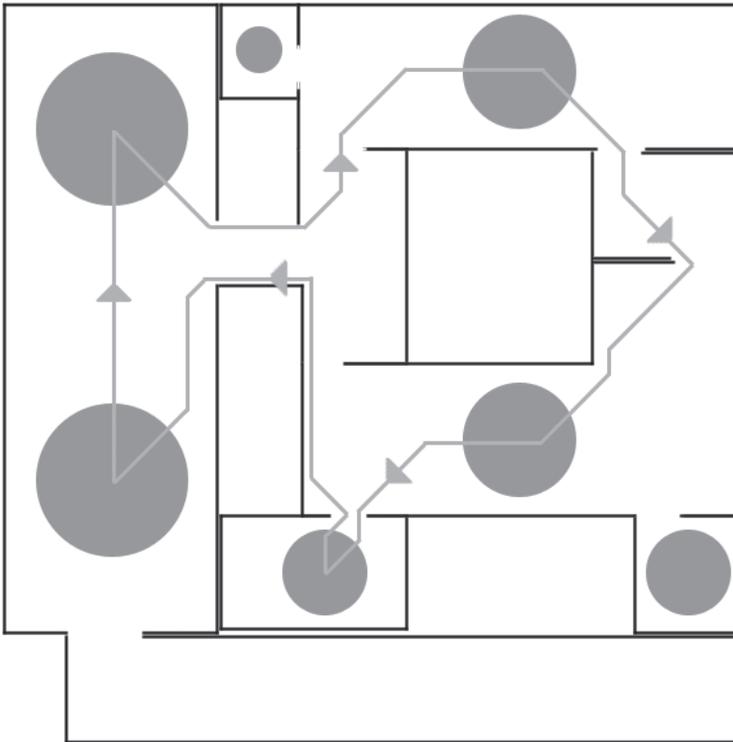


Abbildung 10: Rekonstruktion eines möglichen Besucherweges [KoRo09b]

## 4 Ausblick

Aufbauend auf den Erkenntnissen des Feldtests und der bei Museumsbetreibern durchgeführten Bedürfniserhebung wird der bestehende Prototyp in den nächsten Monaten zu einem Produktivsystem weiterentwickelt werden. Dies geschieht in enger Zusammenarbeit mit den Endanwendern der Software, um diesen einen größtmöglichen Nutzen zu bieten.

## Literaturverzeichnis

- [BaPa00] Bahl, Paramvir; Padmanabhan, Venkata: RADAR – An In-Building RF-based User Location and Tracking System, Microsoft Research 2000
- [Cast01] Catro et al.: A Probabilistic Room Location Service for Wireless Networked Environments, UCLA Department of Computer Science Los Angeles 2001
- [EbFe08] Eberle, Cornel; Federer, Roman: Softwareunterstützung für ein Museum -Aufbau und Erprobung von Systemprototypen, HSR Hochschule für Technik Rapperswil 2008.
- [FeKä07] Ferrari, Fabio; Kälin, Thomas: Softwareunterstützung für ein Museum: Visualisierungen von Besucherbewegungen, HSR Hochschule für Technik Rapperswil 2007.
- [FeKä08] Ferrari, Fabio; Kälin, Thomas: Softwareunterstützung für ein Museum, HSR Hochschule für Technik Rapperswil 2008.
- [Käli09] Kälin, Thomas: Untersuchung des Besucherverhaltens in Museen unter Verwendung von RFID – Bedürfniserhebung, HSR Hochschule für Technik Rapperswil 2009.
- [KoRo09a] Kohler, Andreas; Rotta, Marcantonio: Softwareunterstützung für ein Museum – Feldtest und Erweiterungen, HSR Hochschule für Technik Rapperswil 2009.
- [KoRo09b] Kohler, Andreas; Rotta, Marcantonio: Datenanalyse Naturama, HSR Hochschule für Technik Rapperswil 2009.
- [Krum00] Krumm et al. (2000): Multi-Camera Multi-Person Tracking for Easy Living, Dublin 2000
- [Lope02] Lopez de Ipina et al. (2002): TRIP: A Low-Cost Vision-Based Location System for Ubiquitous Computing, AT&T Laboratories Cambridge 2002
- [Lörw01] Lörwald, Brigitte: Die Entstehung von Technikmuseen seit Beginn der Achtziger Jahre als Folge der Musealisierung von Industrie und Technik, Universität Gesamthochschule Paderborn 2001, S. 233-239
- [Meri07] Meriac et al.: Lokalisierungstechniken für ein mobiles Museumsinformationssystem, Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin 2007
- [Niss00] Nissanka et al.: The Cricket Location-Support System, Boston 2000
- [Nosc03] Annette, Noschka-Roos: Besucherforschung im Museum – Instrumentarien zur Verbesserung der Ausstellungskommunikation, Deutsches Museum München 2003
- [Sahl00] Sahle et al.: WIPS Technical Documentation, 2000

- [Want92] Want et al.: Active Badge Location System, Olivetti Research Ltd. (ORL) Cambridge 1992
- [Ward97] Ward et al.: A New Location Technique for the Active Office, AT&T Laboratories Cambridge 1997