

**Analyse der Indoor Positionierung auf Smartphones:  
Funktionalität und Wirtschaftlichkeit**

**Masterarbeit**

zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science (M.Sc.)“  
im Studiengang Wirtschaftswissenschaft der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der  
Leibniz Universität Hannover

vorgelegt von

Name: Wehmeyer



Vorname: Alexander



Prüfer: Prof. Dr. M. H. Breitner

Ort, Datum: Hannover, 30. September 2014

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>II</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>Anhangsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1. Relevanz und Motivation .....	1
1.2. Zielsetzung und Forschungsfragen .....	2
1.3. Aufbau der Arbeit .....	3
1.4. Methodik der Arbeit .....	4
<b>2. Theoretische Grundlagen und Begrifflichkeiten .....</b>	<b>11</b>
2.1. Indoor Positionierung .....	11
2.2. Indoor Navigation .....	14
2.3. Location-Based Marketing .....	17
2.4. Geofencing .....	21
2.5. Einsatzgebiete und Anwendungsmöglichkeiten .....	22
<b>3. Funktionalität mobiler Technologien zur Positionsbestimmung .....</b>	<b>31</b>
3.1. State of the Art .....	31
3.2. Technische Grundlagen, Funktionalität und Möglichkeiten .....	34
3.2.1. WLAN-Technologie (IEEE 802.11) .....	34
3.2.2. RFID-Technologie .....	38
3.2.3. Bluetooth- und Beacon-Technologie .....	40
<b>4. Erfolgsfaktoren von Systemen der Indoor Positionierung .....</b>	<b>45</b>
4.1. Herleitung der Erfolgsfaktoren .....	45
4.1.1. Hardwareanforderungen .....	47
4.1.2. Datenqualität .....	49

4.1.3. Kosten.....	52
4.1.4. Sicherheit.....	53
4.1.5. Verbreitung.....	55
4.1.6. Akzeptanz.....	55
4.2. Anwendung der Erfolgsfaktoren auf ausgewählte Technologien .....	57
4.2.1. Bewertung der WLAN-Technologie .....	57
4.2.2. Bewertung der RFID-Technologie.....	60
4.2.3. Bewertung der Bluetooth- und Beacon-Technologie.....	63
<b>5. Simulationsstudie: Indoor Positionierung mit Beacon-Technologie in der Gastronomie .....</b>	<b>70</b>
5.1. Aufbau und Szenario des Experiments .....	70
5.2. Auswertung und Ergebnisse .....	80
<b>6. Wirtschaftlichkeitsanalyse und Handlungsempfehlungen .....</b>	<b>83</b>
<b>7. Limitationen .....</b>	<b>88</b>
<b>8. Fazit und Ausblick .....</b>	<b>89</b>
8.1. Zusammenfassung.....	89
8.2. Ausblick.....	92
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>94</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>A1</b>
<b>Ehrenwörtliche Erklärung .....</b>	<b>A8</b>

# **1. Einleitung**

## **1.1. Relevanz und Motivation**

Innerhalb der beiden letzten Dekaden haben die Fortschritte in der Technologie zu einer weltweit verfügbaren Möglichkeit der Positionsbestimmung im Außenbereich geführt (Ruppel, 2011, S. 1). In der heutigen Zeit befindet sich die Menschen jedoch zu fast 90 Prozent ihrer Lebenszeit innerhalb von Räumen (Hänninen, 2007). Ferner werden Informationen über den Aufenthaltsort und die Umgebung von Menschen und Objekten zunehmend in Gebäuden und Räumen benötigt, um Inhalte und Dienste standortbezogen bereit zu stellen (Ruppel, 2011, S. 1). Aufbauend auf diesen Erkenntnissen und den Erfolgen der satelliten-basierten Positionierung im Außenbereich stehen Forschung und Wirtschaft nun vor der Herausforderung der Bereitstellung solcher Dienste für die Anwendung innerhalb von Gebäuden (Mautz, 2012, S. 7). Indoor Positionierung ermöglicht dabei nicht nur die metergenaue Positionierung von Personen, sondern auch die Realisierung neuer mobiler Dienste (Gartner, 2014, o. S.). Zusätzlich eröffnet sie Perspektiven zur Optimierung und Neugestaltung von Prozessen und Abläufen (Stephan et al., 2009, S. 2; Mautz, 2012, S. 7). Benötigt werden dazu jedoch neue Ansätze und Technologien zur Berechnung und Verarbeitung von Positionsangaben (Ruppel, 2011, S. 1). Eine Investition in Indoor Positionierung ist nur dann von Vorteil, wenn die verwendete Technologie einen adäquaten Einsatz erlaubt (Zou et al., 2014, S. 279).

Die Indoor Positionierung wird dabei besonders durch den Einsatz von Smartphones unterstützt. Diese können aufgrund ihrer technischen Möglichkeiten und der Rolle als ständiger Wegbegleiter als ideales Werkzeug zur Standortbestimmung innerhalb von Gebäuden angesehen werden (Oschatz, 2011, S. 3). Daher werden neben angemessenen technischen Lösungen auch mobile Applikationen benötigt, die Indoor Positionierung gestatten (Mautz, 2012, S. 7). Sollten diese Anforderungen erfüllt werden können, wird durch die Positionierung innerhalb von Gebäuden eine neue Generation personalisierter Dienste mit kontextrelevanten Informationen eingeleitet (Gartner, 2014, o. S.). Die Anwendungsmöglichkeiten und Einsatzgebiete sind dabei vielfältig. Die Möglichkeiten reichen von personenbezogenen Diensten wie der Navigation, über organisationsbezogene Dienste zur Steuerung, bis hin zu Anwendungen, die sowohl personen- als auch organisationsübergreifend Informationen austauschen (Ruppel, 2011, S. 1).

Zudem lassen sich neue Potentiale für das Marketing erkennen, da Konsumenten immer öfter erwarten, dass ihnen zu jeder Zeit und an jedem Ort relevante mobile Dienste zur Verfügung gestellt werden, die ihrer jeweiligen Situation entsprechen (Direkt+, 2011b, S. 2). Diese Selbstverständlichkeit der Auswahl und Präsentation von relevanten Informationen lässt vermuten, dass aus dem heutigen Experimentierfeld der Indoor Positionierung bald ein alltäglicher Standard wird (Krisp & Meng, 2013, S. 11). Dementsprechend kann es für Unternehmen als sinnvoll angesehen werden, mobile Dienste der Indoor Positionierung in ihre Strategie zu integrieren.

Obwohl es sich bei der Indoor Positionierung auf Smartphones folglich um ein interessantes Forschungsfeld handelt (Zou et al., 2014, S. 279), wurde diese in bestehender wissenschaftlicher Literatur eher geringfügig erforscht. Ebenfalls erfolgte bisher keine genauere Betrachtung im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit. Es ist daher fraglich, inwieweit Indoor Positionierung heute einen wirtschaftlichen Erfolg für den Massenmarkt erzielen kann (Wirola, Laine & Syrjäreine, 2010, S. 1ff.). Diese Arbeit soll daher aufgrund der bestehenden Forschungslücke einen Beitrag zur Erforschung des Themenbereichs leisten.

## **1.2. Zielsetzung und Forschungsfragen**

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Analyse der Indoor Positionierung auf Smartphones hinsichtlich der Funktionalität und Wirtschaftlichkeit. Dafür werden Funktionen und Dienste und daraus resultierende Anwendungsmöglichkeiten und Einsatzgebiete der Indoor Positionierung identifiziert. Ferner wird der Stand der Technik untersucht, um geeigneter Technologien und Verfahren zur Positionsbestimmung auf Smartphones zu bestimmen. Neben der Untersuchung der Funktionalität ist ein weiteres Ziel die Formulierung von Aussagen über die Wirtschaftlichkeit der Indoor Positionierung. Hier soll eine bestmögliche Einschätzung bezüglich der Praxistauglichkeit erfolgen, um herauszufinden, ob und inwieweit die identifizierten Möglichkeiten wirtschaftlich umsetzbar sind. Aus dieser Zielsetzung lassen sich schließlich die folgenden Forschungsfragen definieren:

- *RQ1: Welche Funktionen und Möglichkeiten ergeben sich durch Indoor Positionierung auf Smartphones?*
- *RQ2: Welche Technologien sind für den Einsatz zur Indoor Positionierung auf Smartphones geeignet?*
- *RQ3: Inwieweit lässt sich Indoor Positionierung auf Smartphones zum jetzigen Zeitpunkt wirtschaftlich umsetzen?*

### **1.3. Aufbau der Arbeit**

Zunächst wird der theoretische Teil der Arbeit auf Grundlage von allgemeiner und spezifischer, weitestgehend betriebswirtschaftlicher Literatur und Fachartikeln erarbeitet. Um ein grundlegendes Verständnis für die Thematik zu schaffen, werden dafür relevante, themenspezifische Begrifflichkeiten und Definitionen detailliert erläutert und diskutiert. Aufgrund der hohen Aktualität der Thematik, die besonders durch stetige Veränderungen und Weiterentwicklungen im Bereich neuer Technologien der Indoor Positionierung geprägt ist, wird die wissenschaftliche Literatur bei Bedarf um aktuelle Beiträge ergänzt. Dazu zählen sowohl Presseberichte und -artikel aus Online-Magazinen und Blogs als auch digitale Inhalte, wie Konferenz-Präsentationen oder Produktinformationen. Aufbauend auf dem gewonnenen Verständnis für die Thematik werden die unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten branchenübergreifend dargestellt und beispielhafte Use Cases angeführt.

Im dritten Gliederungspunkt erfolgt anschließend die Vorstellung mobiler Technologien zur Positionsbestimmung. Dafür wird zunächst der allgemeine Stand der Technik erläutert, um einen Überblick über potentielle Technologien zu erhalten. Weiterführend werden die Funktionalitäten und Möglichkeiten der Technologien, die im Bereich der Indoor Positionierung und Navigation dominierend sind, detailliert beschrieben.

Innerhalb des anschließenden empirischen Teils der vorliegenden Arbeit folgt dann die Aufstellung eines Bewertungsrahmens zur Untersuchung von Systemen der Indoor Positionierung. Dazu werden zunächst kritische Erfolgsfaktoren identifiziert, kategorisiert und beschrieben. Daraufhin werden die ausgewählten Technologien zur Positionsbestimmung anhand der ermittelten Erfolgsfaktoren bewertet. Die Ergebnisse dieser Bewertungen sollen erste Erkenntnisse bezüglich der Auswahl einer, für den jeweiligen Anwendungsfall geeigneten,

Technologie liefern. Darauf aufbauend soll die Wirtschaftlichkeit von Indoor Positionierung auf Smartphones mithilfe eines Experiments analysiert werden. Ein eigens für dieses Experiment entwickelte, prototypische Applikation wird dafür einer Gruppe von Testpersonen in einer realitätsnahen Umgebung zur Verfügung gestellt. Nach der Beschreibung des Aufbaus und Szenarios des geplanten Experiments erfolgt anschließend innerhalb einer Auswertung die Vorstellung der Ergebnisse. Unter Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse des Experiments soll im nächsten Schritt eine Wirtschaftlichkeitsanalyse erste allgemeine Aussagen über die Nutzbarkeit mobiler Applikationen, die Indoor Positionierung in der Praxis ermöglichen, liefern. Gleichzeitig zielt diese Wirtschaftlichkeitsanalyse auf die Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Praxis ab. Schlussendlich werden Limitationen der Forschung aufgezeigt und die gewonnenen Erkenntnisse in einem Fazit mit Ausblick zusammengefasst.

#### **1.4. Methodik der Arbeit**

Die Analyse der Indoor Positionierung auf Smartphones ist ein neues, bisher wenig untersuchtes Forschungsfeld, sodass sowohl in der Theorie, als auch in der Praxis, eher oberflächliche Betrachtungen der Thematik existieren. Besonders die Erforschung der Wirtschaftlichkeit für Unternehmen ist in der wissenschaftlichen Literatur bislang größtenteils ausgeblieben. So gibt es wenig Erkenntnisse, ob und inwieweit Indoor Positionierung auf Smartphones in der Praxis einsetzbar ist und ob sich dadurch Vorteile für Kunden und Unternehmen ergeben können. Bei der Entwicklung komplexer Systeme sind verschiedene Arten von Tests jedoch unverzichtbar und sollten möglichst in jedem Stadium des Softwareentwicklungsprozesses eingesetzt werden (siehe Wasserfallmodell mit Rücksprüngen nach Royce (1970)). Roßnagel et al. (2007) weisen darauf hin, dass Informationssysteme in der Praxis oft nicht die gewünschte Wirkungen zeigen, da *„bestimmte Anwendungssituationen nicht vorherbedacht, Verhaltensweisen von Benutzern falsch eingeschätzt, organisatorische Probleme unzureichend gelöst oder rechtliche Schwierigkeiten übersehen worden sind“* (Roßnagel et al., 2007, S. 59). Die Autoren betonen, dass ein aus der theoretischen Sicht hervorragendes System keinen Nutzen darstellt, wenn in der Praxis durch die Art und Weise der technischen und organisatorischen Einbettung in konkreten Anwendungsbereichen gravierende Schwierigkeiten auftreten (Roßnagel et al, 2007, S. 59). Da der Schwerpunkt dieser Arbeit, neben der Untersuchung der Funktionalität von Indoor Positionierung auf Smartphones und entsprechender Technologien, auf der Analyse der Wirtschaftlichkeit solcher Applikationen liegt, können hier

besonders explorative Forschungsmethoden als geeignet eingestuft werden, weil sie neue Informationen und Erkenntnisse über den Forschungsgegenstand liefern. Ein Test der Applikation in einer realistischen Umgebung kann dabei helfen, sicherzustellen, dass die mobile Applikation ordnungsgemäß in der späteren Umgebung funktioniert. Diese Erprobung ist notwendig, da nur eine funktionstüchtige Applikation dem Nutzer einen Vorteil bietet (Zhang & Boonlit, 2005, S. 6). Eine Erprobung darf dabei nicht nur durch die Entwickler erfolgen, sondern muss auch durch den späteren Anwender getestet werden (Roßnagel et al, 2007, S. 59). Eine anfangs durchgeführte, grundlegende Literaturrecherche konnte die folgenden Forschungsmethoden als potentiell anwendbar für die Analyse der Wirtschaftlichkeit von Indoor Positionierung in der Praxis identifizieren: Feldversuch, Simulationsstudie sowie Praxistest.

Die Durchführung eines Feldversuchs würde sich in dieser Arbeit jedoch als schwierig erweisen. So ist die Einrichtung eines realistischen Umfelds, welches die gewünschte Situationen der Nutzung erfasst, oftmals kompliziert (Loh, 1971; Pascoe, Ryan & Morse, 2000; Rantanen et al., 2002). Auch sind die Bewertungstechniken, wie Beobachtung oder Think Aloud, während der Ablaufes nur schwer durchzuführen (Sawhney & Schmandt, 2000). Feldversuche erschweren darüber hinaus die Datenerfassung und limitieren die Kontrolle, da die Anwender sich physisch in der Testumgebung bewegen und eine Vielzahl unbekannter Faktoren den Aufbau behindern kann (Johnson, 1998; Petrie et al., 1998). Auch Loh (1971) spricht dem Feldexperiment zwar zu, dass es wertvolle Informationen zu liefern vermag, weist aber gleichzeitig auch auf die methodischen und wirtschaftlichen Grenzen dieser experimentellen Methode hin. So sind Feldexperimente mit einem „*vergleichsweise hohen Aufwand an Zeit und Kosten verbunden*“ (Loh, 1971, S. 67). Ein Feldversuch zum konkreten Fall der Analyse der Indoor Positionierung kann darüber hinaus Probleme bereiten, da Technik, Betroffene und Organisation noch nicht vorbereitet sind (provet/GMD, 1994, S. 30f.). Ursächlich dafür ist die Tatsache das Indoor Positionierung auf Smartphones weitestgehend unbekannt und die wirtschaftlichen Einsatzgebiete in Deutschland unerforscht sind. Auch Praxistests ermöglichen die realitätsnahe, risikolose Erprobung eines Testobjekts in der realen Umwelt unter Einbezug der Anwender, die die entwickelte Applikation in Zukunft nutzen (Roßnagel et al., 2007, S. 6). Jedoch sind auch Praxistests mit einem hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden.



Aufgrund der geschilderten Schwierigkeiten bei Feldversuchen und Praxistests wird hier daher die Simulationsstudie, welche im Folgenden näher erläutert wird, als Forschungsmethode gewählt.

### **Simulationsstudie**

In Simulationsstudien werden sachverständige Testpersonen beobachtet, wie diese selbstständig mit prototypischer Technik unter möglichst realitätsnahen Bedingungen umgehen. Dies ermöglicht es durch die Beeinflussung der Rahmenbedingungen und der Aufgaben Erkenntnisse zu bestimmten Fragestellungen zu gewinnen. Die von der Projektgruppe verfassungsverträglicher Technikgestaltung (provet) Anfang der 90er Jahre entwickelte Forschungsmethode, wurde bislang zur Erforschung von digitalen Signaturverfahren in der Rechtspflege und Bürokommunikation (provet/GMD, 1994), mobilen Kommunikationstechniken im Gesundheitswesen (provet, 1995; Pordes, 2003, S. 302ff.) sowie elektronischen Einkaufs- und Bezahlsystemen im Internet (Enzmann & Roßnagel, 2002) angewendet. Die Simulationsstudie ähnelt dabei der Forschungsmethode des „Usability testing“, welches als *„common tool to evaluate the usability of a mobile application in a development process“* (Kaikkonen et al., 2005, S. 5) definiert werden kann. Da im Fall der Untersuchung der Indoor Positionierung auf Smartphones jedoch neben der Usability der mobilen Applikation auch die Funktionalität der ausgewählten Technologie getestet werden soll, erschien die Simulationsstudie als geeignetere Wahl. Simulationsstudien sind sehr flexibel und ermöglichen sowohl einen „Härtetest“ der Technik im Routinebetrieb, als auch gezielte Einzeltests und Fallkonstellationen (provet/GMD, 1994, S. 30f.). Durch sie kann das Ziel der systematischen Erfahrungssammlung erreicht werden, bevor die Technik, die Anwender, die Infrastruktur oder eventuelle Rechtsregeln für eine reale Einführung vorbereitet sind. Dadurch können unvermeidbare Irrtumsrisiken minimiert werden (Roßnagel et al., 2007, S. 62).

Einsatzgebiet von Simulationsstudien sind Technologieentwicklungen, die sich in einem frühen Stadium befinden. Sie ermöglichen bereits in der Phase der Technikentwicklung die Gewinnung von Praxiserfahrung – beginnend bei den ersten Prototypen. Sie erleichtern darüber hinaus die Technikeinführung, da sie Unternehmen durch die Erprobung der Software Kriterien und Vorschläge für die Auswahl, Konfigurierung und Implementierung des Techniksystems sowie die Organisation und Regelung der technikgestützten Zusammenarbeit liefern (Roßnagel et al., 2007, S. 68). Die Erkenntnis, wie Anwender mit der Technik unter realitätsnahen Bedingungen umgehen, ermöglicht erste Rückschlüsse auf die Tauglichkeit in der Pra-

xis sowie die spätere Wirtschaftlichkeit. Simulationsstudien vermögen zusätzlich den Entwicklungsprozess (bis zu einem marktreifen Produkt) verkürzen, da frühzeitig Erfahrungen mit der Technik vermittelt werden (provet/GMD, 1994, S. 30f.). Gleichzeitig schaffen sie eine Erfahrungsbasis zur Entwicklung von Regelungsvorschlägen (Roßnagel et al, 2007, S. 68). Darüber hinaus können Simulationsstudien Anregungen für die weitere Technikgestaltung liefern, welche oftmals nicht nur die Gestaltung, sondern auch dessen Einführung betreffen (provet/GMD, 1994, S. 30f.). Sie gestatten zudem einen grundlegenden Einblick in die spätere Anwendungssituation der untersuchten Software und ermöglichen es, die Verhaltensweisen der Nutzer zu erforschen (Roßnagel et al., 2007, S. 59). Dies kann als besonders interessant für die Erforschung der Indoor Positionierung angesehen werden, da diese bislang noch nicht weit verbreitet ist. Schließlich besteht durch eine Simulationstudie die Möglichkeit der Identifizierung eventueller Schwierigkeiten und Fehler, sowie die Lösung organisatorischer Probleme (Roßnagel et al., 2007, S. 59).

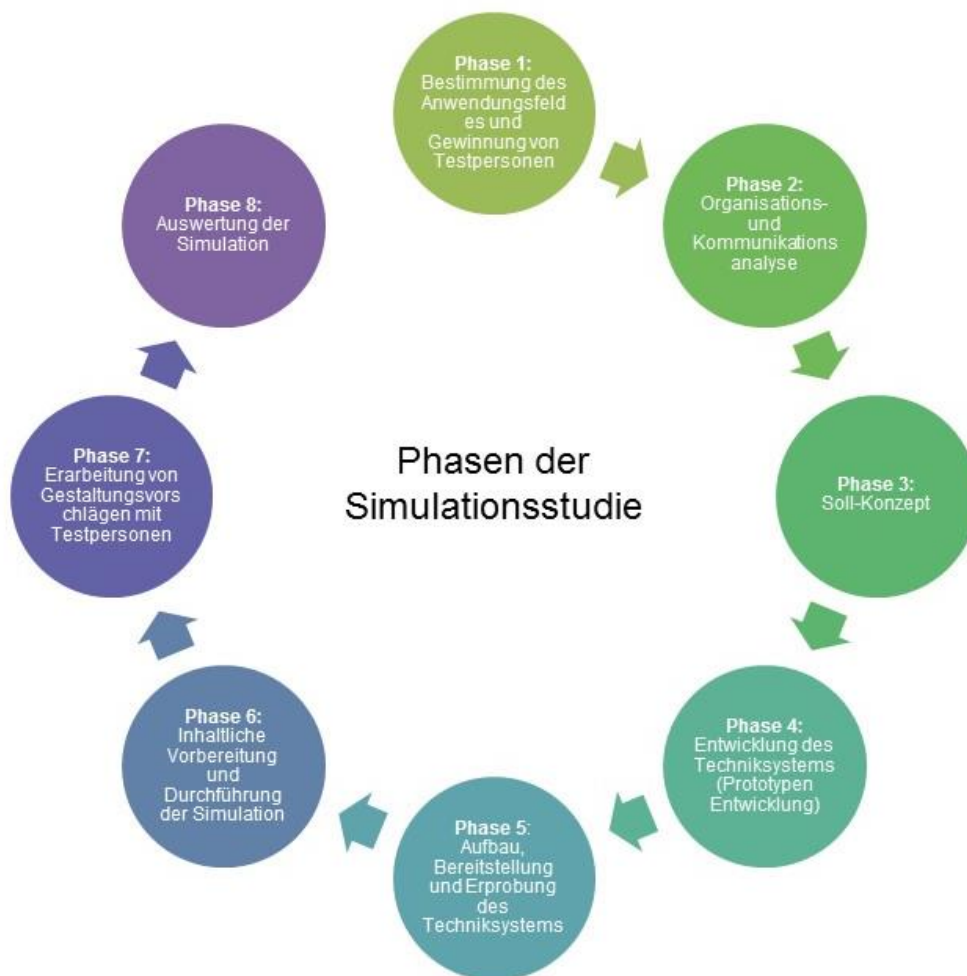
Für einen erfolgreichen Verlauf einer Simulationsstudie bedarf es zuvor jedoch der Erfüllung einiger Faktoren. Als notwendig sehen Roßnagel et al. (2007, S. 62):

- echte Techniksysteme, die allerdings erst prototypisch entwickelt sind,
- echte Anwender, welche sich als „sachverständige Testpersonen“ eignen und für eine gewisse Zeit mit der Technik arbeiten,
- echte Probleme, die allerdings realen Arbeitsfällen nachgestellt sind,
- echtes Arbeitsmaterial, das allerdings eigens vorbereitet wird,
- echte Betroffene und Kooperationspartner, die allerdings von Testpersonen gespielt werden können,
- echte Angriffe und Pannen, deren Schaden aber nur im Rahmen der Simulation auftreten, sowie
- sowie echte Testfälle, die simulierte Konsequenzen aufweisen.

Im konkreten Fall der geplanten Simulationsstudie zur Analyse der Indoor Positionierung auf Smartphones wird die mobile Applikation „Qnips“ (Version 2.0.1), für das von Apple entwickelte Betriebssystem iOS für iPhone, verwendet. Dabei handelt es sich um einen nicht-veröffentlichten, internen Prototyp, welcher auf Grundlage der seit Juli 2014 im App Store verfügbaren Applikation entwickelt wurde. Darüber hinaus wurden Testpersonen identifiziert, die als sachverständig eingestuft werden können. Diese weisen eine geringe bis stark ausge-

prägte Technikaffinität auf und nutzen Smartphones bereits über eine längere Zeit im alltäglichen Leben. Zusätzlich wird der Großteil der Testgruppe bereits mit der Qnips-Applikation vertraut sein und das Angebot sowie die Funktionen kennen. Ein bereits bestehender Kunde der Qnips GmbH dient als Pilotkunde bzw. Kooperationspartner für den Einsatz des Prototyps. Ebenfalls wurden genaue Szenarios und Testfälle konstruiert. Eine nähere Erläuterung zum Aufbau der Simulationsstudie erfolgt jedoch erst im späteren Teil der Arbeit (siehe Kapitel 5.1).

Der typische Verlauf einer Simulationsstudie setzt sich aus acht aufeinanderfolgenden Phasen zusammen, wie in Abbildung 1 grafisch dargestellt. Dabei werden je nach Anwendungsfall alle oder einige Phasen einmal oder mehrmals durchlaufen. Roßnagel et al. (2007, S. 66ff.) definieren die einzelnen Phasen wie folgt:



**Abbildung 1: Phasen der Simulationsstudie**

Quelle: Eigene Darstellung nach Roßnagel et al. (2007)

### **Phase 1: Bestimmung des Anwendungsfeldes und Gewinnung von Testpersonen**

In der ersten Phase erfolgt die Bestimmung eines geeigneten Anwendungsfeldes sowie die Auswahl bzw. Gewinnung sachverständiger Testpersonen. Aufgrund der Simulation eines zeitlich und personell begrenzten Ausschnittes der zukünftigen Anwendungsrealität, müssen einerseits die gewählten Anwendungen sowie andererseits auch die sachverständigen Testpersonen repräsentativ für die spezifische Fragestellung sein. Ferner muss das Sachverständnis der Testpersonen darin bestehen, dass ihnen bewusst ist, in welchem Umfeld und zu welchem Zweck die getestete Technik später eingesetzt werden soll. Dies ist von Wichtigkeit, um zukünftige Anforderungen an die spätere Technik zu identifizieren.

### **Phase 2: Organisations- und Kommunikationsanalyse**

Passend zum Anwendungsfeld werden in dieser Phase die formellen sowie informellen Strukturen untersucht, um die Entwicklung eines geeigneten Prototyps zu ermöglichen, einen Vergleichsmaßstab für die Nutzung der Prototypentechnik zu erhalten als auch mögliche Probleme und Risiken zu identifizieren.

### **Phase 3: Soll-Konzept**

Aus den Ergebnissen der Organisations- und Kommunikationsanalyse sowie allgemeiner Kriterien an die zu entwickelnde Technik sind Gestaltungsanforderungen zu konkretisieren (Roßnagel & Sarbinowski, 1993, S. 42ff.). Aus diesen werden anschließend Vorschläge für die Gestaltung des Prototyps sowie des organisatorischen Arrangements generiert.

### **Phase 4: Entwicklung des Techniksystems (Prototypen Entwicklung)**

Anlehnend an die in der vorherigen Phase identifizierten Gestaltungsvorschläge erfolgt nun die Entwicklung der benötigten Techniksysteme. Nach der Methode des „rapidprototyping“<sup>1</sup> werden Systeme und Infrastruktur entwickelt, welche in der späteren Simulation Anwendung finden.

### **Phase 5: Aufbau, Bereitstellung und Erprobung des Techniksystems**

Nach der Entwicklung eines funktionsfähigen Prototyps erfolgt der Aufbau, die Bereitstellung sowie Erprobung der benötigten Techniksysteme, welche von der „Simulationsleitung“ als

---

<sup>1</sup> Beim Rapidprototyping handelt es sich um eine Klassifikation des Prototyping nach der Geschwindigkeit. Unter der Verwendung moderner Programmiersprachen sowie Softwarewerkzeugen wird der Versuch unternommen, so schnell wie möglich ein ablauffähiges System zu erstellen (Lackes & Siepermann, 2014, o. S.).

auch von den sachverständigen Testpersonen in der späteren Simulation verwendet werden sollen. Je nach Techniksystem beinhaltet diese Phase die Installation, Konfiguration oder auch Verteilung relevanter Systeme. Darüber hinaus erfolgt ein intensiver Test der Systeme im Vorfeld der eigentlichen Simulation, um mögliche Fehler und Probleme frühzeitig zu eliminieren.

### **Phase 6: Inhaltliche Vorbereitung und Durchführung der Simulation**

In dieser Phase werden zunächst die für die Simulation benötigten Arbeitsmaterialien und -aufgaben vorbereitet. Zur Erreichung einer möglichst tragfähigen Aussage in der knapp bemessenen Zeit der Simulation sowie einer hohen Anzahl an gleichen Vorgängen müssen die Arbeitsaufgaben so konstruiert sein, dass der Schulungsaufwand minimal ist. Roßnagel et al. (2007, S. 67) betonen daher, dass der Ablauf der Simulation nach „Drehbuch“ verläuft und es einer entsprechenden Rollenbeschreibung und -verteilung, sowie einer Ablaufbeschreibung bedarf. Zusätzlich sind alle relevanten Vorkehrungen für das Anwendungsfeld vorzubereiten. In der anschließenden Durchführung der Simulation sollen die Testpersonen möglichst unbeeinflusst ihre Aufgaben erledigen. Die „Simulationsleitung“ darf nur am Rand des Geschehens die Arbeitsaufgaben beeinflussen, um bestimmte Reaktionen zu erreichen. Die Dauer der Simulation ist durch die verfügbare Zeit der Testpersonen limitiert.

### **Phase 7: Erarbeitung von Gestaltungsvorschlägen mit Testpersonen**

Im Anschluss an die durchgeführte Simulation werden die Testpersonen aufgefordert, ihre Erfahrungen mit den untersuchten Techniksystemen zusammen mit ihrem spezifischen, fachlichen und organisatorischen Wissen zu schildern. Zu den Erfahrungen gehören dabei Probleme mit dem getesteten Prototyp, Schwierigkeiten mit der Bedienoberfläche, technische und organisatorische Fehler, Sicherheitsrisiken, aber auch subjektives Empfinden oder Verbesserungs- und Gestaltungsvorschläge.

### **Phase 8: Auswertung der Simulation**

Schließlich sind im unmittelbaren Anschluss an die Simulation die Ergebnisse zu sichten. Dafür sind *„angefallene Beobachtungen (...) zusammenzutragen, Interviews auszuwerten, technische Protokolle zu begutachten, Akten zu analysieren und Dokumentationen der einzelnen Fälle zu erstellen“* (Roßnagel et al., 2007, S. 68). Auf dieser Grundlage werden abschließend weitere Gestaltungsvorschläge für die zukünftige Technik erarbeitet sowie Aussagen zur Nutzbarkeit und Wirtschaftlichkeit für Technik, Unternehmen und Anwender getroffen.

Die Phasen der Simulationsstudie zeigen, dass unerforschte Technologie mithilfe dieser Methode innerhalb eines kurzen Zeitraums praktisch untersucht werden kann. Trotzdem muss beachtet werden, dass die Ergebnisse der Studie begrenzt sind. So sind Simulationsstudien keine Experimente, da sie keinen Beweis aufstellen. Ferner sind sie keine Tests, die eine abschließende Bewertung von Techniksystemen ermöglichen. Vielmehr können sie als geeignetes Hilfsmittel gesehen werden, um anwendungsnahe Gestaltungsvorschläge als auch erste Erkenntnisse bezüglich der Nutzbarkeit und Anwendung in der Wirtschaft zu gewinnen. Besonders für riskante bzw. unerforschte Technik schaffen sie eine notwendige Versuchs- und Irrtumsphase in der mobile Applikationen ohne weitreichende Gefahr getestet werden können. Dementsprechend ergibt sich aus Simulationsstudien keine Mengenrepräsentativität, sondern lediglich eine Exploration von Gestaltungsspielräumen (Roßnagel et al., 2007, S. 66).

## **2. Theoretische Grundlagen und Begrifflichkeiten**

### **2.1. Indoor Positionierung**

Der Begriff der Indoor Positionierung (engl. „Indoor Positioning“) kann definiert werden als *„a technique that provides the continuous real-time location of objects or people within a closed space through measurement“* (Caron et al., 2008, S. 553). Teilweise wird der Begriff der Positionierung auch verwendet, um zu unterstreichen, dass sich die Position eines Zielobjektes dadurch verändert, dass es sich zu einem neuen Standort bewegt (Mautz, 2012, S. 26). Mithilfe dieser Positionsbestimmung wird es ermöglicht, den Standort von Produkten, Geräten oder Menschen innerhalb von Gebäuden zu lokalisieren und zu überwachen. Die Lokalisierung wird dabei als Technik zur Bestimmung der Position von Objekten oder Personen verstanden (Sana, 2013, S. 69).

In der wissenschaftlichen Literatur wird im Zusammenhang mit der Indoor Positionierung oft auch der Begriff der Indoor Lokalisierung (engl. „Indoor Localization“) genannt. Nach Mautz (2012, S. 26) bezeichnet die Lokalisierung dabei den Prozess der Positionsbestimmung in drahtlosen Sensornetzwerken auf Basis kommunizierender Knotenpunkte. Lokalisierung sei eher mit der groben Bestimmung eines Standortes verbunden (beispielsweise zur Ortung des Smartphones), als mit der Berechnung der exakten, absoluten Position. Folglich unterscheidet sich die Lokalisierung von der Positionierung nur in der Genauigkeit der Ortung. Nach Nguyen & Luo (2013, S. 127) kann Indoor Lokalisierung als State of the Art Technologie zur

die Leistungsfähigkeit eines IPS sind. Darüber hinaus wurden im Anschluss primär technische Erfolgsfaktoren identifiziert. Es existieren jedoch auch andere Werttreiber, wie z. B. soziokulturelle Aspekte (Nutzerakzeptanz), auf die gar nicht oder nur kurz eingegangen werden konnte. Weiterhin wurden die Technologien nur anhand der Erfolgsfaktoren bewertet, für die ausreichende Evidenz in der wissenschaftlichen Literatur existierte.

Schlussendlich muss festgestellt werden, dass die Simulationsstudie aufgrund der genannten Schwierigkeiten bei der Erprobung des Techniksystems nicht bis zum Ende durchführbar war. So konnten dadurch zwar Probleme hinsichtlich der Umsetzbarkeit von Indoor Positionierung festgestellt werden, jedoch keine empirischen Erkenntnisse hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse weist daher nur eine grobe Richtung auf und sollte nicht als endgültig betrachtet werden. Ferner ist es fraglich, inwieweit die Ergebnisse verallgemeinert werden können, um Aussagen zu treffen, die unternehmensübergreifend gültig sind.

## **8. Fazit und Ausblick**

### **8.1. Zusammenfassung**

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Analyse der Indoor Positionierung auf Smartphones hinsichtlich der Funktionalität und Wirtschaftlichkeit. Dazu wurden im theoretischen Teil zunächst die grundlegenden Begrifflichkeiten definiert. Es konnte festgestellt werden, dass Indoor Positionierung unterschiedliche Ausprägungsformen aufweist und spezielle IPS zur Bestimmung des Standortes des Nutzers benötigt werden. Weiterführend erfolgte die Abgrenzung zur Indoor Navigation, welche nicht nur die Positionierung sondern auch die Führung des Nutzers innerhalb von Gebäuden ermöglicht. Diese eignet sich besonders für öffentliche Einrichtungen, die aufgrund ihrer Komplexität für den Nutzer nur schwer zu überschauen sind. Zudem konnten spezifische Herausforderungen der Indoor Navigation identifiziert werden. So erschwert sich die Berechnung innerhalb von Gebäuden besonders durch physische Gegebenheiten, fehlende Standardisierung und Signalstreuung. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass durch die Bestimmung der Position des Nutzers neue Möglichkeiten für das Location-Based Marketing entstehen. So gestatten es diese, dass Kunden innerhalb des Geschäftes automatisch auf Angebote oder Rabatte aufmerksam gemacht werden. Viele der mobilen Dienste verwenden dazu bisher nur Geofences, die jedoch eine zureichende Genauigkeit aufweisen.

Aufbauend auf diesem grundlegenden Verständnis wurden im Anschluss beispielhaft Einsatzgebiete und Anwendungsmöglichkeiten der Indoor Positionierung aufgezeigt. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Bereitstellung solcher Dienste in einer Vielzahl unterschiedlicher Branchen möglich ist. So konnten mobile Applikationen im stationären Einzelhandel aufgezeigt werden, die durch LBS wie standortbezogene Angebote oder In-Store Navigation das Einkaufserlebnis verbessern können. Hier konnte besonders die mobile Applikation Aisle411 als herausragendes Beispiel identifiziert werden, die solche Dienste bereits seit Anfang 2013 bereitstellt. In privaten Haushalten hingegen ermöglicht Indoor Positionierung die Automatisierung von Gebäudefunktionen und Haushaltsgeräten. Zusätzlich ist auch die Verwendung in Kultur- und Veranstaltungszentren vorstellbar, wie anhand der MLB-Applikation gezeigt wurde. Im Bereich des Transports und Verkehrs wiederum kann Indoor Navigation auf Flughäfen oder Bahnhöfen eingesetzt werden. Weiterhin konnten Anwendungsmöglichkeiten in Bildungseinrichtungen, dem Gesundheitswesen und sozialen Netzwerken sowie vielen anderen Bereichen identifiziert werden.

Im Anschluss erfolgte die Untersuchung mobiler Technologien zur Positionsbestimmung. In dieser konnte herausgefunden werden, dass globale, satelliten-basierte Systeme – und damit auch GPS – aufgrund der geringen Verlässlichkeit und unzureichenden Genauigkeit nicht für den Einsatz innerhalb von Gebäuden geeignet sind. Aufgrund dieser Tatsache wurden neue Technologien, die speziell für Indoor Positionierung in Betracht kommen, vorgestellt. Hier konnten besonders WLAN, RFID und Bluetooth als vielversprechend eingestuft werden. Indoor Positionierung per WLAN wird dabei größtenteils mithilfe der Model-basierten Methode oder Fingerprinting-Methode durchgeführt. Beide Methoden weisen jedoch den Nachteil auf, dass sowohl eine Radio Map als auch anschließende Trainingsphase benötigen werden. Bei Verwendung der RFID-Technologie hingegen ist die Auswahl der Tags für den Erfolg des IPS entscheidend. Hier konnte zwischen passiven und aktiven Tags unterschieden werden, wobei letztere eine höhere Reichweite aufweisen. Weiterführend konnte festgestellt werden, dass durch die Entwicklung von BLE und Beacons eine neue vielversprechende Technologie zur Indoor Positionierung entstanden ist. Da die Entfernungen bei Beacons jedoch nur in die drei Bereiche *Immediate*, *Near* und *Far* unterteilt werden, ist die Eignung für Indoor Navigation fraglich. Neben den drei ausgewählten Technologien können zusätzlich hybride Systeme von Vorteil sein. Dies zeigte sich auch bei der Entwicklung des Prototypens innerhalb der Simula-



tionsstudie, in der ein hybrides System zwangsläufig benötigt wurde, um eine skalierbare Funktionalität des Systems zu gewährleisten.

Die vorliegende Arbeit konnte darüber hinaus kritische Erfolgsfaktoren identifizieren, die Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit von Indoor Positionierung haben. Diese Erfolgsfaktoren wurden in die sechs Kategorien: Hardwareanforderungen, Datenqualität, Kosten, Sicherheit, Verbreitung und Akzeptanz unterteilt. Durch eine nähere Betrachtung der einzelnen Faktoren wurde anschließend ersichtlich, dass besonders die Datenqualität und Verbreitung entscheidend für den Erfolg der Indoor Positionierung sind. Gleichzeitig konnte bezüglich der Kosten festgestellt werden, dass eine Unterteilung in Einrichtungs- sowie Nutzungs- und Wartungskosten von Vorteil ist. Den Erfolgsfaktor der Sicherheit betrachtend muss ferner gesagt werden, dass eine Positionierung durch das eigene Smartphone des Nutzers den Schutz sensibler Daten bzw. der Privatsphäre ermöglicht. Dennoch wird eine Verbindung zum Server benötigt, um zusätzliche Informationen für LBS bereitzustellen. Darüber hinaus ist keine rechtliche Genehmigung für den Einsatz von IPS erforderlich. Schließlich konnte herausgefunden werden, dass einige Faktoren in der Wissenschaft bisher eher geringfügig analysiert wurden.

Die anschließende Anwendung der Erfolgsfaktoren auf die ausgewählten Technologien, ermöglichte daraufhin erste grundlegende Aussagen für die spätere Auswahl dieser. Hinsichtlich IPS auf WLAN-Basis konnte festgestellt werden, dass diese besonders durch Reichweite, Schnelligkeit und hohe Verbreitung überzeugen können. Gleichzeitig sind sie mit bereits vorhandener Architektur umsetzbar. Nachteile konnten jedoch hinsichtlich der Genauigkeit und verwendeten Methode identifiziert werden. So wird die Wirtschaftlichkeit durch die Notwendigkeit einer Radio Map begrenzt. Weiterführend konnte herausgefunden werden, dass RFID basierte IPS nahezu ungeeignet für die Indoor Positionierung mit Smartphones sind. Ausschlaggebend dafür sind besonders die fehlende Sicherheit, nicht mögliche Skalierbarkeit aufgrund von kurzen Reichweiten und geringe Verbreitung in Smartphones. So ist in kaum einem der heutigen Smartphones die RFID-Technologie integriert. IPS auf Basis von Bluetooth- und Beacon-Technologie hingegen konnten durch hohe Verbreitung in Geräten, Möglichkeiten der Skalierbarkeit und relativ große Fehlertoleranz überzeugen. Dennoch weisen auch Beacons Schwierigkeiten auf. So konnte sowohl durch die Bewertung anhand der Erfolgsfaktoren als auch durch die spätere Simulationsstudie gezeigt werden, dass diese Technologie sich erst in der Anfangsphase der Entwicklung befindet. Die nicht mögliche Durchführ-

barkeit der Studie aufgrund der Problematik mit der Technologie konnte dabei beweisen, dass funktionstüchtige und verlässliche Hardware für die Bereitstellung von Diensten der Indoor Positionierung benötigt wird.

Abschließend konnten innerhalb einer Wirtschaftlichkeitsanalyse erste Erkenntnisse bezüglich der Praxistauglichkeit von Indoor Positionierung abgeleitet werden. Primär konnte hier festgehalten werden, dass die Auswahl der Technologie, die Entwicklung von Mehrwertdiensten als auch die Abwägung von Kosten und Nutzen entscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg von Indoor Positionierung auf Smartphones sind.

## **8.2. Ausblick**

Aufgrund der Komplexität des Themas und dem steigenden Interesse an Applikationen, die Indoor Positionierung und -Navigation ermöglichen, ergibt sich allerdings an einigen Stellen weiterer Untersuchungsbedarf. Die Wissenschaft sollte sich grundsätzlich stärker dem Thema der Indoor Positionierung auf Smartphones zuwenden und die empirische Fundierung fortsetzen. Aufgrund der Problematik bei der Durchführung des Experiments, sollte zunächst in längerfristigen Feldversuchen getestet werden, welche Technologien sich für den Einsatz in der Praxis bewähren. Es sollte darüber hinaus eruiert werden, ob Beacons als vielversprechende neue Technologie das Potential haben, die Indoor Positionierung zukünftig zu verbessern. Gleichzeitig kann es hinsichtlich der Nutzerakzeptanz als sinnvoll erachtet werden, herauszufinden, welche Anforderungen zukünftige Nutzer an Systeme der Indoor Positionierung haben. So konnte bisher nicht die Frage beantwortet werden, inwieweit die neuen Möglichkeiten einen Mehrwert für den Kunden bieten. Ebenfalls bedarf es der weiteren Optimierung bestehender Algorithmen zur effizienteren und genaueren Berechnung der Position. Dies geht einher mit der verstärkten Nutzung der in Smartphones verbauten Sensorik, durch welche auftretende Ungenauigkeitsfehler verringert werden sollen (Oschatz, 2011, S. 31).

Ausblickend sollten daher besonders hybride Systeme weiter erforscht werden, da diese genauere Werte bei der Bestimmung der Position ermöglichen können. So stelle Apple (2014b) auf seiner *Worldwide Developers Conference* (WWDC) 2014 bereits ein System zur Indoor Navigation vor, welches nicht nur iBeacons und WLAN zur Berechnung der Position nutzt, sondern gleichzeitig auch die Daten des Beschleunigungssensors, des Gyroskops und des

Kompasses. Dadurch konnten die Schwankungen in den Messergebnissen um ein erhebliches Maß reduziert werden (Apple, 2014b, o. S.). Ferner sollte untersucht werden, inwieweit das Problem der Positionsbestimmung in mehrstöckigen Gebäuden gelöst werden kann. Dafür muss sichergestellt werden, dass die Sendeeinheiten dem Smartphones mitteilen, in welchem Stockwerk es sich befindet. Als weitere Möglichkeit kann die Verwendung von Barometern gesehen werden, da durch die Messung des Luftdrucks festgestellt werden kann, in welcher Höhe sich der Nutzer befindet. Dabei ist jedoch fraglich, inwieweit diese Methode aufgrund von äußeren Einflüssen in der Praxis umsetzbar ist.

Weiterhin kann besonders die Bereitstellung einer nahtlosen Navigation (seamless navigation) in allen Umgebungen als langfristiges Ziel gesehen werden (Mautz, 2012, S. 7). So wird erwartet, dass mit der Prävalenz von Smartphones, Indoor- als auch Outdoor-Navigation zu einem System konvergieren, welches die ununterbrochene Navigation des Nutzers ermöglicht (Karimi, 2011, S. 13). Dabei stellt besonders der Wechsel vom Außenbereich in ein Gebäude et vice versa eine Herausforderung dar, die beachtet werden muss (Ruppel, 2011, S. 13).