

2009

KLASSIFIKATION UND IMPLEMENTIERUNG VON LOCATION BASED AIRPORT SERVICES ZUR SITUIERTEN UNTERSTÜTZUNG VON PASSAGIERPROZESSEN AN FLUGHÄFEN

Stefan Hausmann

Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik II, Universität Erlangen-Nürnberg

Follow this and additional works at: <http://aisel.aisnet.org/wi2009>

Recommended Citation

Hausmann, Stefan, "KLASSIFIKATION UND IMPLEMENTIERUNG VON LOCATION BASED AIRPORT SERVICES ZUR SITUIERTEN UNTERSTÜTZUNG VON PASSAGIERPROZESSEN AN FLUGHÄFEN" (2009). *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2009*. 55.

<http://aisel.aisnet.org/wi2009/55>

This material is brought to you by the Wirtschaftsinformatik at AIS Electronic Library (AISeL). It has been accepted for inclusion in Wirtschaftsinformatik Proceedings 2009 by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISeL). For more information, please contact elibrary@aisnet.org.

KLASSIFIKATION UND IMPLEMENTIERUNG VON LOCATION BASED AIRPORT SERVICES ZUR SITUierten UNTERSTÜTZUNG VON PASSAGIERPROZESSEN AN FLUGHÄFEN

Stefan Hausmann¹

Kurzfassung

Hohe Wachstumsraten im Passagierflugverkehr trotz begrenzter Flughafenkapazitäten und ein großer Verdrängungswettbewerb setzen die Betreiber von Flughäfen unter Druck. Eine Möglichkeit zur Kapazitäts- und Effizienzsteigerung besteht im Einsatz innovativer ortsbezogener Dienste zur Unterstützung von Passagierprozessen. Der vorliegende Beitrag klassifiziert ortsbezogene Dienste im Flughafenkontext, entwirft ein Unterstützungsszenario und stellt ein integriertes Informations- und Kommunikationssystem für die Implementierung solcher Location Based Airport Services vor, das in Kooperation mit dem Siemens Airport Center entwickelt und evaluiert wurde.

1. Motivation

Einige Jahre nach den Ereignissen des 11. September 2001 ist der Passagierflugverkehr inzwischen wieder ein stark expandierender Markt. Im Jahr 2007 stiegen die Passagierzahlen international um 7,2% [10, S. 10], und auch für die kommenden 20 Jahre wird ein jährlicher Anstieg um durchschnittlich 4,9% prognostiziert [1, S. 6]. Ebenso wie die Passagierzahlen steigen aber auch die Sicherheits- und Umweltauflagen, denen sich die Luftfahrtbranche stellen muss [10, S. 26ff, S. 32ff]. Während Flugzeughersteller und Fluggesellschaften mit Hilfe sparsamerer Antriebstechnologien und größerer Flugzeuge die Effizienz und Kapazität des Reisens in der Luft erhöhen [6, S. 74, S. 76], ergeben sich für die Beteiligten am Boden neue Probleme: trotz rasant gestiegenem Flug- und Passagieraufkommen stehen die Betreiber kleinerer und größerer Flughäfen untereinander in einem starken Verdrängungswettbewerb um die Gunst der Passagiere und Fluggesellschaften, der sich in einer „Konzentration auf wenige kontinentale ‚Drehkreuze‘“ [3] auswirkt. Diese können ihre Infrastruktur aufgrund politischer und gesetzlicher Rahmenbedingungen aber nicht immer in ausreichendem Maße ausbauen. So operiert z. B. der Frankfurter Flughafen mit inzwischen gut 50 Mio. Passagieren pro Jahr an seiner Kapazitätsgrenze [24, S. 4] und kann diese nur noch durch Prozessoptimierung und innovativen Technologieeinsatz erhöhen. Auch kleinere Flughäfen müssen diesen Weg wählen, um sich bei sinkenden Auslastungen [24, S. 2] gegenüber dem Wettbewerb zu differenzieren. Weil grundsätzliche Änderungen in den Flughafenprozessen erst mittel- bis langfristig erreichbar sind, setzt die Branche auf innovative mobile Dienste, um die bestehenden Prozesse zu optimieren. Einer Studie der Cambridge University zufolge könnten jährlich alleine bis zu 600 Mio. \$ eingespart werden [18, S.

¹ Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik II, Universität Erlangen-Nürnberg

41], wenn mobile Geräte mit Ortungs- und Benachrichtigungsfunktionen Verzögerungen in den Passagierabfertigungsprozessen reduzieren würden [15, S. 5]. Der gestiegene Innovationsdruck in der Branche lässt sich bereits heute an einzelnen Lösungen erkennen: So wurde in den letzten Jahren die Selbstbedienungsfähigkeit der Buchungs- und Check-in-Prozesse wesentlich erhöht, und auf immer mehr Flugrouten setzen sich papierlose Ticketing-Verfahren durch [16]. Ein Trend ist dabei die mobile Nutzung: Bis Ende 2010 möchten 82% der Fluggesellschaften mobile Benachrichtigungsdienste einsetzen, und immerhin noch 67% planen die Unterstützung mobiler Check-in-Dienste [16]. Dabei lassen sich noch weitaus größere Nutzeneffekte realisieren, wenn der aktuelle Standort des Nutzers berücksichtigt wird. Das mobile Endgerät des Passagiers wird dann zum zentralen Bestandteil sogenannter *Location Based Airport Services (LBAS)*, also standortbezogener Dienste an Flughäfen, die „unter Zuhilfenahme von positions-, zeit- und personenabhängigen Daten“ [23] nicht nur Kommunikationsfunktionen unterstützen, sondern die Lokalisierung des Passagiers in allen ihn betreffenden Prozessen erlauben und die dabei gewonnenen Ortungsdaten zur situierten Prozessunterstützung einsetzen.

Der folgende Beitrag nennt und klassifiziert erstmalig mögliche LBAS anhand verschiedener Kriterien und erörtert anhand eines Szenarios konkrete Unterstützungsmöglichkeiten von LBAS in Bezug auf Passagierprozesse. Darüber hinaus wird ein integriertes System zur Implementierung von LBAS vorgestellt, welches in Kooperation mit dem Siemens Airport Center [14], einem Forschungs- und Demonstrationszentrum für innovative Flughafenlösungen von Siemens, entstanden ist.

2. Location Based Airport Services

Im Folgenden werden prozessunterstützende LBAS benannt und klassifiziert. Der Betrachtung liegt ein in Zusammenarbeit mit dem Siemens Airport Center erstelltes Prozesshaus der im Flughafenumfeld relevanten Prozesse zugrunde (vgl. Abbildung 1).

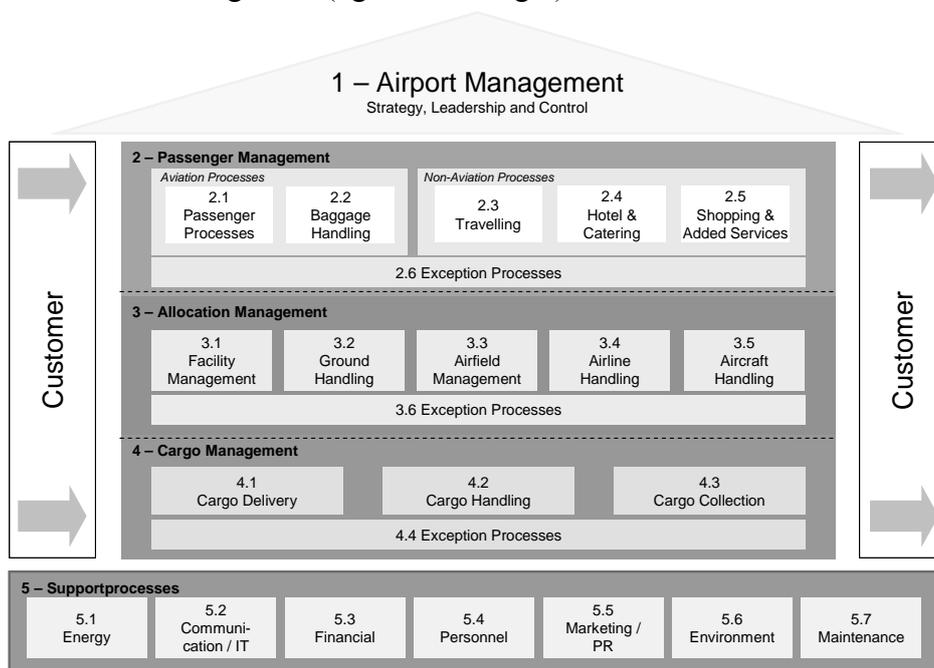


Abbildung 1 - Flughafen-Prozesshaus (Quelle: [8, S. 15])

In diesem zeigen sich vielfältige Anknüpfungspunkte für eine Unterstützung durch LBAS. Viele Prozesse des *Allocation-* und des *Cargo-Managements* qualifizieren sich beispielsweise für das Tracking & Tracing von Waren, Personal und Arbeitsmitteln. Im vorliegenden Beitrag liegt der Fokus aber auf dem *Passenger Management* und dort besonders auf den Passagierprozessen, die den Passagier als externen Faktor in die Transportdienstleistung mit einbeziehen [11, S. 113].

Eine Unterstützung dieser Prozesse durch LBAS erscheint aus folgenden Gründen besonders lohnenswert:

- Passagierprozesse sind komplex und unterliegen ständigen Veränderungen.
- Die Prozesseffizienz hängt zu einem großen Teil vom Erfahrungshorizont der Passagiere ab.
- Prozessfehler haben große Auswirkungen auf nachfolgende und parallel ablaufende Prozesse (z. B. muss das bereits verladene Gepäck nicht rechtzeitig am Gate erschienener Passagiere aufwändig gesucht und wieder ausgeladen werden)

LBAS unterstützen diese Passagierprozesse: Zum einen erkennen sie entstehende Informationsbedarfe der Passagiere rechtzeitig und decken sie (z. B.: „An welchen Abfertigungsschalter muss ich mich begeben?“); zum anderen ermitteln sie den Standort des Passagiers und leisten dann situierte Prozessunterstützung (z. B.: „Wo befinde ich mich und wie komme ich zu meinem Gate?“).

2.1. Klassifikation nach Anwendungsbereich

Die Einordnung von LBAS in verschiedene Anwendungsbereiche ist das wichtigste Klassifizierungskriterium und fand zweistufig statt. Zunächst wurden in Anlehnung an [17] vier Servicekategorien (*Content*, *Locating*, *Support* und *Future Services*) definiert und anschließend weiter in Anwendungsbereiche verfeinert (vgl. Abbildung 2). Diesen wurden dann konkrete LBAS zugeordnet.

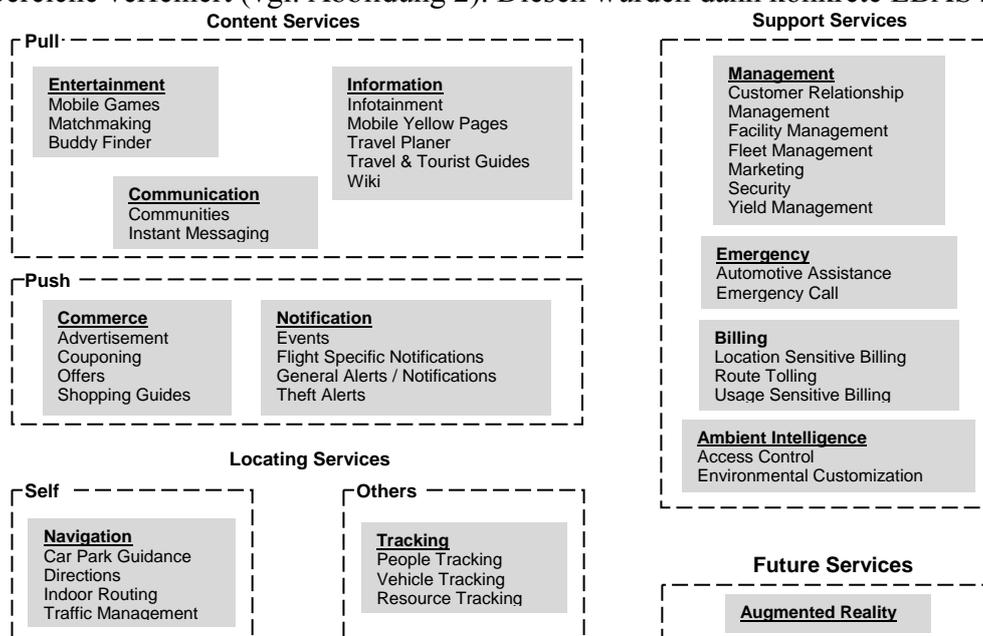


Abbildung 2 – LBAS-Klassifikation nach Anwendungsbereich

Schwerpunkt der *Content Services* ist die Übertragung von (ortsbezogenen) Inhalten an mobile Endgeräte. Benachrichtigungen oder multimediale Informationen werden entweder beim Eintreten bestimmter Ereignisse (z. B. Betreten von Zonen, Flugplanänderungen) übertragen (*Push*), oder der Passagier ruft selbst Inhalte (z. B. Verzeichnisse, Informationsseiten) ab (*Pull*). Daneben zählen auch Werbedienste, Unterhaltungs- sowie Kommunikationsanwendungen zu dieser Kategorie. *Locating Services* erlauben dem Nutzer, sich selbst mit Hilfe seines mobilen Endgeräts zu orten und zu bestimmten Zielpunkten zu navigieren, außerdem ermöglichen sie die Personen- und Objektornung durch Tracking der mobilen Endgeräte aus der Ferne. *Support Services* kombinieren Ortungs- und Kommunikationsfunktionen zu Mehrwertdiensten mit Unterstützungscharakter. Unter anderem können so LBAS in den Bereichen Sicherheit, Notfalldienste, ortsbezogene Abrechnung sowie Managementfunktionen realisiert werden. *Future Services* repräsentieren zukünftige ortsbezogene Dienste, die sich neuartiger Benutzerschnittstellen bedienen werden. Denkbar ist hier beispielsweise

se eine Form von *Augmented Reality* [20], die reale Sinneswahrnehmungen durch ortsbezogene Zusatzinformationen überlagert.

2.2. Klassifikation nach unterstützten Prozessen

In einem nächsten Schritt wurden die LBAS-Anwendungsbereiche den bereits vorgestellten Flughafenprozessen (vgl. Abbildung 1) zugeordnet. Ein Großteil der möglichen LBAS lässt sich dabei den Prozessen des *Passenger Management* zuordnen. Beispielsweise können die zentralen Passagierprozesse durch LBAS zur Information, Benachrichtigung und Navigation des Passagiers unterstützt werden. Wie eine Gestaltung dieser Prozesse mit LBAS-Unterstützung aussieht, wird im Abschnitt 3 konkretisiert. LBAS mit Unterhaltungs- und Werbeinhalten eignen sich hingegen eher für *Non-Aviation-Prozesse*.

2.3. Klassifikation nach beteiligten Akteuren

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden die einzelnen LBAS-Anwendungsbereiche den am Flughafen aktiven Akteuren zugeordnet. Aus dem Prozesshaus in Abbildung 1 sowie der detaillierten Prozessanalyse in [8] können folgende Akteure des Flughafenbetriebs identifiziert werden: *Passagiere*², *Flughafenbetreiber*, *Fluggesellschaften*, *externe Dienstleister* sowie der am Flughafen ansässige *Einzelhandel*.

In Bezug auf LBAS nehmen diese Akteure eine oder mehrere der folgenden Rollen ein:

- *Servicebetreiber* stellen die technische Infrastruktur für den Betrieb von LBAS bereit.
- *Serviceanbieter* bieten LBAS mit eigenen Inhalten an.
- *Servicekonsumenten* nutzen die angebotenen LBAS.

Der *Flughafenbetreiber* verfügt flughafenweit über eine eigene IT-Infrastruktur und kann daher als einziger Akteur die für LBAS nötige Technologie betreiben. Als Serviceanbieter stellt er selbst LBAS mit flughafenspezifischen Inhalten zur Verfügung und ist als Servicekonsument daran interessiert, aggregierte Informationen (z. B. Prozessdurchlaufzeiten, Passagierlaufwege) zu erhalten, um seine Infrastruktur zu optimieren. Die *Fluggesellschaften* streben eine möglichst kurze Aufenthaltszeit ihrer Flugzeuge am Boden an [4, S. 5] und sind deswegen darauf angewiesen, dass Informationsbedarfe der Passagiere möglichst schnell erfüllt und somit Verzögerungen minimiert werden; hierzu bieten sie LBAS mit flugspezifischen Inhalten an. Als Servicekonsumenten erhalten sie Informationen über verspätete Passagiere und können mit diesen kommunizieren. *Externe Dienstleister* übernehmen an Flughäfen u. a. die logistisch aufwändige Gepäckabwicklung [12] und nutzen hierzu als Servicekonsumenten LBAS, um Gepäckstücke oder die zugehörigen Passagiere im Flughafen zu orten, falls es zu Ausnahmen in den Passagier-/Gepäckprozessen kommt. Ziel des am Flughafen ansässigen *Einzelhandels* ist es, den Umsatz mit Waren oder Dienstleistungen zu maximieren. Hierzu können die Geschäfte als Serviceanbieter Informationen über ihr Angebot unterbreiten sowie LBAS etwa zur Kundenbindung oder für ortsbezogene Abrechnungen einsetzen. Der *Passagier* als Servicekonsument schließlich erhält auf ihn zugeschnittene Informationen und durchläuft die Passagierprozesse mit Hilfe von LBAS schneller und zielgerichteter.

2.4. Klassifikation nach sonstigen Kriterien

LBAS wurden im Rahmen des Forschungsprojekts nach vielen weiteren Kriterien klassifiziert, beispielsweise nach Einführungs- und Betriebskosten, Erlöspotenzialen, möglichen Abrechnungsmo-
dellen (keine Abrechnung, Werbefinanzierung, nutzungsbasierte Abrechnung, Subventionierung), vorausgesetzten Datenquellen, Alleinstellungsmerkmalen oder ihrem Innovationsgrad. Zusammen mit den ermittelten Prozessen und Akteuren ergaben sich dabei für alle möglichen LBAS detaillier-

² Auch andere Flughafenbesucher gehören zur Zielgruppe von LBAS, werden im Folgenden aber nicht mehr gesondert erwähnt

te Datenblätter, die als Entscheidungsgrundlage für die Implementierung bestimmter LBAS sowie des LBAS-Systems selbst dienen.

2.5. Nutzen

Neben den Klassifizierungskriterien sind für die Umsetzung von LBAS in der Flughafenpraxis insbesondere die entstehenden Nutzeneffekte relevant. Neben Kosteneinsparungen und effizienterer Prozessabwicklung [15, S. 14] ergeben sich für die Beteiligten unter anderem die in Tabelle 1 genannten Vorteile.

Tabelle 1 - Nutzeneffekte von LBAS

Akteur	Nutzen
Flughafenbetreiber	<ul style="list-style-type: none"> - Engere Kundenbindung - Neue Erlöspotenziale, insbesondere bei Non-Aviation-Prozessen - Differenzierung im Wettbewerb um Passagiere und Fluggesellschaften - Planungshilfe durch Analyse von historischen Ortungsdaten
Fluggesellschaften	<ul style="list-style-type: none"> - Höhere Kundenzufriedenheit - Optimierung der Abfertigung, kürzere Turn-Around-Zeiten
Externe Dienstleister	<ul style="list-style-type: none"> - Optimierung der Abfertigung - Verbesserung der Personal-, Gepäck- und Arbeitsmateriallogistik
Einzelhandel	<ul style="list-style-type: none"> - Engere Kundenbindung, neue Marketingformen - Verbesserte Marktforschung
Passagiere	<ul style="list-style-type: none"> - Kürzere, unkomplizierte Prozessdurchläufe - Verbesserte Orientierung sowie erhöhtes Sicherheitsgefühl

2.6. Kosten

Auch die bei einer möglichen Umsetzung der LBAS in der Praxis anfallenden Kosten wurden detaillierter betrachtet. Beispielhaft zu nennen sind hier Softwarelizenzkosten, z. B. für das verwendete WLAN-Ortungssystem (vgl. Abschnitt 4.4), Entwicklungs- und Einrichtungskosten sowie Hardware- und Wartungskosten. Diese würden in der Praxis größtenteils auf die Serviceanbieter umgelegt, die daneben auch noch die Aufwendungen für die Erstellung und Pflege der LBAS-Inhalte sowie für die Implementierung von Schnittstellen zu Drittsystemen tragen müssten. Im Gegenzug können Sie mit innovativen LBAS neue Erlösquellen erschließen, beispielsweise über kostenpflichtige ortsbasierte Informations- und Unterhaltungsdienste sowie kontextabhängige Werbemöglichkeiten. Neben den Kosten können mit der Einführung von LBAS auch weitere Nachteile eintreten, auf die im Abschnitt 5 näher eingegangen wird.

3. Szenario einer Passagierprozessunterstützung durch LBAS

Abbildung 3 zeigt den typischen Passagierprozessablauf (*Passenger Processes*) als hauptsächlichen Bestandteil des Prozessbereichs *Passenger Management* [8, S. 16]. Grundlage sind die von der International Air Transport Association (IATA) definierten Prozessabläufe [9]. Eine Prozessunterstützung durch LBAS verfolgt hier das Ziel, die Prozesseinhaltung unter Berücksichtigung von Zeitrestriktionen zu gewährleisten, zum anderen soll der Passagier bei weiteren Prozessen (*Non-Aviation Processes*) [8, S. 17], also z. B. bei Unterhaltungs-, Konsum- und Gastronomieprozessen unterstützt werden. Drittens müssen LBAS auch die Behandlung von Ausnahmeprozessen (*Exception Processes*) [8, S.18] erleichtern. Dies betrifft beispielsweise Flugverspätungen, Gatewechsel oder Gepäckverluste.



Abbildung 3 – Passagierprozesse (Quelle: [8, S. 16])

Als Anforderungskatalog für das zu entwickelnde LBAS-System wurde das folgende Szenario definiert: Beim Erreichen des Flughafengeländes (*Ground Access*) bekommt der Passagier die Mög-

lichkeit, sich mit seinem mobilen Gerät an das System anzumelden. Dies kann entweder anonym oder mit Bezug auf ein Kundenkonto geschehen. Im letzteren Fall verfügt das System dann über einen Kontext aus Benutzerdaten und –präferenzen zur Individualisierung der später angebotenen LBAS. Zum späteren Wiederauffinden speichert das System die Position des KFZ des Passagiers und gibt ihm dann eine erste Orientierung über das Flughafengelände. Am Ende jedes Teilprozesses erhält der Benutzer eine Übersicht über die möglichen Folgeschritte und ggf. über mögliche Zeitprobleme. Den *Check-in* kann der Nutzer direkt über sein mobiles Endgerät vornehmen. Er wird dann zum Gepäckschalter navigiert, falls er Reisegepäck aufgeben möchte. Für den Fall, dass er einen klassischen Check-in-Schalter aufsuchen möchte, weist ihm das Gerät den Weg dorthin. Nach dem Check-in verfügt das System zusätzlich über einen Kontext aus Buchungs- und aktuellen Flugdaten und kann den Passagier informieren, falls es Neuigkeiten zu seinem Flug gibt. Im Teilprozess *Security-Run* erhält der Nutzer aktuelle Informationen über Standort, Auslastung und optimalen Zeitpunkt der Sicherheitskontrollen. Er wird außerdem benachrichtigt, falls es Probleme mit seinem Gepäck im parallel ablaufenden Gepäckabfertigungsprozess gibt. Nach dem *Security-Run* betritt der Passagier den Transitbereich und wird bei optionalen Nebenprozessen durch verschiedene LBAS unterstützt. Beispielsweise ermöglicht ein elektronisches Konto, Einkaufs- und Verpflegungseinrichtungen bargeldlos zu benutzen. Außerdem kann die Nutzung spezieller Bereiche (z. B. VIP-Lounge) je nach Buchungsklasse, Nutzungsdauer und Aufenthaltsort automatisch abgerechnet werden. Mit Hilfe seines mobilen Endgeräts kann der Passagier verschiedene Informationsdienste abonnieren, indem er den 2D-Barcode [21] eines physischen Informationsträgers (Plakat, Display o.ä.) erfasst. Er bekommt ab diesem Zeitpunkt die damit verbundenen Informationen mobil und aktuell angezeigt. Während des gesamten Prozessablaufs wird der Passagier über mögliche Ausnahmeprozesse informiert. Verspätet sich sein Flug, erhält er Informationen und ggf. einen Voucher zum Bezug von Verpflegung auf sein Endgerät. Fällt ein Flug gänzlich aus, erhält er alternative Flüge und wird ggf. erneut zum Check-in navigiert. Ändert sich das Gate, wird er rechtzeitig informiert und erhält Navigationshilfe zum neuen Gate. Auch der Prozess des *Boarding* kann durch LBAS unterstützt werden. Zum einen können LBAS dazu beitragen, dass alle Passagiere pünktlich zum Boardingzeitpunkt am Gate sind, zum anderen können deren mobile Endgeräte automatisch vor dem Betreten des Flugzeugs deaktiviert werden. Nach dem Flug erfolgt wieder eine Anmeldung an das LBAS-System des Zielflughafens. Anschließend wird der Nutzer im Rahmen des *Baggage Reclaim* zum richtigen Gepäckband navigiert und erhält Informationen über den Status seines Gepäcks sowie eventuell aufgetretene Probleme. Beim Verlassen des Flughafengebäudes (*Ground Departure*) werden dem Passagier Weiterreismöglichkeiten sowie Buchungsfunktionen (Taxiruf, Bezug von ÖPNV-Tickets, Hotelbuchung) angeboten. Mit Hilfe der Navigationsfunktion kann er sich auch zu seinem geparkten KFZ leiten lassen. Parallel zum Ablauf des Passagierprozess erhalten auch die anderen Akteure Unterstützung durch das System. So kann z. B. Personal zu Störungsquellen navigiert werden, der Flughafenbetreiber sowie externe Dienstleister erhalten Laufweganalysen sowie aktuelle Auslastungsübersichten, um ihre Kapazitäten anpassen zu können, und die Fluggesellschaften erhalten Ortungs- und Kommunikationsmöglichkeiten für Passagiere, die den Flugabfertigungsprozess verzögern.

4. Integriertes Ortungs- und Kommunikationssystem für LBAS

4.1. Rahmenbedingungen

Um einen hohen Akzeptanz- und damit Nutzungsgrad zu erzielen, muss ein LBAS-System möglichst viele der heterogenen Passagier-Endgeräte unterstützen. Weltweit verfügen bereits über 90% aller Fluggäste über ein Mobiltelefon [15, S. 3]; nahezu jedes neu verkaufte verfügt dabei neben GSM über mindestens eine Nahfunktechnologie wie z. B. Bluetooth [2]. Im geschäftlichen Bereich dominieren bei den Passagieren daneben auch Notebooks, die üblicherweise eher mit WLAN ausgestattet sind.

Darüber hinaus sollte sich ein LBAS-System auch in eine ggf. bestehende WLAN-Infrastruktur des Flughafens integrieren lassen, also diese zur Kommunikation und Ortung nutzen können, um die Anfangsinvestitionen in die für LBAS erforderliche Hardware-Infrastruktur zu minimieren.

4.2. Ortungs- und Kommunikationstechnologien

Für die Lokalisierung von Endgeräten bedient sich das entwickelte LBAS-System eines innovativen, hybriden Ortungskonzepts: zum einen wird eine flughafenweite, relativ präzise Ortung durch Auswertung der Signalstärken von WLAN-Accesspoints durch die mobilen Endgeräte selbst durchgeführt (Selbstortung), zum anderen kann der Aufenthaltsort von Bluetooth-fähigen Endgeräten zellbasiert über verteilt installierte Bluetooth-Accesspoints registriert werden (Fremdortung).

Für die WLAN-Ortung wird auf eine Realtime-Locating-System-(RTLS)-Lösung der Firma Ekahau zurückgegriffen [7]. Diese stellte sich in einem Vergleich von fünf kommerziellen und quelloffenen Systemen zur WLAN-Ortung zwar als kostenintensive, dafür aber als beste Lösung hinsichtlich der Kriterien Ortungsgenauigkeit, Prozessor- und Netzwerkauslastung sowie Einrichtungsaufwand herausgestellt. Sie setzt das sog. Radio-Mapping-Verfahren um, bei dem in einem Kalibrierungsdurchlauf zunächst die charakteristische Signalstärkenverteilung (Fingerprint) aller empfangenen WLAN-Accesspoints an jedem Punkt des Areals erfasst wird. Im Produktivbetrieb werden dann die vom WLAN-Gerät gemessenen Signalstärken ständig mit den in einer Datenbank hinterlegten Fingerprints nach dem *Weighted-k-Nearest-Neighbours*-Verfahren verglichen und die zutreffendste Ortsangabe ermittelt [5].

Für die Bluetooth-Ortung wurde eine eigene Lösung entwickelt, bei der Bluetooth-Accesspoints über einen sog. *Inquiry*-Vorgang alle Bluetooth-Endgeräte in ihrem Empfangsbereich ermitteln. Zusätzlich werden durch einen kurzen Verbindungsaufbau mit den mobilen Endgeräten deren Signalstärken ausgewertet, was die erzielbare Genauigkeit weiter erhöht.

Für die drahtlose Kommunikation mit den Endgeräten ergänzen sich beide Technologien optimal. Bluetooth ermöglicht durch vordefinierte Endgeräteprofile das Versenden von Nachrichten an Geräte ohne spezielle Client-Software, WLAN erlaubt klassische TCP/IP-Kommunikation, benötigt dafür jedoch entsprechende Clientprogramme oder Webbrowser auf den Endgeräten. Tabelle 2 vergleicht WLAN- und Bluetooth hinsichtlich ihrer Eignung für Ortung und Kommunikation. Es zeigt sich, dass beide Technologien einander komplementär ergänzen und sich somit für einen hybriden Einsatz empfehlen. Außerdem erhöht sich somit der Anteil an Endgeräten, der über mindestens eine der beiden Technologien in das LBAS-System eingebunden werden kann.

Tabelle 2 – Vor- und Nachteile von WLAN und Bluetooth hinsichtlich Ortung und Kommunikation

Kriterium	WLAN	Bluetooth
Ortungsverfahren	freie Ortung über Signalstärken	zellbasierte Ortung
Netzabdeckung	flächendeckend	einzelne Zellen
Verbindungsabbruch bei AP-Wechsel	nein	ja
Ortungsgenauigkeit	1 – 10 Meter (flächendeckend)	2 – 10 Meter je nach Bluetooth-Klasse (in einer Zelle)
Vorherige Kalibrierung des Areals erforderlich	ja	nein
Clientsoftware zur Ortung des mobilen Endgeräts erforderlich	ja	nein

4.3. Prozessunterstützung

Für die Implementierung des LBAS-Unterstützungsszenarios ist zunächst die Definition logischer Zonen innerhalb des Flughafenareals (Check-in, Security-Kontrolle, VIP-Lounge, Gates usw.) erforderlich. Während diese mit den durch die Bluetooth-Accesspoints aufgespannten Empfangsbereichen identisch sind, müssen die Zonen bei der WLAN-Ortung zunächst auf der kalibrierten Signalstärkenkarte des Flughafenareals definiert werden.

Um die spätere Entwicklung der konkreten LBAS zu erleichtern, wurden verschiedene generische Unterstützungsmodule implementiert (vgl. Tabelle 3), die später von den einzelnen LBAS in einer bestimmten zeitlichen Reihenfolge oder in Abhängigkeit des Aufenthaltsorts des Nutzers aufgerufen werden. Der aktuelle Prozessschritt jedes Passagiers wird dabei über die Zuordnung seiner Position zu einer logischen Zone ermittelt und zur Gestaltung der Dialogführung herangezogen.

Tabelle 3 – Generische LBAS-Unterstützungsmodule

Unterstützungsmodul	Funktion
Benutzerkonto	An- und Abmelden an das System, Stammdatenverwaltung, Einstellen persönlicher Präferenzen zu Benachrichtigungen und Privatsphäre
Nachricht/Dialog	Übermittlung und Anzeigen von Benachrichtigungen, Dialogführung, Auswertung von Benutzereingaben
Information	Anzeige umfangreicher, auch grafischer Informationen (z. B. Fahrpläne, Lagepläne)
Rechnung	benutzerspezifisches Zahlungskonto, Zahlungsmittel, Gutscheifen- und Rechnungsverwaltung
Navigation	Kartenansicht mit aktuellem Aufenthalts- und Zielort sowie zusätzlichen Informationen (z. B. Points of Interest (POI), Standort von Mitarbeitern)

4.4. System-Architektur

Abbildung 4 illustriert die Softwarearchitektur des implementierten LBAS-Systems. Als Funktionsschnittstelle zu den mobilen Endgeräten kommen kostengünstige Embedded-Router zum Einsatz, die Standard-WLAN-Accesspoint-Funktionalität besitzen und über Firmware- und Hardware-Ergänzungen um Bluetooth-Accesspoint-Funktionalität erweitert wurden.

Auf diesen drahtlosen Zugangspunkten bildet die *Accesspoints*-Komponente den wichtigsten Bestandteil der Kommunikations- und Ortungsfunktionalität. Dabei handelt es sich um eine modifizierte Firmware auf Basis des quelloffenen Linux-Router-Betriebssystems *OpenWRT* [13], die drahtlose Endgeräte per WLAN authentifiziert sowie in ein TCP/IP-Netzwerk einbindet und die um zwei zusätzliche Funktionen erweitert wurde: zum einen versendet sie LBAS-Inhalte an Bluetooth-Endgeräte via OBEX-Protokoll [22], zum anderen scannt sie laufend die Bluetooth-Device-IDs aller in der Nähe befindlichen Bluetooth-Geräte. Diese schickt sie zusammen mit den WLAN-Signalstärkeinformationen, die auf den WLAN-Endgeräten über eine spezielle Client-Software ermittelt werden, an die *Positioning Engine*, die alle Ortungsdaten aggregiert, für die Nutzung durch die LBAS aufbereitet und mit Zeitstempeln archiviert. Die Berechnung der WLAN-Ortungsdaten erfolgt dabei durch Einbindung der Ekahau-RTLS-Engine per Webservice-Aufruf.

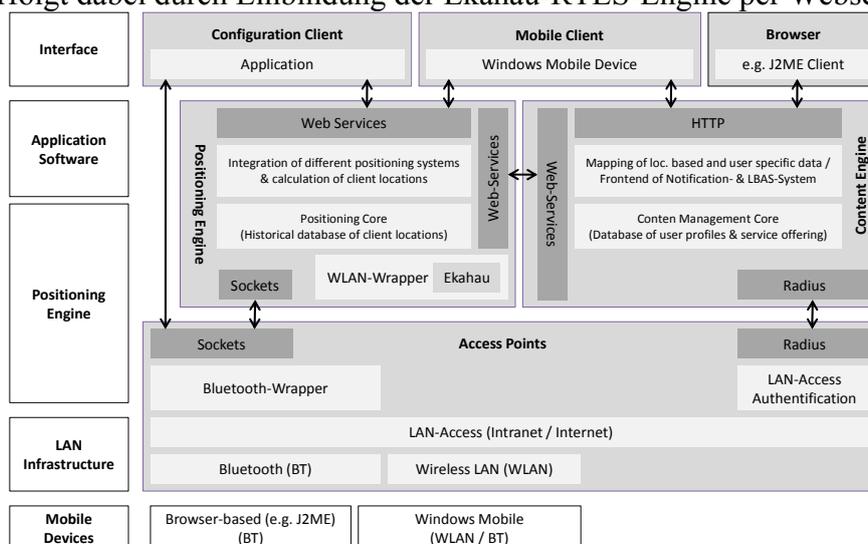


Abbildung 4 – Softwarearchitektur des LBAS-Systems

Auf einem separaten Server läuft die *Content Engine*. Diese führt die eigentlichen LBAS aus und stellt ihnen neben den erhaltenen Ortungsdaten auch weitere Inhalte von externen Systemen (Bu-

chungssysteme, Flight-Information-Systeme usw.) sowie eine Benutzerkontoverwaltung zur Verfügung. Die von den LBAS erstellten Inhalte werden dann entweder per WLAN oder Bluetooth an die Endgeräte distribuiert.

Exemplarisch wurde für Windows-Mobile-basierte Endgeräte ein eigener *Mobile Client* entwickelt, der die Inhalte gerätespezifisch aufbereitet, präsentiert und gleichzeitig den Windows-Mobile-Client der Ekahau-Lösung anbindet. Mobile Geräte mit anderen Betriebssystemen können über einen Standard-Internetbrowser auf die LBAS-Inhalte zugreifen. Dabei wird die gesamte Dialogführung mit dem Passagier komfortabel und optisch ansprechend per AJAX [19] abgewickelt.

Ein *Configuration Client* erlaubt die Verwaltung der Accesspoints und der angemeldeten Endgeräte sowie die Auswertung der archivierten Ortungsdaten, um den Servicekonsumenten z. B. Laufwege der Nutzer sowie Auslastungsübersichten der einzelnen Zonen zur Verfügung zu stellen.

5. Fazit und Ausblick

Das LBAS-System wurde sowohl in einer Labor-Umgebung als auch beim Kooperationspartner Siemens Airport Center in einer realistisch nachgestellten Flughafenumgebung getestet. Der dabei nötige Installationsaufwand konnte durch das Verwenden einer Standard-WLAN-Infrastruktur begrenzt werden. In einem Flughafen-Praxisszenario müssen eventuell vorhandene WLAN-Accesspoints gegen Geräte mit Unterstützung für Firmware-Erweiterungen sowie Bluetooth ausgetauscht werden sowie ggf. zusätzliche Accesspoints installiert werden, um die für eine WLAN-Ortung nötige Minstdichte an Accesspoints zu gewährleisten. Im Prototypenbetrieb konnten nach einer einmaligen Kalibrierung des Areals mit Hilfe der eingebundenen WLAN-Ortungssoftware und der Definition logischer Zonen die einzelnen LBAS für das System implementiert werden. Durch die Wiederverwendbarkeit der generischen Unterstützungsmodule beschränkte sich der Entwicklungsaufwand dabei hauptsächlich auf die Erstellung der Inhalte sowie die Gestaltung der Dialogführung und die Verknüpfung mit den logischen Zonen.

Die erzielte Ortungsgenauigkeit hing bei WLAN stark von der Kalibrierungsqualität und natürlich von der verwendeten Ekahau-Software ab. Bei günstig positionierten WLAN-Accesspoints konnte jedoch eine durchschnittliche Positionierungsgenauigkeit von 2 – 5 Metern in der nachgestellten Flughafenumgebung des Siemens Airport Centers erzielt werden. Die zellenbasierte Bluetooth-Ortung funktionierte, sofern sich die von den Accesspoints aufgespannten Bluetooth-Empfangsbereiche nicht überschneiden, einwandfrei und ermöglichte eine eindeutige Zonenzuordnung der Endgeräte. Ein Problem stellte hier allerdings die zeitliche Verzögerung dar, die durch den langsamen Inquiry-Vorgang auf den Bluetooth-Accesspoints verursacht wird. Im Mittel benötigte es gut 10 Sekunden, bis das Betreten einer Bluetooth-Zelle vom System erkannt wurde.

Über die technischen Problemstellungen hinaus ergeben sich durch den Einsatz von LBAS-Systemen an Flughäfen neue Herausforderungen. Einerseits kann die Lokalisierbarkeit von Endgeräten bei Passagieren den Eindruck einer Überwachung auslösen. Diesem Eindruck muss mit einer transparenten Kommunikationspolitik entgegengewirkt werden, die klarmacht, welche technischen Voraussetzungen für die Ortung bestehen und wie diese durch den Passagier beeinflusst werden können. Andererseits darf die Verknüpfung von Ortungs- und Personendaten nur auf freiwilliger Basis geschehen. Widerspricht ein Passagier dieser Verknüpfung, erfährt er dann zwar noch ortsbezogene, aber eben keine personen- oder flugspezifische Prozessunterstützung mehr. Zusätzlich muss darauf geachtet werden, dass die Passagiere selbst Menge und Art der dargebotenen Informationen bestimmen können, um nicht gestört oder überfordert zu werden.

Das vorliegende System implementiert selbst schon einige wichtige Prozessunterstützungsfunktionen und erlaubt die einfache Entwicklung weiterer LBAS auf einer Vielzahl von Endgeräten, die allerdings eine der Drahtlostechnologien WLAN oder Bluetooth unterstützen müssen. Es muss nun aus der Demonstrationsumgebung des Siemens Airport Centers heraus in eine echte Flughafenumgebung portiert werden, um im Rahmen eines detaillierten Business Case die genauen Kosten und Ertragsmöglichkeiten sowie die Ausgestaltung der einzelnen LBAS zu evaluieren. Nicht zuletzt hat

das System in der Praxis zu beweisen, dass es die erhoffte Effizienzsteigerung in den Flughafenprozessen bringt und von ausreichend vielen Passagieren akzeptiert wird.

6. Literatur

- [1] Airbus (2007): Global Market Forecast 2007 – 2026. http://www.airbus.com/store/mm_repository/pdf/att00011423/media_object_file_GMF_2007.pdf, Abruf am 2008-07-28
- [2] Bluetooth Special Interest Group (2005): Bluetooth Shipments Climb to Five Million Per Week. http://www.bluetooth.com/Bluetooth/Press/SIG/Bluetooth_Shipments_Climb_to_Five_Million_Per_Week.htm, Abruf am 2008-07-28
- [3] Boston Consulting Group, The (2004): Flughäfen vor Verdrängungswettbewerb. http://www.bcg.com/publications/files/BCG_Global_Airports_21_April_2004.pdf, Abruf am 2008-07-28
- [4] Bowen, Brent D.; Headley, Dean E. (2005): Airline Quality Rating 2005. Forschungsbericht, University of Nebraska, Wichita State University, Omaha
- [5] Deasy, T. P.; Scanlon, W. G. (2007): Simulation or Measurement: The Effect of Radio Map Creation on Indoor WLAN-Based Localisation Accuracy, in: Springer Verlag: Wireless Personal Communications Number 4, S. 563-573
- [6] EADS (2004): Die A380 erwacht zum Leben, in: EADS: Steigflug - Das Unternehmen im Jahr 2004. http://www.reports.eads.net/2004/ar_2004/de/downloads/Book1/das_unternehmen_im_jahr_2004.pdf, Abruf am 2008-07-28
- [7] Ekahau: Ekahau RTLS. <http://www.ekahau.com/?id=4200>, Abruf am 2008-07-28
- [8] Ferstl, J. (2007): Integration von fluggastrelevanten Prozessen in ein zentrales Airport Operation Concept – Analyse, Bewertung und Implikationen. Diplomarbeit, Universität Erlangen-Nürnberg
- [9] International Air Transport Association (2005): SPT – Ideal Process Flow V1.0. 01.12.2005. http://www.iata.org/NR/rdonlyres/3A7B777C-3508-4B0E-86AB-EC39D834475D/0/IPF_V10_Nov2005.pdf, Abruf am 2008-07-28
- [10] International Air Transport Association (2008): Annual Report 2008. <http://www.iata.org/NR/rdonlyres/84158349-7772-4892-86AB-836DE73E0A52/0/IATAAnnualReport2008.pdf>, Abruf am 2008-07-28
- [11] Mertens, P.; Bodendorf, F. (2004): Grundzüge der Wirtschaftsinformatik. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York
- [12] o.V. (1996): Council Directive 96/67/EC of 15 October 1996 on access to the groundhandling market at Community airports. EU Richtlinie, Ministerrat der Europäischen Union, Brüssel
- [13] o.V.: OpenWrt. <http://openwrt.org/>, Abruf am 2008-07-28
- [14] Siemens AG: Siemens Airport Center. <http://www.industry.siemens.com/airports/en/SAC/en/default.htm>, Abruf am 2008-07-28
- [15] SITA (2008): How Mobile Technology Will Enhance Passenger Travel. <http://www.sita.com/NR/rdonlyres/6956EFEA-EC3E-4851-B3CB-F8495C35BDD3/0/PassengerMobilityNewFrontiersPaperMay08.pdf>, Abruf am 2008-07-28
- [16] SITA (2008): SITA research shows mobile phones have potential to save the industry \$600 M on flight delays. http://www.sita.aero/News_Centre/Press_releases/Press_releases-2008/SITA_research_shows_mobile_phones_have_potential_to_save_the_industry_600_M_on_flight_delays.htm, Abruf am 2008-07-28
- [17] Steiniger, S.; Neun, M.; Edwardes, A. (2006): Foundations of Location Based Services. http://www.geo.unizh.ch/publications/cartouche/lbs_lecturenotes_steinigeretal2006.pdf, Abruf am 2008-07-28
- [18] Thorne, Alan; Prodonof, Victor; McFarlane, Duncan (2008): Aircraft Turnaround In the Auto-ID Enabled Environment. Auto-ID Lab, University of Cambridge, United Kingdom
- [19] Wikipedia: Ajax (Programmierung). http://de.wikipedia.org/wiki/Ajax_%28Programmierung%29, Abruf am 2008-07-28
- [20] Wikipedia: Augmented Reality. http://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality, Abruf am 2008-07-28
- [21] Wikipedia: DataMatrix. <http://de.wikipedia.org/wiki/DataMatrix>, Abruf am 2008-07-28
- [22] Wikipedia: OBEX. <http://de.wikipedia.org/wiki/IrOBEX>, Abruf am 2008-07-28
- [23] Wikipedia: Standortbezogene Dienste. http://de.wikipedia.org/wiki/Standortbezogene_Dienste, Abruf am 2008-07-28
- [24] Wilken, D.; Focke, H. (2003): Zur Nutzungsintensität der Flughafenkapazitäten in Deutschland: Weiter zunehmende Konzentration oder eher gleichmäßige Verteilung der Nachfrage nach Flughafenkapazität?, in: Universität Dresden: Mobilität und Verkehrsmanagement in einer vernetzten Welt, CR-ROM, 19. Verkehrswissenschaftliche Tage Dresden