

Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)

publishes this series in order to make available to a broad public recent findings in informatics (i.e. computer science and information systems), to document conferences that are organized in cooperation with GI and to publish the annual GI Award dissertation.

Broken down into

- seminars
- proceedings
- dissertations
- thematics

current topics are dealt with from the vantage point of research and development, teaching and further training in theory and practice. The Editorial Committee uses an intensive review process in order to ensure high quality contributions.

The volumes are published in German or English.

Information: <http://www.gi-ev.de/service/publikationen/lni/>

ISSN 1617-5468

ISBN 978-3-88579-279-6

This volume contains the proceedings of the 6<sup>th</sup> conference organized by the GI special interest group on Mobility and Mobile Information Systems (GI-Fachgruppe MMS). The aim of both, the interest group and the conference, is to offer a platform for discussion on all subjects relevant to mobile and ubiquitous technologies and applications. Topics of interest range from areas of classical computer science like mobile databases or security aspects of mobile applications to subjects from business informatics like mobile business processes and mobile commerce.



H. Höpfner, G. Specht, T. Ritz, Ch. Bunse (Hrsg.): Mobile und ubiquitäre Informationssysteme (MMS 2011)

# GI-Edition

## Lecture Notes in Informatics

**Hagen Höpfner, Günther Specht,  
Thomas Ritz, Christian Bunse (Hrsg.)**

## MMS 2011: Mobile und ubiquitäre Informationssysteme

**Proceedings zur 6. Konferenz Mobile und  
ubiquitäre Informationssysteme (MMS 2011)**

**Kaiserslautern, 28. Februar 2011**





Hagen Höpfner, Günther Specht,  
Thomas Ritz, Christian Bunse (Hrsg.)

**MMS 2011:**  
**Mobile und ubiquitäre Informationssysteme**

**Proceedings der 6. Konferenz**

**28. Februar 2011**  
**in Kaiserslautern, Deutschland**

Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)

## **Lecture Notes in Informatics (LNI) - Proceedings**

Series of the Gesellschaft für Informatik (GI)

Volume P-185

ISBN 978-3-88579-279-6

ISSN 1617-5468

### **Volume Editors**

Prof. Dr. Hagen Höpfner (Juniorprofessor), Bauhaus-Universität Weimar, Germany

Prof. Dr. Günther Specht, Universität Innsbruck, Austria

Prof. Dr.-Ing. Thomas Ritz, FH Aachen, Germany

Prof. Dr. Christian Bunse, FH Stralsund, Germany

### **Series Editorial Board**

Heinrich C. Mayr, Universität Klagenfurt, Austria (Chairman, [mayr@ifit.uni-klu.ac.at](mailto:mayr@ifit.uni-klu.ac.at))

Hinrich Bonin, Leuphana-Universität Lüneburg, Germany

Dieter Fellner, Technische Universität Darmstadt, Germany

Ulrich Flegel, Hochschule Offenburg, Germany

Ulrich Frank, Universität Duisburg-Essen, Germany

Johann-Christoph Freytag, Humboldt-Universität Berlin, Germany

Thomas Roth-Berghofer, DFKI, Germany

Michael Goedicke, Universität Duisburg-Essen, Germany

Ralf Hofestädt, Universität Bielefeld, Germany

Michael Koch, Universität der Bundeswehr, München, Germany

Axel Lehmann, Universität der Bundeswehr München, Germany

Ernst W. Mayr, Technische Universität München, Germany

Sigrid Schubert, Universität Siegen, Germany

Martin Warnke, Leuphana-Universität Lüneburg, Germany

### **Dissertations**

Steffen Hölldobler, Technische Universität Dresden, Germany

### **Seminars**

Reinhard Wilhelm, Universität des Saarlandes, Germany

### **Thematics**

Andreas Oberweis, Universität Karlsruhe (TH), Germany

© Gesellschaft für Informatik, Bonn 2011

**printed by** Köllen Druck+Verlag GmbH, Bonn

## Vorwort

Am 28. Februar 2011 findet bereits zum sechsten Mal die von der GI-Fachgruppe „Mobilität und Mobile Informationssysteme“ ausgerichtete Konferenz „Mobile und Ubiquitäre Informationssysteme (MMS 2011)“ statt. Sie wird diesmal parallel zur BTW 2011 in Kaiserslautern ausgetragen. Ziel der MMS-Konferenzreihe ist es, eine Brücke zwischen den technischen und den anwendungsorientierten Aspekten mobiler Informationssysteme zu schlagen. Der Fokus der MMS Konferenzreihe alterniert daher zwischen Themen der Wirtschaftsinformatik und Themen aus dem eher technischen Umfeld von Datenbanken. Nach der fünften MMS, mit Fokus auf wirtschaftsrelevante Themen, steht 2011 wieder der technische Aspekt im Vordergrund.

Mobilität und Ubiquität werden immer mehr zu entscheidenden Faktoren bei der Entwicklung, Implementierung und Anwendung von Informationssystemen. Die Verwendung mobiler und drahtloser Kommunikationstechnik erlaubt nicht nur eine bessere Unterstützung existierender mobiler Aktivitäten, sondern bietet auch die technische Grundlage für ganz neue Arten mobilen Arbeitens und Lebens. Pervasive Computing und Ambient Intelligence ergänzen die Unterstützungsmöglichkeiten mobiler Technologien durch die Einbettung von digitaler Assistenz und Intelligenz in der Umwelt des Nutzers. Darüber hinaus hat der Boom im Bereich der Smartphones gezeigt, dass sich die digitale Lücke zwischen der leistungsstarken, desktop-basierter Daten- und Informationsverarbeitung und der bis dato als "eingeschränkt" angenommenen, mobilen Variante schließt. Mobilität und Internetnutzung, Mobilität und Banking, Mobilität und Lifestyle, Mobilität und Social Communities ... all diese Kombinationen sind keine Visionen mehr, sondern werden durch Apps unterstützt. Dennoch sind Apps bisher keine fundamentale Allzwecklösung für die Probleme im Umfeld der mobilen und ubiquitären Informationssysteme.

Allgemein gilt, dass sowohl mobile Systeme als auch intelligente, instrumentierte Umgebungen das Ziel haben, Benutzer *so weit wie möglich* bei ihren beruflichen und privaten Aktivitäten auch jenseits des klassischen Schreibtisch-Arbeitsplatzes zu unterstützen. Mobile Arbeitsplätze werden in die Wertschöpfungskette des Unternehmens eingebunden, PDAs, Mobiltelefone und Smartphones führen Benutzer jederzeit und an jedem Ort durch ihre täglichen Aktivitäten, RFID-basierte Systeme erlauben eine dynamische, situationsadaptive Prozessautomatisierung in Logistik und Produktion, Smart Environments unterstützen individuelle und team-orientierte kreative Informationsarbeit, Ortsinformation wird für Initiierung und Konfiguration von Diensten verwendet, intelligente Gebäude erleichtern die benutzerabhängige Kontrolle komplexer Infrastrukturen, neue Arten der Gestaltung von Geschäftsprozessen werden ermöglicht.

Damit all diese Systeme effektiv funktionieren, benötigen die Technologien "Wissen" über den Benutzer, seine Pläne und Ziele, und die Umgebung, in der er agiert. Forschung zu mobilen und ubiquitären Systemen muss Strategien bereitstellen, mit deren Hilfe

dieses Situationswissen erfasst, verstanden und genutzt werden kann. Die Kernherausforderung für mobile und ubiquitäre Systeme ist daher, technologische Lösungen nahtlos in die Aktivitäten, Geschäftsprozesse und Wertschöpfungsketten der realen Welt zu integrieren - und damit den Menschen bestmöglich in seinem täglichen Berufs- und Privatleben zu unterstützen. Dieses Ziel kann nur durch interdisziplinäre Arbeit erreicht werden und die MMS 2011 bietet die Plattform für derartige Arbeiten.

Wir bedanken uns bei allen Mitwirkenden, allen Einreichern, bei den Mitgliedern des Programmkomitees, den Organisatoren der BTW 2011, der GI und dem Verlag. Wir wünschen Ihnen eine anregende und interessante Konferenz, viele neue Kontakte und Ideen und freuen uns auf ein Treffen in Kaiserslautern

*Günther Specht,  
Hagen Höpfner  
Thomas Ritz  
Christian Bunse*

## **Organisationskomitee**

Prof. Dr. Hagen Höpfner	Juniorprofessor Bauhaus-Universität Weimar Mobile Medien hagen.hoepfner@acm.org
Prof. Dr. Günther Specht	Universität Innsbruck Institut für Informatik Datenbanken und Informationssysteme (DBIS) guenther.specht@uibk.ac.at
Prof. Dr.-Ing. Thomas Ritz	FH Aachen Informations- und Kommunikationstechnik ritz@fh-aachen.de
Prof. Dr. Christian Bunse	FH Stralsund Software Systeme christian.bunse@fh-stralsund.de

## **Programmkomitee**

Andreas Albers (Uni Frankfurt/Main)  
Markus Bick (ESCP Berlin)  
Susanne Boll (Uni Oldenburg)  
Christian Bunse (FH Stralsund)  
Torsten Eymann (Uni Bayreuth)  
Rony G. Flatscher (WU Wien, Österreich)  
Norbert Fuhr (Uni Duisburg Essen)  
Tom Gross (BU Weimar)  
Felix Hampe (Uni Koblenz-Landau)  
Hagen Höpfner (BU Weimar)  
Thomas Kirste (Uni Rostock)  
Birgitta König-Ries (Uni Jena)  
Franz Lehner (Uni Passau)  
Jan Marco Leimeister (Uni Kassel)  
Essam Mansour (KAUST Thuwal, Saudi-Arabien)  
Holger Meyer (Uni Rostock)  
Florian Michahelles (ETH Zürich, Schweiz)  
Daniela Nicklas (Uni Oldenburg)  
Alexis Papathanassis (FH Bremerhaven)  
Key Pousttchi (Uni Augsburg)  
Mike Radmacher (DeTeCon)  
Kai Rannenber (Uni Frankfurt)  
Thomas Ritz (FH Aachen)  
Michael Rohs (Telekom)  
Jörg Roth (FH Nürnberg)  
Enrico Rukzio (Lancaster University, UK)  
Günther Specht (Uni Innsbruck, Österreich)  
Frederic Thiesse (Uni Würzburg)  
Can Türker (FGCZ Zürich, Schweiz)  
Klaus Turowski (Uni Augsburg)  
Arno Wilfert (PricewaterhouseCoopers)

# Inhalt

<b>Patrick Burns, Christopher Lueg, Shlomo Berkovsky</b> ActivMON: A Wearable Ambient Activity Display .....	11
<b>Carsten Kleiner, Thole Schneider</b> Securing SOAP Web Services for Mobile Devices on Different Platforms .....	25
<b>Alexander Funk, Claas Busemann, Christian Kuka, Susanne Boll, Daniela Nicklas</b> Open Sensor Platforms: The Sensor Web Enablement Framework and Beyond .....	39
<b>Sebastian Lempert, Alexander Pflaum</b> Towards a Reference Architecture for an Integration Platform for Diverse Smart Object .....	53
<b>Rene Wegener, Andreas Prinz, Jan Marco Leimeister</b> Entwicklung innovativer, mobiler Lernanwendungen für den Einsatz in Massenveranstaltungen (Kurzbeitrag) .....	67
<b>Axel Hoffmann, Silke Jandt, Holger Hoffmann, Jan Marco Leimeister</b> Integration rechtlicher Anforderungen an soziotechnische Systeme in frühe Phasen der Systementwicklung (Kurzbeitrag) .....	72
<b>Petra Urlberger, Markus Bick, Tyge-F. Kummer</b> Einsatz mobiler Technologien bei deutschen Krankenversicherern – Eine qualitative Studie .....	77
<b>Sebastian Damm, Thomas Ritz, Jakob Strauch</b> Muster und Cloud Computing als Plattformstrategie für mobile Unternehmenssoftware .....	91
<b>Michael Decker</b> Modellierung von Ortseinschränkungen für mobile Geschäftsprozesse mit höheren Petri-Netzen .....	105



# ActivMON: A Wearable Ambient Activity Display

Patrick Burns<sup>1</sup>, Christopher Lueg<sup>1</sup>, Shlomo Berkovsky<sup>2</sup>

<sup>1</sup> School of Computing and Information Systems  
University of Tasmania  
Hobart, Australia  
Patrick.Burns@utas.edu.au  
Christopher.Lueg@utas.edu.au

<sup>2</sup> Tasmanian ICT Centre  
CSIRO  
Hobart, Australia  
Shlomo.Berkovsky@csiro.au

**Abstract:** Global increases in overweight and obesity are linked to a trend towards decreased levels of physical activity. In combating this problem, we present ActivMON – a wearable ambient display which illuminates with a varying colour to provide a user with an intuitive visualisation of their daily activity level, as well as using a pulsing illumination to provide an indication of the activity level of other users. ActivMON is able to progressively increase a user's daily activity goal to encourage a sustained increase in physical activity. We present an initial evaluation of ActivMON, as well as discussing possible future research directions involving the use of wearable ambient displays to motivate physical activity.

## 1 Introduction

According to the World Health Organisation, over 1.6 billion adults are overweight, with this figure projected to climb to 2.3 billion by 2015 [Wo10]. The global increase in overweight and obesity is attributable to a higher intake of energy-dense foods, as well as a trend towards decreased levels of physical activity. Our research seeks to combat the problem of decreased activity levels, by employing wearable ambient displays to increase users' awareness of their level of physical activity, and to challenge them to achieve a sustained increase in their daily activity level.

Engaging with physical activity programs is difficult because physical activity itself is often not enjoyable. To sustain user engagement, it is important to set challenging but achievable goals, and to be able to monitor and visualise user progress towards these goals. Devices and tools such as pedometers and online progress charts exist to assist users in setting goals and monitoring their progress. However many of these tools require the user to feed in data and interpret progress on an ongoing basis.

We present ActivMON (Fig. 1), a wearable ambient display which can be attached to a person's wrist. ActivMON monitors the user's level of physical activity, and illuminates with a colour representing the person's cumulative daily activity as compared to a daily activity goal. ActivMON illuminates red when switched on at the beginning of each day, when no activity has been monitored, and gradually changes colour to green as the user performs more and more activity and approaches their daily goal. Rather than having to remember a daily activity goal, the colour of the device provides an intuitive visualisation of a person's current activity status.

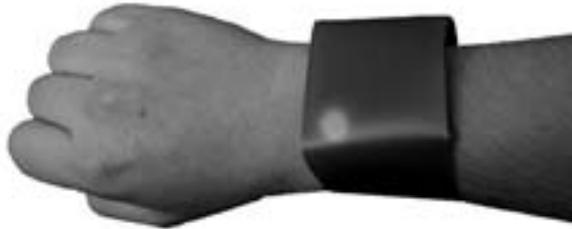


Fig. 1: ActivMON device on user's arm

ActivMON can also provide users with a real-time visualisation of the level of physical activity of a group of other, possibly geographically dispersed, users. A dedicated web interface allows ActivMON users to form into groups. Each user's device periodically connects to the web server and uploads the activity level of that user. The activity levels of all group members are then synchronised and aggregated to produce an indication of the activity level of the group as a whole.

This group activity level is then presented to each user in the group via a pulsing illumination of the user's ActivMON. A high pulse rate indicates that many members of the group are currently performing a high level of physical activity, whereas a low pulse rate indicates that the activity level of the group members is low. Therefore, when any member of the group starts performing physical activity, this becomes visible to other group members, possibly triggering them to also perform physical activity [Fo03].

ActivMON is capable of uploading a user's activity information to the Internet, allowing this information to be shared through social media websites. Previous works discuss the principles of normative influence, social comparison, competition and recognition in persuasive computing systems [Fo03, OH08, WFL08]. Aside from the motivation provided by the ActivMON device, the ActivMON's compatibility with social media websites provides users with a mechanism to communicate with others with similar goals (normative influence), compare their performance with others (social comparison) and to possibly compete with other users in achieving activity goals (competition).

ActivMON is able to challenge users to achieve a sustained increase in activity levels, through the use of personalised activity goals. ActivMON is able to monitor a user's daily activity levels over the course of a week, and to suggest an increased activity goal for the following week. If the user achieves this new goal in the following week, the goal will be increased again the next week. Each increase is nominally 5% of the previous week's average activity level. It should be mentioned that the user remains in control of the activity goals, as they are provided with a web-based interface allowing them to adjust their personalised goal.

We conclude with a preliminary assessment of ActivMON, using data sets collected from a user performing sedentary and non-sedentary activities in real-world situations. We demonstrate that ActivMON is effective in discriminating between these activity types.

This paper provides two main contributions. Firstly, we present a wearable ambient display, providing users with an intuitive visualisation of their daily activity levels by displaying one of a continuum of colours, and a method for adaptively increasing a user's daily activity goal to challenge the user to achieve a sustained increase in physical activity levels. Secondly, we present a method for visualising the aggregate level of physical activity of a group of users through a wearable ambient display using a pulsing illumination.

The paper is organised as follows. In section 2, we provide an overview of related works involving the use of activity monitoring technologies to promote an increase in physical activity. In section 3 we discuss the design and development of the ActivMON device, with specific reference to design considerations mentioned in the literature. In section 4 we discuss the operation of the ActivMON device, in displaying an individual user's activity level, displaying the activity level of a group of users, and in adaptively setting activity goals for the user. In section 5 we present a preliminary assessment of the ActivMON device in a real-world usage scenario, and in section 6 we present our conclusions and propose future research directions.

## 2 Related Work

There has been some previous work on the use of ubiquitous displays to promote awareness of a person's activity levels. Lin et. al. developed the "Fish'n'Steps" social computing game (Fig. 2) [Li06]. Each participant was represented by a virtual fish, displayed on a computer screen, that grew larger depending on their activity level (measured using a pedometer). The fish could be "happy", "angry" or "sad" depending on whether the user was achieving a predefined daily target. In the group version of the game, the water in the virtual fish tank would become darker if any individual team member failed to meet at least half their daily goal.

Similarly, Consolvo et. al. developed the “UbiFit Garden” (Fig. 3) - a mobile, personal glanceable display to encourage a person to monitor their level of physical activity [Co08]. The UbiFit garden is a stylised garden image displayed on the wallpaper of a user's mobile phone, that is updated to reflect that user's activity levels. Flowers and butterflies are added to the garden to reflect activities the user has completed, as well as to acknowledge achievement of weekly goals. Data was collected both through self-reporting, as well as using a wireless “exercise monitor” worn on the user's waist.



Fig. 2: Fish'n'Steps

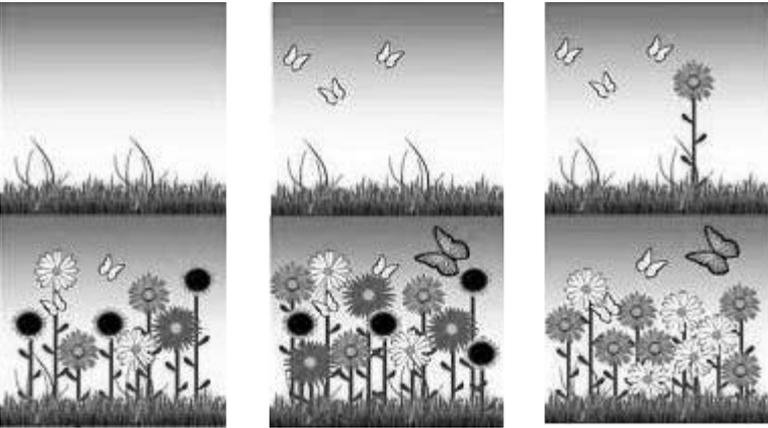


Fig. 3: UbiFit Garden

Previous work [Co08], [Li06] has centred around using a pedometer or accelerometer attached to a person's waist to measure physical activity. However, whilst evaluating their “Houston” pedometer-based system, Consolvo et. al. [Co06] reported that study participants complained there often wasn't a reasonable place on their clothing to attach a pedometer. Fujiki et. al. [Fu08] employed a wearable accelerometer in their “NEAT-o-Games” system, and reported that female participants in their study expressed a strong desire to wear a sensor like a watch or bracelet.

In the Fish'n'Steps system, users were required to manually enter data from their pedometers into the computer system. UbiFit Garden addresses this concern by using activity monitors that are able to communicate wirelessly to the user's mobile phone. However in both of these systems, some effort was required both to notice the display (either by looking at a computer or phone screen) and to interpret the data. In this paper, we present the case for wearable ambient displays to provide a more glanceable and intuitive indication of user's level of physical activity, to challenge users to achieve a sustained increase in their level of physical activity.

### **3 Design and Development**

In developing the ActivMON device, we addressed the considerations of Berkovsky et. al. with regard to sensing technologies [BCH10]. Specifically, that the ActivMON device should be unobtrusive (not requiring the user to manually feed activity data to a computer), wireless (not requiring a cable to upload data) as well as compact and wearable (so as not to interfere with the user's motion).

In deciding where to locate the ActivMON device on the user's body, we also considered where to best position the device such that the user would be most likely to notice it and act on the information presented. Harrison et. al. suggest users are most likely to respond to a wearable display if it is located on the wrist [Ha09].

Fujiki et. al. [FPT09] report that it is possible to approximate a user's metabolic expenditure using measurements from a wrist-worn accelerometer. Although the relationship between accelerometer measurements and expenditure is less linear than if the accelerometer were to be placed on the user's waist. A limitation common to all activity monitors is that they are only able to operate if placed on a part of the user's body that is moving. ActivMON is able to record activity when the user is moving their arms whilst walking or running, but is not able to recognise activity if the user is only moving their lower body, for example if using an exercise bike or using a treadmill and holding the hand rails.

#### **3.1 The ActivMON Device**

The ActivMON device was developed in-house, and consists of a microcontroller (Microchip PIC18F2620), red-green-blue (RGB) three-colour light-emitting diode (LED), a three-axis accelerometer (Freescale MMA7340/7341), a Bluetooth radio (Roving Networks RN-41) and a rechargeable battery. ActivMON is compact (approx. 50x40x15 mm) and lightweight (15 grams) and can quite comfortably be worn on the wrist even while exercising.

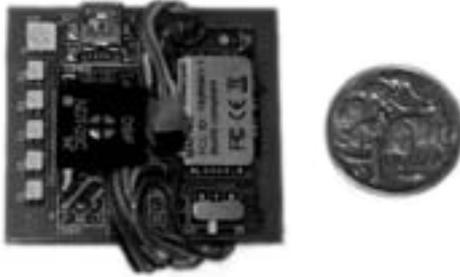


Fig. 4: ActivMON Device Circuitry

### 3.2 Physical Activity Capture and Data Processing

ActivMON uses an on-board accelerometer to continuously measure acceleration forces in the X and Z axes (horizontally across the user's wrist as well as vertically through the wrist). The accelerometer is set to +/-3g sensitivity in each axis. Output from the accelerometer for each axis is digitised to an eight-bit value (giving a reading in the range 0-255). These readings are then summed to create an "activity" reading (with a range 0-511):

$$a = x + z$$

An initial activity reading is taken at bootstrapping time and is considered a zero activity point. Each subsequent reading is then compared to this zero point. Small changes above and below this zero point are ignored. When a larger change is registered, ActivMON increments an internal "activity counter". It then re-zeroes using the new activity reading. Thus small movements are ignored, and the "activity counter" represents only larger movements of the user's arm.

In deciding which accelerations to register and which to ignore, we conducted testing using a number of different activity thresholds. If the thresholds were too low, the activity counter would increment in response to purely sedentary activity. However if the activity thresholds were too high, the activity counter would not increment even during physical activity. We arrived at an optimal threshold value of approximately a 4% deviation of the full range of the activity reading from the zero activity point.

For the purposes of this prototype, the "activity counter" is more a low-resolution tool in determining the transition between sedentary and physical activity rather than an attempt to accurately measure the magnitude of that activity. This is much the same approach taken by Fujiki et. al. [FPT09] and Berkovsky et. al. [BCH10] Future work might involve using one or more algorithms (such as those suggested by Fujiki et. al.) to transform the accelerometer readings into a more accessible form. For example, using k Cal instead of an "activity counter".

## 4 ActivMON Features

### 4.1 Ambient Display

Each of the red, green and blue segments of the device's RGB LED can be individually set to one of 64 brightness levels. As the device registers activity, the brightness of the red segment is reduced and the brightness of the green segment is simultaneously increased. This causes the illumination colour to change smoothly across a spectrum of colours from red to green, representing how close the user is to achieving their daily activity goal. The brightness levels of the red and green segments at a given time are determined as follows. First, we calculate an intermediate value  $s$ , representing the current colour step:

$$s = \frac{a_c}{a_g/64}$$

Where  $a_g$  is the current daily activity goal and  $a_c$  is the current value of the daily activity counter. The value  $s$  is then rounded to the nearest whole number. Next, we use  $s$  to calculate the brightness levels of the red and green segments ( $r$  and  $g$ ):

$$r = s$$

$$g = 64 - s$$

In our implementation, 64 represents completely off and zero represents completely on. Given the above,  $s$  will increase in the range zero to 64 as the user approaches their daily activity goal, causing the red and green segments to combine to display a colour on a spectrum of red to green.



Fig. 5: Spectrum of colours displayed by device. From red (no daily activity) to green (daily goal achieved).

ActivMON's wearable ambient display reduces the user's cognitive load in determining their current progress toward their daily activity goal. With a standard pedometer, the user needs to read off a step count and compare this to a daily step target. Even the ambient mobile phone display presented by Consolvo et. al. [Co08] requires the user to interpret graphical elements on a screen. Through encoding activity status as a colour, ActivMON allows the user to gain a near-instantaneous awareness of their activity state, in the same way that the colour of a traffic light conveys a near-instantaneous message to a driver.

## 4.2 Team Collaboration

ActivMON employs a pulsing illumination to provide the user with an intuitive visualisation of the level of physical activity of a group of other users. A dedicated web interface allows ActivMON users to form into groups. Each user's device periodically connects to the web server and uploads the activity level of that user. The activity levels of all group members are then synchronised and aggregated to produce an indication of the activity level of the group as a whole. This group activity level is then presented to each user in the group via a pulsing illumination of the user's ActivMON.

A fast pulsing indicates that other group members are performing a high level of physical activity, and a slow pulsing indicates that the group members are not very active. The rate of pulsing is calculated as follows.

Each ActivMON device periodically connects to the ActivMON Internet server via the user's Bluetooth-enabled mobile phone, in order to report the current value of the device's activity counter. If each report consists of an activity counter value  $v_i$ , and a time-stamp  $t_i$ , it is possible to calculate the rate of recent activity (using a unit of measure "counts per hour") as follows:

$$a_i = \frac{v_i - v_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}$$

Where  $a_i$  is the activity level in counts per hour for the current report  $i$ ,  $v_i - v_{i-1}$  represents the difference in activity counter values between the current report and the previous report, and  $t_i - t_{i-1}$  represents the difference in time between the current report and the previous report (calculated as fractional hours from the two reports' time-stamps).

For example, assume we have two activity counter readings. The first ( $v_{i-1}$ ) a reading of 1000 and the second ( $v_i$ ) a reading of 1500 and that the readings were taken 15 minutes apart (so  $t_i - t_{i-1} = 0.25$  hours). We would calculate  $a_i$  as follows:

$$a_i = \frac{1500 - 1000}{0.25}$$

We assumed that, for most users, their day would consist of some sedentary activity, interspersed with some physical activity. We wanted to devise a method to detect a shift from sedentary activity to physical activity between reports, that would work reasonably well for most users without the need to establish a prior baseline for either category of activity. To this end, we calculate an average for a sliding window of the most recent  $n$  calculated rates of recent activity,  $a_i$ , for a particular device:

$$avg_i = \frac{1}{n} \sum_{j=i}^{i+n-1} a_j$$

Where  $avg_i$  is the average for the  $i$ 'th window, calculated from the current and  $n-1$  previous values of  $a_i$ , as defined above. The following chart shows successive values of  $a_i$ , calculated from successive  $(t_i, v_i)$  pairs:

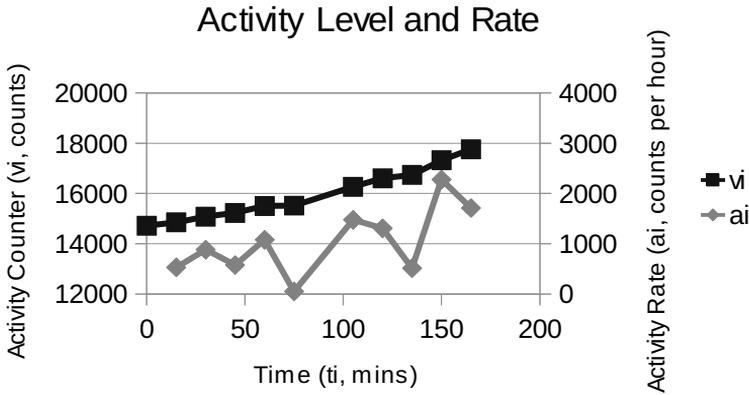


Fig. 6: Activity rate calculated from activity level

The average ( $avg_i$ ) for this window of ten  $a_i$  values is 1039.3.

Upon receiving a new report, we calculate a value  $a_i$  for that report, and find the difference between that value and the current  $avg_i$ :

$$d = a_i - avg_i$$

If the difference  $d$  is positive, the user has engaged in an increased amount of physical activity over the most recent reporting period as compared to the sliding window average for previous periods. Otherwise, the user has engaged in a decreased amount of activity. We can then calculate the average value of  $d$  for  $m$  number of devices in a given group of users, as follows:

$$d_{groupavg} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m d_k$$

We then take the inverse of this value, and scale it in the range 0-30. We refer to this value as  $d_{scaled}$ . When a device which is a member of a group uploads an update to the ActivMON server, the server calculates a new value  $d_{scaled}$  for the group and returns this to the device. The device's RGB LED will pulse at a rate of once every  $d_{scaled}$  seconds. As other devices in the group connect to the server, they will also receive this value and pulse at a similar rate. If one or more group members are being physically active, this will cause the devices of all members of the group to pulse at a faster rate. This may prompt sedentary members to increase their level of physical activity.

Consider four users, whose  $d$  values are calculated from their latest  $a_i$  and current  $avg_i$ :

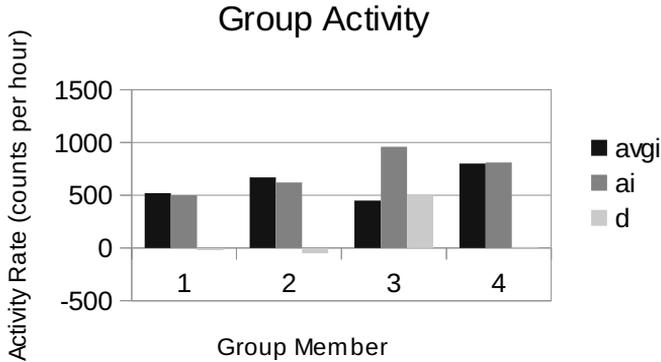


Fig. 7: Change in group activity rate

The third and fourth group members have engaged in a higher than average level of activity in the past reporting periods, as reflected by their positive calculated values of  $d$ . The group average  $d_{groupavg}$  is calculated as follows:

$$d_{groupavg} = \frac{1}{4} \times 850$$

Yielding a value for  $d_{groupavg}$  of 212.5. Scaling is performed by calculating how many times larger the current value of  $d_{groupavg}$  is from the previous value. E.g. If the previous value for  $d_{groupavg}$  was 20, the current value is approximately ten times larger. This would translate into a pulsation rate of 10 Hz ( $d_{scaled} = 10$ ).

### 4.3 Adaptive Goal Setting

During the first week of operation, ActivMON learns the user's typical activity level, and sets a goal for the following week of 5% above this level. At the end of each subsequent week, the system calculates an average of the daily activity counts for that week. If this average is below the weekly goal, that same goal remains for the following week. If the average met or exceeded the weekly goal, the next week's goal is set at nominally 5% more. This is a form of individually adapted health behaviour change [Ka02]

**This week's activity goal: 15000**



Fig. 8: Goal setting interface

Users can influence the goal-setting behaviour of the system using buttons on a web interface (Fig. 8). “Less” and “More” buttons allow the user to request smaller or larger goal increments (1% less or more each time the button is pressed). A “disable” button is provided to disable goal personalisation. When pressed, this button will reset the user's goal to the most recently achieved goal, which will then remain unchanged.

The ActivMON device, through its wearable ambient display, constantly challenges the user to achieve their current activity goal. And as the user meets each new goal, the device will transparently calculate and provide a new goal. The user is afforded a mechanism to indicate to the system whether they wish to be presented with more challenging goals, less challenging goals, or that they have reached a comfortable level of activity and to disable further automatic goal increases.

## 5 Prototype Evaluation

In order to validate this approach, we adapted the ActivMON device to capture the current value of the “activity counter” at a rate of one sample per minute. We then collected two data sets (both over approximately 30 minutes). One of a user wearing the device while performing sedentary activity (sitting at a computer using the keyboard and mouse) and another during non-sedentary activity (walking along a street at a moderate pace). For each data set, we visualised the change in the activity counter each minute. In Figure 9 the top line represents non-sedentary activity, and the bottom line represents sedentary activity. As expected, non-sedentary activity resulted in the device's activity counter increasing at a higher rate than sedentary activity.

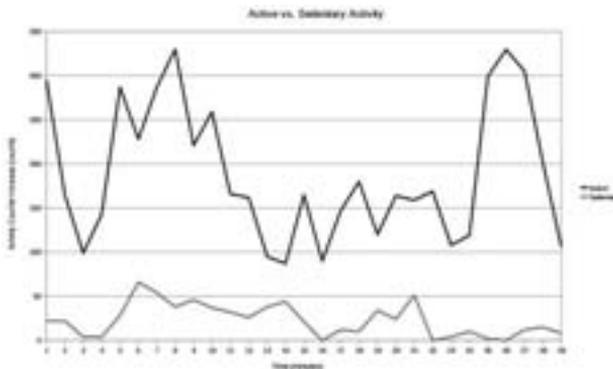


Fig. 9: Active vs. Sedentary activity

We performed an initial assessment of ActivMON in a real-world situation, attaching it to a user for a period of approximately seven hours. The device was configured to upload the current activity counter value to the ActivMON Internet server every 15 minutes via the user's mobile phone. This data was then visualised and presented to the user via an application integrated into a social networking website. This information is presented in Figures 10 and 11.

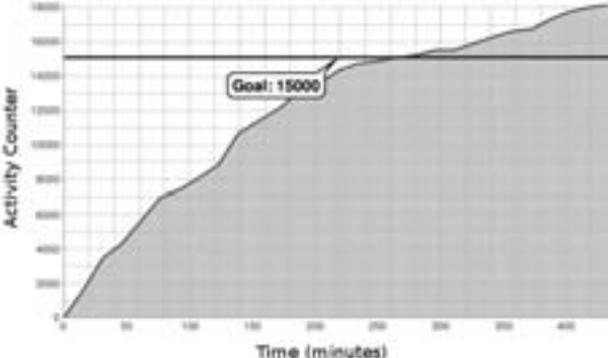


Fig. 10: Cumulative daily activity graph

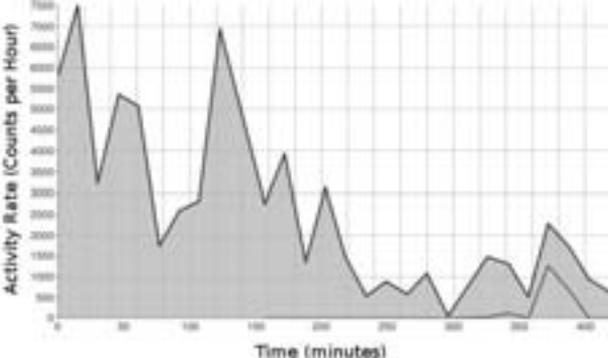


Fig. 11: Daily activity rate graph

Figure 10 shows the cumulative value of the activity counter, with the user's daily goal represented as a horizontal line. Figure 11 shows the values  $a_i$ , calculated using successive reports from the device, with the y-axis representing the rate of activity in “counts-per-hour”. The line at the bottom-right of the graph in Figure 11 shows successive values of  $d$  for the user, representing the difference between each value  $a_i$  and a running average of the last ten reports. The large peaks in the first half of the graph in Figure 11 correspond to periods in which the user was engaged in moderate physical activity (walking). Lower readings in the second half of the graph correspond to periods during which the user was engaged in sedentary activity (eating a meal and watching television).

## 6 Conclusions and Further Research

In this paper we presented ActivMON, a wearable ambient display providing a user with an intuitive visualisation of their daily activity level. We presented a method for providing a group of users with an intuitive visualisation of the aggregate activity level of the group, using a variable pulsing illumination. We proposed a system of adaptive goal setting for the ActivMON device, in order to constantly challenge users to increase their level of physical activity. Lastly, we performed a preliminary assessment of ActivMON, showing that the device and approach described were effective in discriminating between physical and sedentary activities.

In the future we plan a thorough investigation into user interaction with ActivMON. We will provide a number of users with an ActivMON device that monitors their levels of physical activity, but does not provide any visualisation. After we acquire a baseline measurement of the users' physical activity, we will enable the ambient display component of the device and assess whether an increased awareness of their level of physical activity will encourage the users to perform a greater level of activity. We will then enable the group visualisation feature of ActivMON, and assess whether awareness of others' physical activity can encourage individual wearers to engage in physical activity of their own.

Also of interest would be determining design requirements for wearable ambient displays to maximise their effectiveness, and to ensure long-term user acceptance. This could involve exploring the privacy implications of such displays. ActivMON's group activity visualisation provides only aggregate information about the group. This would seem to maintain some level of privacy, however this may be dependent on the size of the group and the user's knowledge of each other's routines. The individual activity visualisation could potentially reveal the user's level of physical activity to others who are aware of the colour code, causing possible distress to the wearer if they consider this information to be sensitive. However allowing the wearer to choose their own colour code may mitigate this risk.

Our wider goal in conducting this research is to explore the possible role of ubiquitous and wearable computing technologies in motivating users to achieve sustained lifestyle changes. Possible directions might include the embedding of intelligent artefacts into the user's environment which are able to convey information to the user about their activity levels. For example, objects that react sympathetically to an increase or decrease in activity levels of an individual user or group of users, ubiquitous technologies that are able to prompt small but beneficial lifestyle changes, or ubiquitous environmental treatments that are able to make physical activity more enjoyable or playful.

## Bibliography

- [BCH10] Berkovsky, S.; Coombe, M.; Helmer, R.: Activity interface for physical activity motivating games. Proc. Of IUI, pp. 273-276, 2010.
- [Co06] Consolvo, S.; Everitt, K.; Smith, I.; Landay, J. A.: Design requirements for technologies that encourage physical activity. Proc. of CHI, pp. 457-466, 2006.
- [Co08] Consolvo, S.; Klasnja, P.; McDonald, D. W.; Avrahami, D.; Froehlich, J.; LeGrand, L.; Libby, R.; Mosher, K.; Landay, J. A.: Flowers or a robot army?: encouraging awareness & activity with personal, mobile displays. Proc. of UbiComp, pp. 54-63, 2008.
- [Fo03] Fogg, B. J.: Persuasive technology: Using Computers to Change What We Think and Do. San Francisco, California: Morgan Kaufmann Publishers, 2003.
- [FPT09] Fujiki, Y.; Tsiamyrtzis, P.; Pavlidis, I.: Making sense of accelerometer measurements in pervasive physical activity applications. Proc. of CHI, pp. 3425-3430, 2009.
- [Fu08] Fujiki, Y.; Kazakos, K.; Puri, C.; Buddharaju, P.; Pavlidis, I.; Levine, J.: NEAT-o-Games: blending physical activity and fun in the daily routine. ACM Computers in Entertainment, pp. 1-22, vol. 6(2), 2008.
- [Ha09] Harrison, C.; Lim, B. Y.; Shick, A.; Hudson, S. E.: Where to locate wearable displays?: reaction time performance of visual alerts from tip to toe. Proc. of CHI, pp. 941-944, 2009.
- [Ka02] Kahn, E. B.; Ramsey, L. T.; Brownson, R. C.; Heath, G. W.; Howze, E. H.; Powell, K. E.; Stone, E. J.; Rajab, M. W.; Corso, P.: The Effectiveness of Interventions to Increase Physical Activity: A Systematic Review. Am. J. Prev. Med. 2002;22(4S), pp. 73-107, 2002.
- [Li06] Lin, J.; Mamykina, L.; Lindtner, S.; Delajoux, G.; Strub, H.: Fish'n'Steps: Encouraging Physical Activity with an Interactive Computer Game. Proc. of UbiComp, pp. 261-278, 2006.
- [OH08] Oinas-Kukkonen, H.; Harjumaa, M.: A Systematic Framework for Designing and Evaluating Persuasive Systems. Proc. of PERSUASIVE, 2008.
- [WFL08] Weiksner, M.; Fogg, B. J.; Liu, X.: Six Patterns for Persuasion in Online Social Networks. Proc. of PERSUASIVE, pp. 151—163, 2008.
- [Wo10] World Health Organisation, Obesity and Overweight: Chronic Disease Information Sheet, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/>.

# Securing SOAP Web Services for Mobile Devices on Different Platforms

Carsten Kleiner, Thole Schneider  
University of Applied Sciences and Arts  
Department of Computer Science  
Postfach 920261  
30441 Hannover  
Germany

ckleiner@acm.org, thole.schneider@googlemail.com

**Abstract:** Enterprise applications are often arranged in service-oriented architectures (SOA) nowadays. Many times services in a SOA are implemented by SOAP web services often including application-level security. With their increased computing power mobile devices such as PDA and smart-phone become promising clients for such enterprise applications. This paper contains an analysis of built-in support for secure SOAP web services on different recent mobile device platforms. As it turns out, the support for SOAP in general is not comparable to stationary devices. This is even more true for security extensions to such web services. Therefore we also evaluate and implement feasible add-ons to the platforms providing some support. The platforms are finally compared according to several different dimensions regarding secure SOAP web services and individual strengths and weaknesses are presented.

## 1 Introduction and Motivation

The total number of mobile devices<sup>1</sup> sold globally is continuously increasing. At the same time the computing power of these devices is growing at an unbelievable pace and has already reached the power of a desktop PC from a couple of years ago. Since many of the restrictions of earlier generations of mobile devices such as limited main memory and persistent storage capabilities, limited CPU power as well as very limited and intermittent internet connection and bandwidth are not prevalent anymore these devices may nowadays be used for advanced client applications.

Recent trends in the consumer market are reflecting this as mobile device applications currently move away from browser-based applications to full strength client-applications often called *apps* in this context. There are several different reasons for this trend but a detailed analysis is out of the scope of this paper. We just recall that full client applications on mobile devices are frequently used lately.

---

<sup>1</sup>In this paper we use the term *mobile device* to describe mobile telephones or smart-phones; some of the findings may be transferred to other types of mobile devices as long as they are based on one of the operating system platforms considered, but this has not been the focus of our work.

Several different operating system platforms such as Android, Symbian OS or iOS are currently used by the device vendors on their mobile devices. All of these platforms require a specific programming language or dialect for implementation of applications (similar to the situation on the desktop and server computers about 10 years ago). Basically the only platform-independent alternative is Java ME for which there exist virtual machines on most recent platforms. Unfortunately Java ME is already rather old and many of the previously mentioned then existing restrictions of the devices have been used in its design. This makes Java ME somewhat outdated today; it is nevertheless the only platform-independent technology to date.

As many of the commercial applications are not pure-mobile applications but rather use mobile clients in a complex and distributed software system there is an urgent need for (at least) platform-independent server implementation of distributed applications. Web services are frequently used to provide such an implementation. While many of the consumer mobile applications require rather thin interactions and are thus often implemented as REST web services, the semantically rich interfaces of commercial applications often use SOAP based web services. Thus in order to be able to use recent mobile devices in business processes the support for SOAP web services on mobile device platforms is important. The support for SOAP web services is still not perfect on the aforementioned platforms nowadays but there are (rather straightforward) ways to use such services as will be explained in section 4.

Since commercial applications often deal with information of high and varying sensitivity it is also essential to be able to secure such web services. Different applications have different requirements (cf. section 3) regarding security and the full encryption on the transport layer (https in most cases) may often not be the desired solution. There exist quasi-standards for securing SOAP web services on application level (e.g. [NKMHB04] or [NGGG07]) but support of such standards on mobile device platforms has to be examined.

In our work which is summarized in this paper we have evaluated the support for securing SOAP web services on the application level on different mobile device platforms. In particular we have used sample geo web services based on the OpenGIS standard (cf. [Mab08]) on the server side. We did that in order to obtain sufficiently general results using a standard on one hand while still being able to base the findings on a concrete application domain. This is required to define realistic security requirements for the services. Regarding security support our results are easily transferable to other service for mobile devices as there is no specific spatial component in the security architecture. On the client side we have evaluated three different platforms, namely Symbian OS, Android and Windows Mobile 6. We have chosen these due to their wide market penetration and free availability of development tools.

After a review of related work in section 2 we introduce security requirements for different scenarios in section 3. In section 4 we analyze the support for SOAP web services on the different mobile device platforms in general and for relevant security extensions in particular. We applied these features to scenarios from section 3 in prototypical implementations one of which is presented as an example in section 4.1.4 for illustration purposes. We also assess the amount of manual work required to obtain these solutions. Finally we conclude with a summary of the results in section 5. In this part we also present an

overview of supported security configurations as well as a classification of the different platforms with regard to implementation of secure SOAP web services. Ideas for future possible extensions are briefly discussed in section 6.

## 2 Related Work

The Open Mobile Alliance (OMA) defines two architecture models for web service usage on mobile devices ([Ope05]): direct and indirect. The first one requires the mobile device as service requester to have a full web service stack available whereas the second one uses a proxy for a protocol translation between mobile device and service provider. If security aspects play a major role for services (as in our case), the proxy model should not be used, because end-to-end security is impossible. In addition the proxy model had been motivated by service clients that lack the computing power to implement a full web service stack. Nowadays this assumption is not true for mobile devices (anymore); thus we focus on the direct interaction between service requester (mobile device) and provider.

Earlier work in mobile web services focused on dealing with the resource problems on the constrained mobile device (e. g. [WN07]). Such restrictions are non existing anymore as even sensors using SOAP web services are suggested today (cf. [GPF09]). Therefore similar to [NKS08] we propose the usage of full strength SOAP web services on mobile devices for enterprise applications.

Some work on using SOAP on mobile device platforms, which as explained in section 4 is seldom natively supported, has been published. In [SKH08] the authors describe a SOAP extension to Java ME. Even though being the only portable programming language on mobile devices Java ME is somewhat outdated today which is why we do not use it. A migration of the described extension to e. g. Android might be successful and might be considered in future work. Similarly [KS07] also uses Java ME technology and kSOAP (as we will do for Android) but they do not consider security for messages. The work presented in [SJP07] is closely related to our work, even though it focuses on mobile devices as web service providers. Therefore that work is constrained to the platform used for their mobile hosts; in contrast we compare security aspects on different client platforms.

A discussion of XML security specifications and reviews that provide the foundation for our work can be found in [EFG<sup>+</sup>08].

## 3 Requirements for Securing Advanced Web Services

The specific requirements for security of a web service depend on the particular service and its usage scenario. Whereas some, typically rather simple, consumer-oriented services might be just fine without any security features, commercial business services will have more sophisticated security requirements. Our work focuses on semantically rich services which typically use complex messages and data types such as OGC compatible

geo services.

The general security goals of confidentiality, integrity, authenticity, availability and non-repudiability are also valid for mobile web services. In fact due to the different type of underlying network they are typically even more important than for stationary devices. Specifically the first three of these goals may be achieved by appropriate technology such as encryption and signing. In the context of SOAP web services there are well-known standards for achieving these goals such as web service security, web service policy, XML encryption and XML signature.

While encryption and signature may also be achieved on the transport level by using SOAP over https, this does typically not solve the problem for semantically rich services. These services often require individual encryption and/or signing of single SOAP elements in order to satisfy the aforementioned requirements as well as guarantee for a maximum level of user privacy. Furthermore the complete message encryption of https does not allow for complex processes on the provider side where one provider aggregates results from different other providers to generate a response to the client. This is very frequent in commercial applications using business processes and might even be required for consumer services such as a routing service (cf. figure 1). In consumer services the privacy aspect is often more important.

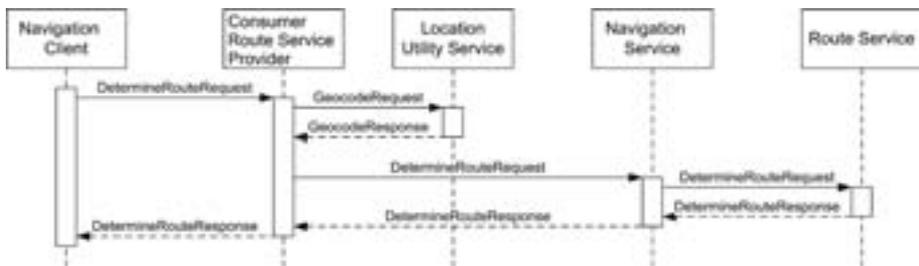


Figure 1: Scenario with multiple service providers

In this scenario the client sends its current position and a target address to the consumer route service provider. The current position is encrypted for the navigation service whereas the address is encrypted for the consumer route service provider. This provider uses a location utility service for geocoding the provided target address in order to obtain coordinates. Then it sends the encrypted position and computed target coordinates to the navigation service. This service in turn is able to decrypt the position and then uses a route service to compute the route. The route is then encrypted for the client and send back via the consumer route service provider to the requester.

To observe location privacy of the client, note that neither the consumer route service provider is able to obtain the current position of the client nor does the navigation or route service get access to the provided address as it may reveal more information than just the coordinates. Also the consumer rote service provider does not get access to the computed route. With only transport level security such privacy could not be achieved as either the consumer route service provider or the navigation service would get access to

all information request and response. Also as the consumer route service provider may be compromised it is also important for the service requester to sign the submitted information in order to obtain a reliable result. If e. g. automated processing is present on the client side it may otherwise be difficult to detect unreasonable responses.

This rather simple consumer-oriented example already shows that application level security is very important in semantically rich services. Therefore being able to encrypt and/or sign individual SOAP elements for specific actors is very important. Also the full message encryption prevents other important features from being used such as less functional intermediaries or specific routing protocols/strategies. Therefore it is important to provide security features beyond transport level.

## **4 Support for Web Services and Security on Mobile Device Platforms**

In our previous work ([BKZ10]) we have already evaluated the extent of native support for implementing SOAP web service clients on some mobile device platforms. In this section we extend this overview to other more recent types of device platforms and also include an analysis how the native support can be extended by using available extension libraries. An overview of supported security configurations and other findings of this section will be presented in table 1 in section 5.

### **4.1 Windows Mobile 6**

At the time of writing Windows Mobile 6 has still been the most recent mobile device platform by Microsoft for which devices have been available. The next generation, Windows Phone 7, is already announced and supposed to be completely redesigned. The findings in this section will have to be re-evaluated once devices are available. But since focus is more on the user interface there is a good probability that the results will be similar.

#### **4.1.1 SOAP Web Services**

Devices operating on Windows Mobile 6 which additionally have the .NET compact framework 3.5 or higher can use the native SOAP web service support offered. There are two different bindings available: `BasicHttpBinding` or `CustomBinding`. The former makes several well-known web service standards in previous versions available but has the benefit of being compatible with other web service frameworks on server side such as Apache Axis or Glassfish Metro. The latter offers support for newer versions of e.g. SOAP at the expense of being less inter operable. Support for advanced web service standards such as WS-Transaction is not present in either binding. There are other configurations which are specific for the Windows Communication Foundation and thus by design are not inter operable in heterogeneous systems. We did not analyze these any further as we consider missing interoperability to be a knock-out criterion in a web service based system.

### 4.1.2 Security for SOAP Web Services

Transport layer security is provided by the platform through SSL/TLS. Note though that the authentication of a service requester is only possible on the HTTP level which is not supported by some of the widely used web service frameworks on server side.

Security on the application level is only supported in a single configuration implementing a subset of the WS-Security 1.0 standard. This configuration is based on an asymmetric security binding based on certificates. More specifically X.509 certificates are used for mutually signing and encrypting messages between requester and provider and in addition for authentication. All these security measures may be used for both message directions, i.e. request and response. This configuration which is also depicted in figure 2 does only support full encryption of the SOAP body of a message and in addition parts of the header. Fine grained securing of individual SOAP elements or parts of the body is not supported. Thus the security configuration for the sample service explained in figure 1 would not be possible. There is still an advantage over transport level security as the authentication issues there would be solved and also additional information in the SOAP header could be used by intermediaries e.g. for routing without being able to access the message body.

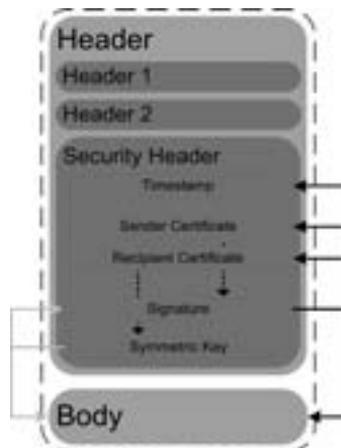


Figure 2: Securing SOAP messages in WCF

### 4.1.3 Development Complexity

In order to implement a SOAP client for Windows Mobile 6 a client stub generator may be used. It generates client stubs that may be included into the client application thus making the web service access transparent. The possibility to automatically generate client stubs is essential for a future semi-automated service composition. Additionally the stub generation observes WS-Policy specifications.

The client application for a secured service differs only marginally from the unsecured

version. The corresponding client and server certificates for the service have to be loaded in the application code. Also these certificates have to be uploaded to a certificate store on the mobile device previously to calling the service by the device user. The import of the server certificate is also required for transport layer security in case the provider certificate is not signed by a trustworthy root certification authority.

#### **4.1.4 Prototypical Implementation**

In order to illustrate supported security configurations we implemented several different variants prototypically. To have a sufficiently general applicability of the results we based the implementation on an OGC-compliant Directory Service (`OGCTopologyService`) which returns cities from a database together with their geographical location and a thematic attribute specified in the request (e. g. population). Only the Windows Mobile based implementation is explained in detail due to space constraints. Similar implementations for the other platforms with their specific security configurations have also been completed.

As explained in section 4.1.2 both message confidentiality and integrity are supported based on an asymmetric binding. On the server side an OGC-compliant version of the service has been implemented which supports mutual authentication between client and server based on certificates. The key in the certificate is also used to encrypt the whole SOAP body as well as security relevant header elements. This has been implemented in Java based on the Metro web service stack. A matching client application in C# for Windows Mobile 6 has already been implemented. In addition to the previously mentioned application-level security it also supports transport-level security.

On client side the implementation uses a specifically designed class `CertStore` which encapsulates the access to the certificate and key store by the application. On one hand it imports keys and certificates from the Windows Mobile native store and simplifies access to them for the client application. On the other hand it is also possible to add specific keys and/or certificates dedicated for this application. Choosing the security configuration to use is dynamic and may be chosen by the end user for illustration purposes at runtime. The corresponding screen is shown in figure 3. In practical applications this will not be left to an end user. But the option for a dynamic decision at runtime facilitates an automatic choice of the best available security option by the application in more complex scenarios.

## **4.2 Symbian OS with gSOAP**

Symbian OS is provided by the Symbian Foundation and has been supported by several important mobile device vendors in recent years, e. g. Nokia, Samsung, Motorola and Sony Ericsson. Even though the number of supporters is decreasing and the platform might be decreasing in some years, it is still a very frequently used device platform nowadays and probably for some years to come.

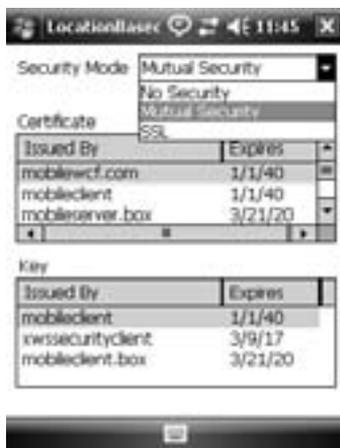


Figure 3: Security Configuration Dialogue in Windows Mobile 6

#### 4.2.1 SOAP Web Services

Natively the Symbian platform does not support SOAP web service clients on mobile devices. But there are several extension options which facilitate a flexible implementation of SOAP web service clients as applications are implemented in C/C++. Thus any C/C++ library for SOAP would be an option. Some extensions have been compared in [BKZ10]. The only of these options that will support security extensions to SOAP later is the gSOAP library. Therefore we only analyze this in further detail.

The library gSOAP is an open-source implementation of a web service framework for C/C++. Thus a client implementation based on gSOAP would also be usable for any other client platform where applications are implemented in C/C++ such as stationary devices or iOS. Our findings should thus also apply for such other platforms. An important aspect making gSOAP the first option on mobile devices is that it operates very resource efficient both in terms of main memory as well as computing power. The gSOAP framework used in our study operates on the WS-I Basic Profiles 1.0a, 1.1 or 1.2. Consequently all HTTP, SOAP and WSDL in version 1.1 have been used.

#### 4.2.2 Security for SOAP Web Services

Security on the transport layer similar to WCF as described in section 4.1.2 is supported by SSL/TLS tunnels provided by a plug-in (*wssse*) based on WS-Security 1.0. In addition to provider authentication as in the WCF, gSOAP also supports requester authentication. Thus for simple scenarios (no fine-grained security, no intermediaries or routing nodes) transport layer security can support message integrity and confidentiality.

More complex services require application layer security. In contrast to WCF there are no fixed configurations for securing SOAP web services in gSOAP. The library supports

both an asymmetric binding based on certificates as well as a symmetric binding based on a pre-shared key. Authentication based on certificates is only available in the asymmetric binding whereas authentication in the symmetric binding is based on username tokens. Message security is available based on XML-Signature by using a gSOAP plug-in (`smdevp`). This plug-in currently only supports message signing (i.e. integrity); encryption of messages (based on XML-Encryption) would have to be implemented manually or might be available in a future version of the plug-in. The signature features are available both for the whole SOAP body as well as for individual elements. Other advanced features which are supported by this platform are timestamps, nonces as well as different types of wsse username tokens.

In summary, the promising approach to support both symmetric and asymmetric binding as well as individual SOAP element security will only become beneficial in the future when XML-Encryption is supported in addition to XML-Signature.

### **4.2.3 Development Complexity**

Similar to the WCF there are tools provided by gSOAP for automated generation of header files and client stubs for secured web services. These may be used inside the client application for web service access. Several security libraries (e. g. `libssl`, `libcrypt`) have to be linked to the application. Unfortunately due to the missing fixed security configurations all required security elements for a service call have to be loaded by the client application manually and then added to the service invocation call. Even though the API to be used is rather straightforward the disadvantage is that the developer of the client application has to be aware of the particular security configuration used and implement it correctly. This significantly increases the development complexity.

Certificate management on a Symbian device is supported by different libraries and APIs, but no off-the-shelf management tool feasible for an end user is provided. Thus either a generic management tool has to be delivered with the client application or additional implementation within the application is required.

## **4.3 Android**

Android is a rather new mobile device platform based on Linux which is recently supported by several major players in the market, e. g. Google, HTC and Samsung. It is developing very fast and several new versions are released every year. Our study is based on version 2.2, but as development focus is on the user interface as well the results should be transferable to more recent versions.

### **4.3.1 SOAP Web Services**

In line with the consumer oriented focus of recent developments for mobile devices there is no native support for SOAP web services in the Android platform. Most consumer oriented

services use rather simple interfaces which can be implemented with more lightweight REST based web services. As we focus on semantically rich services an extension to the platform has to be employed for SOAP services. Since the platform has only been around for a very short time, there is no SOAP extension specifically for Android that we are aware of. This coupled with the Java-like programming on Android led to the idea of using a library originally developed for J2ME SOAP web services to Android; namely we used the Android port of kSOAP2.

The major drawback of kSOAP2 compared to the technologies in the previous sections is that it does not provide automatic client stub generation. This is of particular interest as the services we consider in our study are semantically rich and thus require many different data types on client side which now have to be implemented manually. Besides an increased effort for client implementation this approach does not transfer to a future (semi-)automated service composition.

### **4.3.2 Security for SOAP Web Services**

The library kSOAP2 does not support any security features in SOAP web services. This is true for both transport as well as application layer security. As Android itself does not support SOAP web services at all, there is also no support for secure web services. Consequently in order to have any kind of secure SOAP web services on Android one needs to implement an extension himself. We decided to build an extension of the kSOAP2 library in order to obtain a general purpose security extension.

### **4.3.3 Security Extension of kSOAP2**

In our work we built a layered extension that is added below the classical kSOAP2 extension. I. e. it intercepts the SOAP messages and adds or removes and validates the security information. The layers of our extension are shown in figure 4. On the lowest level important general purpose security features are made available by means of the well-known bouncy-castle library. On top of that these security technologies are applied to messages by using implementations of the XML-Security and XML-Signature specifications. A future extension to use XML-Encryption as well is possible but has been omitted in our prototype due to time constraints. An implementation of a corresponding subset of the WS-Security specification is added in order to include or remove the secured elements in the SOAP messages. Finally there is a component interacting with the classical non-secured kSOAP2 library.

A great advantage of the Android platform in conjunction with the bouncycastle library is the flexibility in using different keystores for storing private keys or public certificates. It is also possible to use the central Android keystore for this purpose. This has the advantage of being able to use the Android standard applications for key and certificate management which is rather easy for the end user. In addition a developer has the choice of either defining a fixed keystore for his application by providing the keystore as resource with the application or to dynamically integrate a keystore in the memory of the mobile device or a storage card.



Figure 4: Extension of kSOAP2 for Security Features

The implementation of the XML-Security layer is based on several Apache libraries which are easily usable on the Android platform as well due to their limited size and compatibility with the Android dialect of Java. On the SOAP security level on the other hand the well-known standard implementations WSS4J and XWSS could not be used on the Android platform. They require too many dependent libraries so that resources become an issue on the mobile device. Also, certain modifications to the dependent libraries are necessary in order to operate properly on Android which would lead to a huge maintenance effort for every update of these libraries. Thus we decided to implement this layer prototypically on our own in order to show the feasibility of a general purpose implementation. Due to time constraints the functionality is limited but extended functionality could be provided in the same manner by mere additional implementation work.

The implementation is able to control the integrity of SOAP messages and also validate the authenticity of the sender of a message. We use an asymmetric binding for this purpose similar to the one explained in section 4.1.2 for Windows Mobile 6. Currently certificates can be used to sign parts of the SOAP message header (i. e. a time-stamp in order to prevent replay attacks) or the full message body similarly to the situation on Windows Mobile 6. Support for message confidentiality could be easily added to the current implementation whereas application of security features for individual elements in the body would be more difficult to add.

## 5 Conclusion

In this paper we have analyzed the potential of different mobile device platforms to act as clients for secured SOAP web services. The iOS platform has been excluded from our analysis as we consider the lock-in to use the Apple AppStore as the only potential source for client applications to be a knock-out criterion for any business relevant application. We have analyzed the built-in capabilities of the different platforms and also considered and implemented extensions required to support secured web services to a reasonable degree. Table 1 summarizes the supported security configurations of the different platforms and the effort required for the corresponding implementation. Configurations that have

OGCTopologyService variant	Windows Mobile 6		Symbian (gSOAP)		Android (kSOAP)	
		complexity		complexity		complexity
No security	✓	low	✓	low	✓	high
Asymmetric binding (mut. integrity & authenticity)	–		✓	medium	✓	high
Asymmetric binding (mutual integrity, authenticity & encryption)	✓	low	–		○ <sup>a</sup>	
Symmetric binding (integrity & authenticity)	–		–		–	
Symmetric binding (pre- shared key)	–		○		–	
Transport Layer (SSL and UserToken)	○		○		–	

<sup>a</sup>Extension of security layer possible with low additional effort

Table 1: Overview of supported security configurations of the different platforms

been implemented in our work are marked ✓ whereas configurations that have not been implemented but should be supported based on documentation are marked ○.

Table 1 shows that the support for symmetric bindings which would be beneficial due to the reduced resource usage are not supported on all platforms. The only exception is gSOAP with pre-shared keys which might have disadvantages on the deployment side as the keys would have to be distributed off-line. The best solution both functionally as well as effort-wise using an asymmetric binding is provided by the Windows Mobile platform. But it also has its disadvantages as it does not allow for selective encryption of body elements. Any implementation based on kSOAP (Android) requires a very high development effort.

From a less technical point of view we have further classified the platforms according to different aspects of implementing secured SOAP clients. These findings are summarized in figure 5 where the scale for each aspect is 0 to 5 with 5 being the best. The scale is qualitative and determined by our analysis, a quantitative assessment is not possible for most dimensions.

A general result to be concluded from the figure is that Windows Mobile 6 has pretty high ratings in most categories because it offers the most advanced features there. As long as the drawbacks (which might nevertheless be very important and significant in practice), namely missing portability and flexibility in the application layer security, are acceptable this platform offers the most features at a rather low effort. On the other hand if specific security configurations on the application level are important and/or portable client applications are required, Symbian OS with gSOAP (or other platforms where gSOAP runs) are a better choice at the expense of an increased development effort. At this time the Android platform has a stronger focus on consumer applications which typically do require fewer security features on the application level; thus for the applications we used as foundation

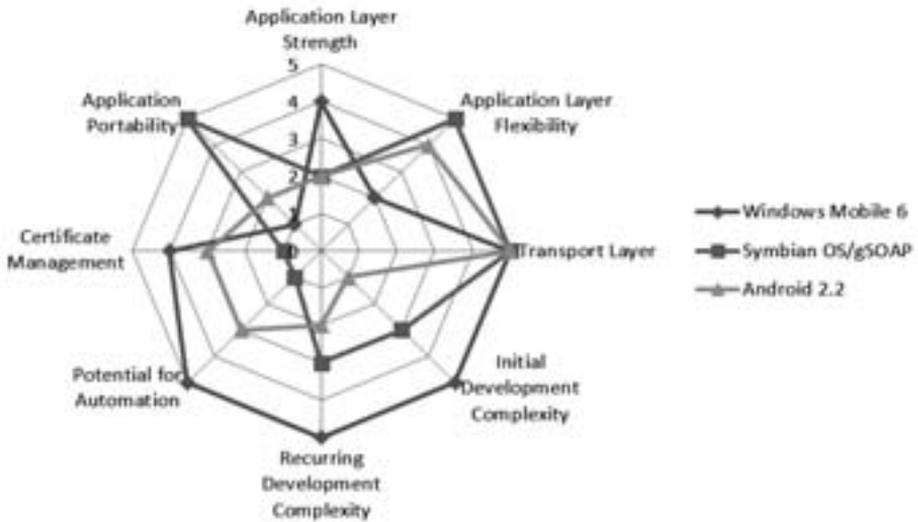


Figure 5: Comparison of Different Platforms for Secure Mobile SOAP Clients

it is not as well suited as the other two. Its strength is the simplicity of building very nice graphical user interfaces which in conjunction with transport-layer security also requires only a small development effort.

## 6 Future Work

An important result to be obtained from the previous sections is that there is still a lot of room for improvement for secure SOAP web services on mobile device platforms. Improvements could be made either in available functionality and security options (specifically Android and Symbian OS) or flexibility to use the available options as desired (Windows Mobile 6). Such improvements are required to achieve a status that client applications for stationary devices have already reached, be it Java-based clients or other platforms. An important part of the problem seems to be the absence of a general-purpose and portable programming language for mobile device platforms as Java provides for stationary devices. Such advanced features would be required for mobile devices before they can be integrated into enterprise-style services. The potential for using mobile devices as clients in enterprise applications and service-oriented architectures is huge so we expect the development to continue at a very fast pace.

Already today there are new versions of some of the platforms available (Windows Phone 7, Android 3) which would have to be analyzed in a similar way in order to update our results. Also, there are other platforms arising which should be included into our analysis

because they also seem to have a good potential. Finally it would also be interesting to move the study from standard-conformant OGC services to some other type of services which even more closely reflect typical enterprise services.

## References

- [BKZ10] Jens Bertram, Carsten Kleiner, and David Zhang. Implementation of Generic OpenLS-compliant Web Service Clients for Mobile Devices. In *Proceedings of the 6. GI/ITG KuVS Fachgespräch Ortsbezogene Anwendungen und Dienste*, Schriftenreihe des Geographischen Instituts der Universität Heidelberg, pages 91–100, 2010.
- [EFG<sup>+</sup>08] A. Ekelhart, S. Fenz, G. Goluch, M. Steinkellner, and E. Weippl. XML security - A comparative literature review. *J. Syst. Softw.*, 81:1715–1724, October 2008.
- [GPF09] Nils Glombitza, Dennis Pfisterer, and Stefan Fischer. Integrating wireless sensor networks into web service-based business processes. In *Proceedings of the 4th International Workshop on Middleware Tools, Services and Run-Time Support for Sensor Networks*, MidSens '09, pages 25–30, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [KS07] Tomas Kozel and Antonin Slaby. Mobile devices and web services. In *Proceedings of the 7th Conference on 7th WSEAS International Conference on Applied Computer Science - Volume 7*, pages 322–326, Stevens Point, Wisconsin, USA, 2007. World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS).
- [Mab08] Marwa Mabrouk. OpenGIS Location Services (OpenLS): Core Services. OpenGIS interface standard, Open Geospatial Consortium Inc., September 2008.
- [NGGG07] Anthony Nadalin, Marc Goodner, Martin Gudgin, and Hans Granqvist. WS-SecureConversation 1.3. Oasis standard specification, OASIS, Mrz 2007. <http://docs.oasis-open.org/ws-sx/ws-secureconversation/200512/ws-secureconversation-1.3-os.html>.
- [NKMHB04] Anthony Nadalin, Chris Kaler, Ronald Monzillo, and Phillip Hallam-Baker. Web Services Security: SOAP Message Security 1.1 (WS-Security 2004). Oasis standard specification, OASIS, Februar 2004. <http://docs.oasis-open.org/wss/v1.1/>.
- [NKS08] Yuri Natchetoi, Viktor Kaufman, and Albina Shapiro. Service-oriented architecture for mobile applications. In *Proceedings of the 1st international workshop on Software architectures and mobility*, SAM '08, pages 27–32, New York, NY, USA, 2008.
- [Ope05] Open Mobile Alliance. OMA Web Services Enabler (OWSER): Overview. Technical report, Open Mobile Alliance, Dezember 2005.
- [SJP07] S. N. Srirama, M. Jarke, and W. Prinz. Security analysis of mobile web service provisioning. *Int. J. Internet Technol. Secur. Syst.*, 1:151–171, August 2007.
- [SKH08] Holger Schmidt, Andreas Köhrer, and Franz J. Hauck. SoapME: a lightweight Java ME web service container. In *Proceedings of the 3rd workshop on Middleware for service oriented computing*, MW4SOC '08, pages 13–18, New York, NY, USA, 2008.
- [WN07] Huaigu Wu and Yuri Natchetoi. Mobile shopping assistant: integration of mobile applications and web services. In *Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web*, WWW '07, pages 1259–1260, New York, NY, USA, 2007.

# Open Sensor Platforms: The Sensor Web Enablement Framework and Beyond

Alexander Funk, Claas Busemann, Christian Kuka, Susanne Boll, Daniela Nicklas

OFFIS - Institute for Information Technology  
Oldenburg, Germany  
busemann|kuka@offis.de  
<http://www.offis.de>

Carl von Ossietzky Universität  
Oldenburg, Germany  
alexander.funk|susanne.boll|daniela.nicklas@uni-oldenburg.de

**Abstract:** Over the last years, more and more sensor systems emerged that can not only be accessed but also controlled and configured using the Internet. This trend allows mobile applications that rely on sensor data; however, the access and configuration of sensor systems is a tedious task. As many sensor manufacturers implement their own protocols, there are many communication protocols. Although unifying standards like the Sensor Web Enablement framework (SWE)—developed by the Open Geospatial Consortium (OGC)—exists, they are still not widely used by off-the-shelf sensor systems. As a result, other middleware platforms like the Sensor Configuration and Aggregation Middleware for Multi Platform Interchange (SCAMPI) have been developed. In this paper, we analyze the Sensor Web Enablement (SWE) framework regarding requirements of sensor-based applications, show how it can be integrated in SCAMPI, and highlight the strengths and limitations of SWE based on the experiences we made during the integration process. The implementation and evaluation of the system shows the benefits and disadvantages of the SWE framework from the perspective of a developer who wants to integrate the SWE framework into a middleware as well as from the perspective of a developer who wants to build a system around the SWE framework. The results of this paper can be used to assess whether the SWE standard and its application will be useful for a given scenario.

## 1 Introduction

Many mobile applications rely on sensor data. Some need it to adapt their services to their users current situation (so-called context-aware applications [SAW<sup>+</sup>94]), e.g., to change the presentation, adapt the presented information, or take actions. Examples are a navigation application that changes the display from a high-level view to a zoomed-in detailed view based on speed, or a tourist information application that displays points of interest depending on the users location. Other mobile applications even use sensor data as their primary application data, to show the current status of real-world objects, e.g., the location

of moving objects (like trucks in a logistics scenario), weather information, or the status of other players in a mixed-reality game.

The integration of live sensor data into applications adds complex tasks to the software development, like the communication with the sensor or the transformation of raw sensor signals to meaningful information. For mobile applications that rely on stationary sensor systems, these tasks have to be done multiple times, since due to the inherent mobility of the application, the relevant sensors change when the user is moving.

Today, many low cost and easy to install sensors are available, many more in the future. Often, these sensors can already be accessed over the Internet as they come along with TCP/IP enabled Ethernet or WLAN interfaces. Technologies like sensor middlewares or simple wrapper applications even allow more sensors to be accessed through the Internet. This kind of access is very important for upcoming technologies like the Internet of Things, which demands a high number of sensors that can be accessed through the web. But also companies and even private persons are more and more interested in having simple web based access to sensors. The high number of existing sensors and sensor middlewares leads to a high number of communication protocols. The differences between these proprietary protocols make it hard for developers to implement systems that communicate with sensors from different manufacturers. The OGC tries to solve the problem by defining the Sensor Web Enablement (SWE) framework, which defines a unified communication standard for sensors and sensor services. However, it seems like the SWE framework is not widely used yet, as the number of implementations is pretty low. The existing implementations also seem to be build around the standard and do not integrate it into an existing system.

In this paper we analyze the benefits and disadvantages of the SWE framework by integrating it into the SCAMPI middleware. Thereby not only the compatible features and not implementable functions are considered but also things like the communication overhead. This work can be used by developers to assess whether the integration of the SWE standard into their system is feasible. The results of the evaluation could also be seen as suggestions to improve the SWE standard. The rest of the paper is organized as follows: The related work can be found in Section 2. Section 3 examines the characteristics of open sensor platforms while Section 4 gives an overview of the SWE framework. Section 5 describes our middleware. Finally, the evaluation can be found in Section 6 and the conclusion in Section 7.

## **2 Related Work**

The Sensor Web Enablement (SWE) [Con08] is a proposal from the Open Geospatial Consortium (OGC) for a Protocol that describes Sensors and Sensor Observations. It is designed to unify the communication between sensors and sensor services. A detailed description of the standard can be found in Section 4.

To achieve a unified usage and exchange of sensor data between different components and middlewares several implementations of the SWE standard have been proposed. The 52°North Sensor Web community [NOR] focuses on the development of a broad range of

services and encoding implementations related to the SWE framework. The Space Time Toolkit [Spa] of the University of Alabama uses parts of the SWE framework for 4D visualization via an interactive user interface. The GeoCENS [GEO] project at York University uses SWE to visualize geospatial data in the web. The NICTA Open Sensor Web Architecture (NOSA) [KBLK07] has implemented five core specifications of the SWE including the Sensor Model Language (SensorML), the Observation and Measurement (O&M), the Sensor Collection Service (SCS), the Sensor Planning Service (SPS) and the Web Notification Service (WNS). Furthermore the SWE was implemented in the EO-1 SWE [EO1] testing project by the NASA to link together ground and space-based instruments to enable autonomous collaborative observation collections. Other groups target on special parts of the SWE like the Sensor Observation Data Registration [CZC07] to improve the quality of a sensor data registry. However, all of these implementations seem to be build especially for the SWE framework. None of them integrated the standard into an already existing platform. They also do not specify which functions or applications can be realized when integrating the SWE framework. However, existing sensor systems would benefit from an integration of the standard as they thereby would achieve a higher level compatibility to other systems.

A service oriented approach for sensor discovery, access and usage is used by several groups. The Microsoft SenseWeb [Nat06] Project for example allows different users to share their sensor measurements over the Internet. The Sensor.Network [GPU10] developed by Sun Microsystems can be used for sensor data aggregation and visualization. The GSN [ZAST08, AHS07, AHS06] is a middleware for processing and discovery of sensor measurements. All of them are using their proprietary standards and representation of sensors, transducers and sensor data repositories. They also use their own functions to discover, access and use sensors and sensor data. SWE is not supported by one of these. The SCAMPI middleware [BKW<sup>+</sup>09] which is used in this paper to analyze the SWE standard is also a service oriented sensor system that could be compared to systems mentioned above. The middleware is explained in detail in Section 5.

Service oriented architectures are one of the most promising ways of implementing sensor access and sensor discovery. One of the upcoming framework specifications for such middlewares is the OSGi specification. The OSGi Alliance (formerly Open Services Gateway initiative) defines a hardware independent framework for dynamic administration and modularize development. The OSGi Alliance simply defines the interfaces of the platform and gives no advice about the internal structure of the so called OSGi bundles. OSGi is used in automotive, mobile devices and smart grids.

### **3 Characteristics of Open Sensor Platforms**

Open sensor platforms, like the ones mentioned in the related work, often share the same characteristics which we consider typical for this kind of technologies. We conducted an extended analysis of these characteristics. This section shortly introduces the results, which are later used to compare different features of SWE and SCAMPI.

**Sensor Administration** The basic application purpose of an open sensor platform is to allow the administration of sensors. They come along with functions that allow the registration of new sensors, but also the request of sensor information, the removal of sensor information and so on. Some platforms even allow the request for sensor information using an abstract description (so called sensor meta data, see below).

**Sensor Description and Access** A sensor description is usually done by specifying a name or ID and sensor type. The sensor type includes a description of the transmitted data. Static sensors have a fixed position, while mobile sensors transmit their position with every measurement. The description of a sensor often also includes its platform, for example a car which carries multiple sensors. In addition, some systems allow the description of processing chains inside of the sensor which allows applications to understand the quality of the transmitted data.

**Sensor Metadata** Many platforms allow a description using abstract sensor data, like keywords, contact persons, sensor categories and so on. This data can be used by other applications or persons to make proper decisions when using the sensor data. It is also often helpful, if the metadata is available over the Internet for everyone, as it reveals the sensors purpose to the user.

**Processing of Sensor Data** Open sensor platforms are also often used to process sensor data. This can be a simple processing like filtering data using a threshold or a complex system that allows the manipulation, aggregation and filtering of data streams. These system are also often not only able to process but also to provide the processed sensor data to the user or an application. This processed sensor data can then be accessed as if it is coming from a real sensor.

**Sensor Observations** There seem to be two common principles when accessing and proving sensor data. One principle follows the sensor and allows the application to access its data. The interpretation of the measurement has to be done by the application. The other principle follows the asset that may be monitored by several sensors. The application simply specifies an asset in which it is interested and the platform delivers the measurements that may be collected by various sensors.

**Communication Protocol** Open sensor platforms usually also provide an open communication protocol. Even if the basic functions of these protocols are often the same, the representation usually differs notably. XML seems to be a very common technology for modern communication protocols. However, there are also simple text based or binary representations.

## 4 Sensor Web Enablement Framework

The Sensor Web Enablement (SWE) [Con08] is a proposal from the Open Geospatial Consortium (OGC) for a Protocol that describes Sensors and Sensor Observations. It also describes several (Web-)Services to access those data structures. The vision is to simplify the connection and cooperation between different sensor networks, especially using World Wide Web. The SWE therefore is for sensor networks what HTTP is for the internet. The ultimate goal is to connect heterogeneous sensors and sensor networks among each other and allow a unified access to those sensors. This could, in the long term, lead to lower costs and better quality sensor communications because there is only one protocol to focus on instead of several proprietary ones, as the interoperability between different proprietary protocols can be a serious problem. The broad adoption of the SWE is obviously required for this to work.

### 4.1 Sensor Web Enablement Approach

As the key to a broad adoption is flexibility the SWE framework optimally should be usable in all use cases that involve sensor communication. For this reason SWE is not an implementation but a specification. It does not specify a codebase, instead it defines the protocols and web services that have to be used. The implementation is not prescribed by the SWE-Standard. This means that the defined web services can be built in any language on any platform. The only constraint is to be conform to the SWE XML schemas which are defined by the standard. As shown in Fig. 1 the SWE framework basically consists of three XML schemas and four (XML) web service descriptions [Con08].

When dealing with sensor data the SWE framework specifies *FeatureOfInterests*. These are Objects in the real world that are somehow related to a location like a specific geographic area, a lake or a river. *FeatureOfInterests* have *ObservablePropertys* that can be observed by sensors, like the water temperature of a lake. Sensors can monitor these observable properties and measure an estimate of its value as part of an *Observation*. An observation is a snapshot of a *FeatureOfInterest*'s properties. *ObservablePropertys* that have an actual estimate of their value inside an observation are called *ObservedProperty*.

### 4.2 XML schemas of Sensor Web Enablement

As mentioned before the architecture of the SWE framework basically consists of three XML schemas and four web services [Con08]. These are explained in detail in the following sections.

**Sensor Model Language** The Sensor Model Language [Con07b] is used to describe sensors and sensor platforms. It uses XML to encode all sensor information and is specified using an XML-Schema. Defined attributes include metadata like contact person, key-

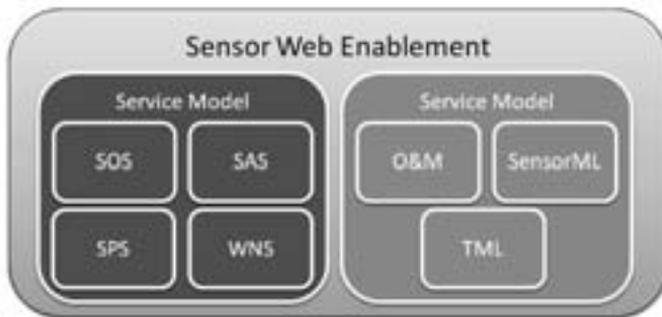


Figure 1: Basic Architecture of the SWE (see [Con08])

words for easy sensor discovery, location of the sensor or an identification. SensorML can also describe the data stream of a sensor and the corresponding data types or units of measurement. Sensors are often part of a sensor platform, for example a satellite. In that case the satellite is the sensor platform and consists of several other sensors. It is possible to describe such relations inside a SensorML document and specify more information about the type of relationship, for example the exact location of a sensor relative to its sensor platform. SensorML is also able to store processes and linked processes, so-called process chains. The idea behind this concept is to save all data involved in the process of measuring a property. Processes can describe the whole process from measuring a low-level electric impulse, converting this impulse to a number and finally sending this measurement from the sensor to a destination. This means the whole process is transparent to every client and can be used to tune historic sensor observations if for example a sensor is known to use a certain formula for its translation steps.

**Observation & Measurement** Observation & Measurement (O&M) [Con07a] is a model language that is used to describe observations from sensors. Like SensorML, O&M is specified using an XML schema. It covers data like the time of the observation, the observed properties and the feature of interest. It also contains the actual data stream, an estimate of every observed property and an identifier for the sensor that made the observation.

**Transducer Model Language** The Transducer Model Language is an equivalent to the Sensor Model Language. It is also specified as an XML schema and describes transducers using XML. Its purpose is to describe transducers and streaming sensors. Therefore, it provides a more adequate XML structure.

### 4.3 Web Services of Sensor Web Enablement

**Sensor Observation Service** The Sensor Observation Service (SOS) is probably the most important web service in the SWE framework. The SOS provides access to sensors, current sensor observations and historic sensor observations. Clients can also search for sensors using metadata, for example search for all sensors that are observing a specific FeatureOfInterest. Clients receive observations represented as O&M documents and sensor descriptions represented as SensorML document. The registration of new sensors is also possible using the SOS.

**Sensor Planning Service** The Sensor Planning Service (SPS) is responsible for tasking sensors on the basis of client queries. Clients can send their tasks to a SPS which then tries to fulfill them. This means that the SPS tries to reconfigure all necessary sensors to accomplish the task. When finished, the SPS can use the Web Notification Service to inform the client.

**Sensor Alert Service** The Sensor Alert Service (SAS) is used to define and observe alerts. An alert is an expression that defines values for properties of a sensor. The SAS monitors the necessary sensors and sends an alert to all registered clients if an expression applies. Alerts can be defined as public and clients can register to any public alert. Thereby this mechanism is usually more effective than having every client to poll the sensor data by their own.

**Web Notification Service** The Web Notification Service (WNS) is a utility service for asynchronous delivery of data to a client. Basically the WNS is used by any other service to asynchronously send a message to a client that registered at the WNS earlier and therefore has a unique id to be identified. The client itself can specify its desired method of asynchronous communication. The supported methods depend on the actual implementation and are therefore not specified by the SWE framework.

## 5 SCAMPI Middleware

SCAMPI [BKW<sup>+</sup>09] is a sensor data middleware that lies between the sensors which transmit their measurements and the application that is about to use them. It is able to handle a large amount of sensors and users which can be administrated using simple control mechanisms. The design goal was to develop a sensor middleware that allows providers to realize and host efficient low-cost sensor applications for end-users. Fig. 2 shows a schematic view of the middleware.

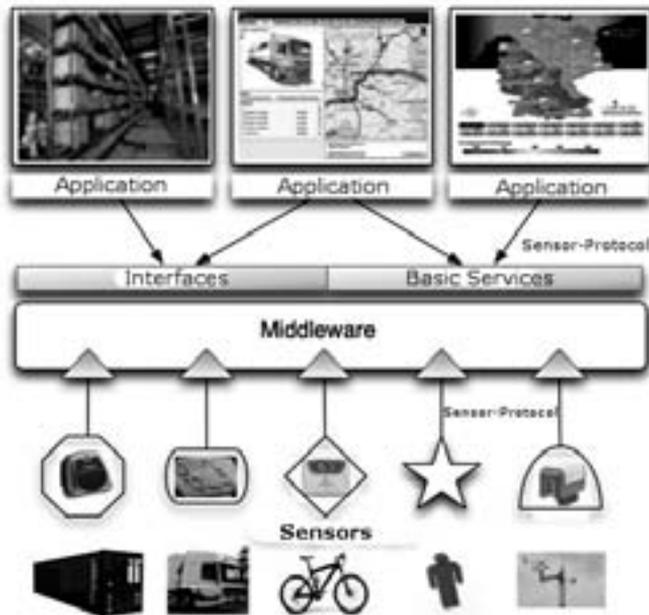


Figure 2: Schematic Representation of our Middleware

## 5.1 SCAMPI Approach

The main feature of the middleware is letting applications have a unified access to the sensor data. As the middleware comes along with a sensor adapter service that allows the integration of various communication protocol drivers almost every kind of sensor can send its data to the middleware. Through the unified access to this data using web services this data can easily be accessed by other applications. The middleware comes along with its own communication protocol (SCAI) which can not only be used to transmit sensor data, but also to administrate the middleware. The main representation of this protocol is realized using XML but there is also a short text version for sources with low resources. It can for example be used to register new sensors or add supplementary metadata to their description.

The system consists of different web services that allow the graphical administration of the middleware but also the user friendly visualization of sensor data. Another important feature is the processing unit, which can be used to process the incoming sensor data before it is made available to the application. Thereby the processing can be quite complex, like for example joining different sensor data streams or aggregating data. The processed sensor data can be accessed by an application in the same way in which it would access a real sensor.

## 5.2 Why not Sensor Web Enablement?

During the design process of the middleware we had to decide whether to build the system based on the SWE standards or not. We finally decided not to base our middleware on the SWE approach as there are several reasons that speak against it. The main reason is that does not support the description of complex processing operations within a middleware. Also the communication overhead that comes along with the XML descriptions of the SWE protocols seemed to be too high for sources with low resources. The SWE framework does describe services that allow the configuration of sensors but it does not specify a protocol for this. Finally, SWE seems to follow an asset based approach when handling observations, in that observations themselves are 'first class objects' that can be addressed, stored, and retrieved individually. SCAMPI on the other side is a sensor based system. However, based on these reasons we initially decided not to build our middleware based on the SWE standards. As the SWE standard more and more evolved and nowadays is use in several projects we decided to integrate the SWE services into our systems as those standards are important to archive compatibility between different systems.

## 6 Comparison of Sensor Web Enablement and SCAMPI Features

In this section, we compare the features of SWE and SCAMPI based on the characteristic in Section 3. The column "effort" in the following tables refers to the effort necessary to implement a specific feature in SCAMPI.

**Sensor Administration** Sensor administration and the configuration of the sensors are supported in different levels on SWE and SCAMPI. SWE provides the Sensor Planning Service for such a use case but does not define a XML protocol to configure a sensor. The SCAI protocol however already has the ability to describe a configuration for a sensor. This means SCAMPI already offers a concept for configuration including a protocol, whereas SWE does not define a protocol but only the responsible web service. Another

Feature	SCAMPI	SWE	effort
sensor support required	no	yes	-
protocol can configurate sensors	yes	no	-

Table 1: Sensor Administration Features

advantage of SCAMPI is the ability to use sensors even if those sensors do not provide specific support for SCAMPI. Developers can define so called "sensor adapters" inside the SCAMPI middleware that act as a wrapper between the sensor and SCAMPI. Through this concept every sensor can be used, assumed the sensor adapter is developed once. The SWE on the other side needs explicit support by the sensors because it does not provide any comparable concept. A comparison of these features can also be found in Tab. 1.

**Sensor Description and Access** SCAMPI and SWE both have their own languages for the sensor description and in both cases it is XML, SCAI and SensorML respectively. They both offer a web service for the unified access to sensors too. A closer look to SCAI and SensorML reveals the difference between both and shows that SensorML has many more place holders for the data of a sensor description. In SWE a SensorML document can define whole sensor platforms which consist of several different sensors and can additionally describe the relation between those sensors. Also the SensorML can directly encode the actual position from a sensor in a predefined placeholder. SCAMPI does not provide

Feature	SCAMPI	SWE	effort
unique id for sensors	yes	yes (SML)	-
sensors are separate entity	yes	yes	-
placeholder for actual position in protocol	no	yes (SML)	low
actual position through sensors data stream	yes	yes (SML)	-
describe sensor platforms	no	yes	high
define datatypes for datastream elements	yes	yes	-
sensor description through web service	yes	yes (SOS)	-

Table 2: Sensor Description and Access Features

the ability to define sensor platforms and has no predefined place holder for the sensor position. In SCAMPI the sensor position can be transmitted but has to be transmitted as part of the sensor data stream. The concepts of sensor description and sensor access are largely compatible. Making SCAMPI compatible with SWE on this end should not be a major problem. A comparison of these features can also be found in Tab. 2.

**Sensor Metadata** Sensor metadata provided by a sensor platform does help the client to search for the sensors he actually requires. In case of SCAMPI there is no metadata

Feature	SCAMPI	SWE	effort
keywords, descriptions for sensors, contact person(s)	no	yes (SML)	low
change history from sensor description	no	yes (SML)	medium
references to sensor documentation	no	yes (SML)	low
date of expire for sensor description	no	yes (SML)	medium
UoM for every data stream element	no	yes (SML)	low
Classification using categories	yes	no	medium

Table 3: Sensor Metadata Features

that could be attached to a sensor description as it does not provide a placeholder for it. The SWE is different, it has placeholders, most of them optional, that can be populated by metadata and then can be used to filter the sensors or to increase discoverability of sensors. This metadata can be keywords, description, contact person(s), references to sensor documentation, change history from the SensorML document, a unit of measurement (UoM)

for every data stream element or a date of expiration for the specific SensorML document it is embedded into. However, SCAMPI does allow the classification of sensors into categories which is also a metadata and helps users to identify the correct sensors. Sensor metadata normally does not affect the general compatibility between SWE and SCAMPI because most metadata in SWE is optional and could be discarded. Of course this would neutralize the enhancements through metadata described earlier. Implementing that missing metadata into SCAI should also be possible without major problems. A comparison of these features can also be found in Tab. 3.

**Processing of Sensor Data** The processing of sensor data, especially between sensor data of different sensors, can open up many new possibilities. Through processing of sensor data it is possible to use several sensors and define a specific procedure to generate more meaningful data. The SWE does not provide any web service for sensor data aggregation or processing of sensor data. Nevertheless the SensorML does provide the concept of processes and process chains which can be used to describe such processing steps involved on sensor basis. These data structures can be used to describe sensor data processing steps on a sensor. The SWE on its own does not provide processing on middleware or web service basis. SCAMPI on the other side provides a processing unit for sensor

Feature	SCAMPI	SWE
virtual sensors	yes	no
notify on defined situation	yes	yes (SAS)
sensor data processing on middleware basis	yes	no
sensor data processing on sensor basis possible	yes	yes

Table 4: Processing of Sensor Data Features

data processing and does also provide the concept of virtual sensors. A virtual sensor is made up from different processing steps that can be defined by a client. These processing steps can use sensor data from different sensors, join them, filter them or check for specific values to form a new virtual sensor. This virtual sensor then has its own data stream which can be accessed by a client. Since the SWE is a specification rather than an implementation it is possible to implement a web service that is SWE compatible but also provides the processing of sensor data on a middleware basis. It is imaginable that the virtual sensors in SCAMPI can be described as SensorML documents that describe through processes and process chains all of their processing steps. In that case the concept of processes in SWE and the concept of virtual sensors in SCAMPI would play nicely together. A comparison of these features can also be found in Tab. 4.

**Sensor Observations** Sensor observations are referring to the data an actual sensor measured. The SWE and SCAMPI have very different principles in interacting with those observations. The SWE treats a sensor observation as an entity for itself. A sensor observation contains a unique id and some meta data like the observed feature of interest or

the observed properties. This enables the possibility to search for specific sensor observations by their metadata. For example a client could request a sensor observation that has a specific feature of interest as target. In SCAMPI there is no sensor observation entity.

Feature	SCAMPI	SWE	effort
unique id for sensor observations	no	yes (OM)	high
define feature of interest	no	yes (OM)	high
define observed properties	no	yes (OM)	high
sensor observations are separate entity	no	yes	high
get observation by metadata	no	yes (SOS)	high

Table 5: Sensor Observations Features

The only entity inside SCAMPI is a sensor. Metadata like the feature of interest or the observed properties can not be saved. One could say the SCAMPI approach is very sensor centric whereas the SWE approach shifts the interest more in the direction of the sensor observations. This distinction in principles concerning the sensor observations is a very problematic point when it comes to compatibility between both systems. There is no way to mimic all possibilities of sensor observations from SWE in SCAMPI and therefore it is not possible to achieve a reasonable mapping between the protocols. A comparison of these features can also be found in Tab. 5.

**Communication Protocol** The communication protocol is used between the sensors and the web service and between client and web service. Optimally it has only a low overhead to reduce the amount of data that is necessary to be transmitted. The SWE defines, among others, the SensorML and O&M. These protocols are very verbose and can be called human readable. The downside to this is the size of those protocols. SensorML and O&M tend to have a relative high overhead compared to their payload. This could lead to problems when a sensor does not have the capabilities to handle or parse large XML documents. SCAMPI on the other hand supports several protocols. It supports SCAI, a human

Feature	SCAMPI	SWE
several protocols	yes	no
short-text-protocol for low end sensors	yes	no

Table 6: Communication Protocol Features

readable XML protocol, but there is also a short-text protocol available that reduces the character count and so reduces the overhead of the protocol. This short-text protocol is not as easy readable as the XML version, at least the meaning will not be clear to anybody at the first glance. However this allows SCAMPI to even support sensors which are low on hardware resources. A comparison of these features can also be found in Tab. 6.

## 7 Conclusion and Future Work

This paper describes how to integrate the SWE framework into an existing sensor middleware. The evaluation identifies the SWE features that can or can not be adapted and also the features of the middleware which could not or only partially be realized using the SWE framework. These results can be used by sensor middleware developers who have to decide whether to use the SWE framework or not. In the future we are going to implement more features of the SWE standard to achieve a higher level of compatibility with the standard. However, these implementations will be realized in a way that will not move the focus of the middleware completely to the one of the SWE approach, as this would change the basic purpose of the middleware.

## Acknowledgment

The authors would like to thank Stefan Behrensen for his superior support for this paper.

## References

- [AHS06] K Aberer, M Hauswirth, and A Salehi. Middleware support for the “Internet of Things”. In *5th GI/ITG KuVS Fachgespräch “Drahtlose Sensornetze”*, Germany, 2006. 5th GI/ITG KuVS Fachgespräch “Drahtlose Sensornetze”.
- [AHS07] Karl Aberer, Manfred Hauswirth, and Ali Salehi. Infrastructure for data processing in large-scale interconnected sensor networks. In *Proceedings of the Mobile Data Management (MDM 2007)*, Mannheim, Germany, 2007. IEEE Computer Society.
- [BKW<sup>+</sup>09] Claas Busemann, Christian Kuka, Utz Westermann, Susanne Boll, and Daniela Nicklas. SCAMPI - Sensor Configuration and Aggregation Middleware for Multi Platform Interchange. In *GI Jahrestagung*, pages 2084–2097, 2009.
- [Con07a] Open Geospatial Consortium. *Observations and Measurements - Part 1 - Observation schema*, December 2007.
- [Con07b] Open Geospatial Consortium. *OpenGIS Sensor Model Language (SensorML) Implementation Specification*, July 2007.
- [Con08] Open Geospatial Consortium. *OGC Sensor Web Enablement Architecture*, August 2008.
- [CZC07] Nengcheng Chen, Zhong Zheng, and Zeqiang Chen. An Efficient Sensor Observation Data Registration based on Asynchronous Service Middleware. *Network and Parallel Computing Workshops, IFIP International Conference on*, 0:374–379, 2007.
- [EO1] GSFC. Sensor Web / Testbed Initiatives. Website. Available online at <http://eo1.gsfc.nasa.gov/new/extended/sensorWeb/sensorWeb.html>; visited on 2010-11-01.

- [GEO] GeoCENS. Website. Available online at <http://sensorweb.geomatics.ucalgary.ca/>; visited on 2010-11-02.
- [GPU10] V. Gupta, A. Poursohi, and P. Udupi. Sensor.Network: An open data exchange for the web of things. In *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2010 8th IEEE International Conference on*, pages 753–755, 29 2010.
- [KBLK07] T. Kobialka, R. Buyya, C. Leckie, and R. Kotagiri. A Sensor Web Middleware with Stateful Services for Heterogeneous Sensor Networks. In *Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information, 2007. ISSNIP 2007. 3rd International Conference on*, pages 491–496, 2007.
- [Nat06] Suman Nath. Challenges in building a portal for sensors world-wide. In *In First Workshop on WorldSensor-Web, Boulder, CO*, pages 3–4. ACM, 2006.
- [NOR] 52°North. Website. Available online at <http://52north.org>; visited on 2010-11-01.
- [SAW<sup>+</sup>94] B. N Schilit, N. Adams, R. Want, et al. *Context-aware Computing Applications*. Xerox Corp., Palo Alto Research Center, 1994.
- [Spa] Space Time Toolkit. Website. Available online at <http://code.google.com/p/space-time-toolkit/>; visited on 2010-11-01.
- [ZAST08] Yongluan Zhou, Karl Aberer, Ali Salehi, and Kian-Lee Tan. Rethinking the Design of Distributed Stream Processing Systems. In *Proceedings of the 24th International Conference on Data Engineering Workshops (NetDB 2008)*, pages 182–187, Cancun, Mexico, 2008. IEEE Computer Society.

# Towards a Reference Architecture for an Integration Platform for Diverse Smart Object Technologies

Sebastian Lempert, Alexander Pflaum

Center for Intelligent Objects ZIO  
Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS  
Dr.-Mack-Str. 81  
90762 Fuerth, Germany  
{sebastian.lempert | alexander.pflaum}@iis.fraunhofer.de

**Abstract:** Although the cost-effective integration of diverse smart object technologies like radio-frequency identification (RFID), real-time locating systems (RTLS), and wireless sensor networks (WSN) into existing enterprise infrastructures is very important for companies, integration aspects are ignored by researches frequently. Furthermore it could be observed, that existing commercial middleware products aiming at integration ignore the trend of consolidation between diverse smart object technologies by focusing on passive RFID only. This paper introduces the concept of an integration platform for diverse smart object technologies together with an abstract software architecture. The functionalities that such a platform should provide are derived from the requirements of real world applications and aim at drastically reduced integration costs.

## 1 Introduction and motivation

Since managers have to plan, organize, staff, direct, and control an organization or task in order to accomplish desired objectives efficiently [Ma69] additional information that supports the management process is very valuable. The statements “you can't control what you can't measure” [De82] and “if you can't measure it, you can't manage it” [Ga93] describe a simple but fundamental insight according the management process that was made early in the fields of computer science and business administration, respectively. Nowadays smart object technologies like RFID [Fi08], RTLS [Ma09], and WSN [KW07] are used more and more to gather information from their environment previously not available and are thus the prerequisite for efficient business processes.

Objects from the real world like containers, palettes and assets in general are called intelligent or smart objects if they are tagged with smart object technologies. Smart objects come from a number of different technology areas and scientific disciplines including embedded systems, ubiquitous and pervasive computing, mobile telephony, telemetry, wireless sensor networks, mobile computing, and computer networking with each area making its own imprint on the technology [VD10].

In research there is consensus that ideal smart objects have unique identifiers and are able to save and process information, to monitor their environment with sensors, to interact with their environment with actors, and to communicate with their environment wirelessly [Sá09], [VD10]. From the authors point of view ideal smart objects are also able to detect their own position in the two- or three-dimensional space with the help of additional infrastructure.

By looking at ongoing standardization processes at EPCglobal [Di09] or DASH7 alliance [Ri10] concerning active RFID it could be observed that in future active RFID tags will have their own power supply, additional sensors, and the ability to communicate with other tags without using RFID interrogators. Another indicator for the increasing consolidation between diverse smart object technologies is the fact that positioning is not a unique feature of highly specialized RTLS anymore and can be done with RFID [Mo09] and WSN [KW07] too.

Since the aim of enterprises is profit they will introduce and integrate smart object technologies only if benefits are higher than costs. Unfortunately the integration of diverse smart object technologies into existing enterprise systems is a complex, time-consuming, and expensive task: integration costs can add up to “35 to 50 percent of all systems development” [Br06] and are thus a significant cost driver. As a result enterprises will use smart object technologies only if integration can be done with reasonable efforts. Despite this fact academic research on wireless sensor networks frequently ignores integration aspects [Ra08]. In contrast in the field of RFID commercial middleware products are established that aim at efficient integration [Le04]. Unfortunately these products ignore the trend of consolidation between diverse smart object technologies by focusing on passive RFID only. Thus the consolidation of diverse smart object technologies demands new integration platforms.

We believe that there is a need for an integration platform for diverse smart object technologies. Therefore in this paper the following research questions are examined:

1. What is an integration platform for diverse smart object technologies and how does this term relate to the term middleware?
2. How should such an integration platform be designed and what functionalities are needed in order to be able to support heterogeneous applications of smart object technologies efficiently?

The rest of the paper is organized as follows. In section 2 we line out the differences between the terms middleware and integration platform and derive a first definition for the term integration platform for diverse smart object technologies. In section 3 we introduce an abstract software architecture for an integration platform for diverse smart object technologies and line out, what functionalities such a platform should provide and what standards should be considered. Furthermore we compare the proposed functionalities with the requirements of different real world applications. In section 4 we compare our concept with related work. We conclude this paper with a summary and an outlook on prospective future work in section 5.

## 2 Differentiation of terms

**Middleware:** To the best of our knowledge the term middleware was first used and coined in order to describe software that sits between applications and an operating system in 1968 [NR68]. Unfortunately since then the term was used in many different ways with different meanings in different contexts in literature. Therefore it is very hard to give a clear definition of the term middleware that is generally applicable. Nevertheless from the authors point of view the definition “Middleware is any software that allows other software to interact” [De10] seems to be adequate.

**Integration platform:** An integration platform denotes a middleware product or a combination of middleware products that aims at connecting different enterprise applications and supports the concept of enterprise application integration [LLS06], where “EAI is the unrestricted sharing of data and business processes among any connected applications and data sources in the enterprise” [Li99].

**Integration platform for diverse smart object technologies:** An integration platform for diverse smart object technologies like WSN, RFID, and RTLS is an integration platform, which unites these technologies with a shared technology abstraction layer, controls the interaction between these technologies and existing enterprise infrastructures, supports intra-corporate and cross-company integration, and aims at reducing integration costs significantly. Furthermore from the authors’ point of view such an integration platform should be designed as proposed in section 3.

## 3 Software architecture

The abstract software architecture introduced in this section is intended to act as a template or blueprint for designing integration platforms in the domain of diverse smart object technologies. This intention comes close to the one that is often attributed to reference architectures: “A reference architecture is a generic architecture that can be applied in several types of industries but that share one or more common domains. Reference architectures should provide architectural guidance, best practice information, and should act as a blueprint for designing information systems.” [AP03]. In addition a “reference architecture need not be a concrete architecture; i.e., depending on the requirements being addressed by the reference architecture, it may not be necessary to completely specify all the technologies, components and their relationships in sufficient detail to enable direct implementation” [OA09]. Nevertheless as with reference models, that could be interpreted as the basis for describing reference architectures [OA06], an independent third party should decide whether certain architectures are accepted as reference architectures by applying the architecture in question successfully at least once [Th06]. Thus the authors decided not to declare their proposal as a reference architecture.

In order to have a flexible architecture for an integration platform for diverse smart object technologies that supports a wide range of smart object applications and a wide range of existing enterprise information systems the architecture should be constructed according to the service-oriented architecture (SOA) design paradigm. Since an enterprise service bus (ESB) could be defined as an up-to-date architectural style paradigm to implement a SOA we propose an abstract software architecture that is build upon an ESB [Fu09], [Th09]: as can be seen in Fig. 1 an integration platform for diverse smart object technologies should consist of several modules or services that are interconnected via an ESB. In the following we will explain the functionalities of the different modules/services that have been derived from the requirements of real world applications in more detail.

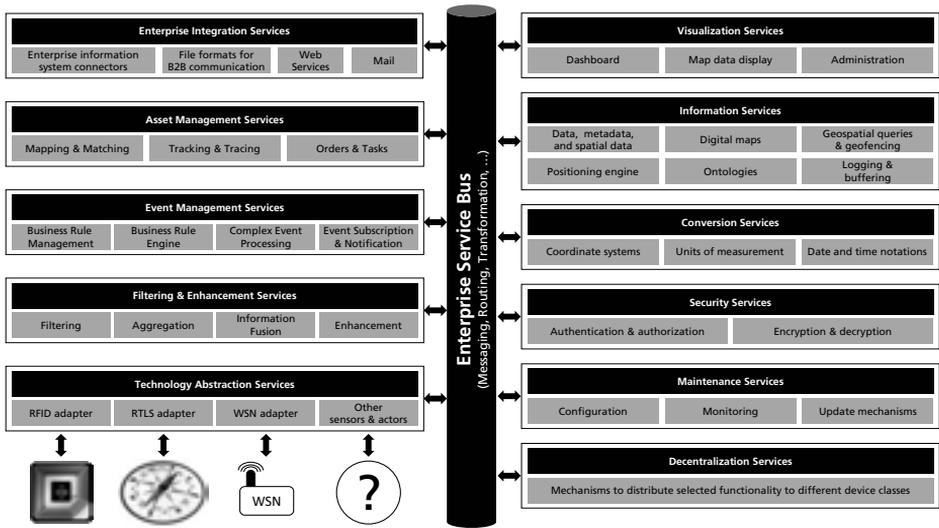


Fig. 1: Software architecture for an integration platform for smart object technologies

**Technology abstraction services:** Diverse smart object technologies should be accessed from other modules of the platform via a common technology abstraction layer. In detail the technology abstraction layer should enable the communication with and the administration of arbitrary smart object devices in a standardized way while ensuring that the functionality of concrete devices of a particular category can survive. For example simply creating the illusion that a sensor node is nothing more than a passive RFID tag is insufficient since a huge part of the functionality of sensor networks would remain unused. Technology abstraction is achieved with the following idea: information gathered by smart object devices is passed to other modules of the platform in a standardized way by transforming this information in so called basic events (see Fig. 2). Since sensor measurements are worthless if you don't know when and where the measurements took place a basic event consists of a smart object device identifier, a timestamp, and a geo-coordinate at minimum. Depending on the smart object device being used a basic event may contain one or more sensor values, corresponding units of measurement, and status information (e.g. battery status) in addition.

Since timestamps, coordinates and units of measurements are not always provided by the smart object technology being abstracted the integration platform has to add missing information approximately. Since timestamps, coordinates and sensor values may be exact or approximated information corresponding quality indicators are added in the technology abstraction module.

**Filtering & enhancement services:** Smart object technologies produce a large amount of data that needs to be processed, delivered and assessed according to different objectives of different platform modules. Unfortunately not all data is relevant for every module. Thus the integration platform provides mechanisms that allow filtering and aggregation of information depending on the interest of certain modules of the platform. In order to achieve this task the content based router that is part of the ESB is used. As a general rule information gathered from smart object technologies needs to be further enhanced before business rules can be applied. Thus the filtering & enhancement module passes only so called enhanced basic events to other modules of the platform (see Fig. 2): besides all information contained in a basic event an enhanced basic event contains information on the asset that is tagged with the given smart object device and additional information on the location that a given geo-coordinate belongs to (e.g. a certain storage area on the enterprise premises). This additional information is retrieved from a spatial database and/or an enterprise information system that is connected to the platform. Additional enhancements might be achieved with information fusion: "Information fusion denotes the process of combining data from different sensors or information sources to obtain new or more precise knowledge on physical quantities, events, or situations." [RP07]. On the other hand in case that WSN are used information fusion might already take place within the sensor network itself [NLF07]. Thus the integration platform provides interfaces for information fusion algorithms to be plugged in. Furthermore quality indicators are updated in the filtering & enhancement services if information fusion did take place.

**Event management services:** The task of the event management is to monitor business processes in real-time in order to create warnings and error messages prematurely if events are recognized that are critical or relevant for the business. The information needed to detect business events is delivered through the technology abstraction module and/or the filtering & enhancement module as explained before. In detail the event management is the module that takes basic events and/or enhanced basic events as input and produces business events as output (see Fig. 2). The event management mechanisms are implemented efficiently by using a business rule management system (BRMS) that comes with a business rule engine (BRE) and a complex event processing (CEP) solution complementary. A detailed comparison of different BRMS and CEP solutions can be found in [Ho09] and [Gu09], respectively. In case that a business event is detected, platform modules and applications that are external to the platform and interested in this type of business event are notified via a publish-subscribe-mechanism that conforms to the standard WS-Eventing.

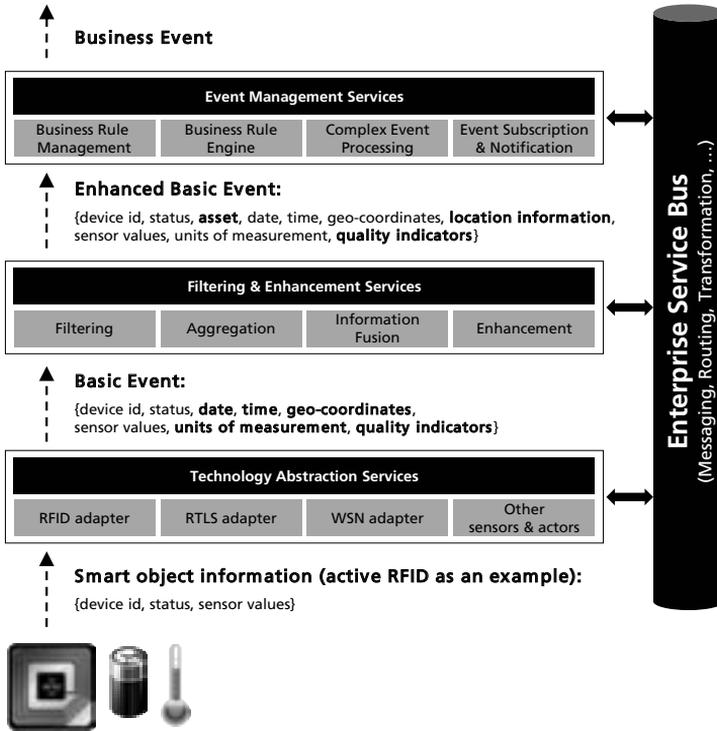


Fig. 2: Transformation of smart object information into business events

**Asset management services:** As a general rule smart object technologies are used to monitor real world objects. In this regard especially asset management is a popular application of smart object technologies. Thus the integration platform provides mechanisms that allow the efficient implementation of an asset management system: on the one hand the platform retrieves information regarding a mapping between a smart object device and an asset from its own database. In addition the platform retrieves information from its own database and/or ontology indicating whether two or more assets could be matched successfully. For example with this information it is possible to verify whether different hazardous materials could be stored together and whether an item to be placed on a certain palette belongs to the same commissioning order. On the other hand tracking and tracing of assets is very important in practice: while tracking denotes the current location of an asset, tracing denotes the exact sequence of all locations that a certain asset has been at in the past. Since all basic events that are created in the technology abstraction module come with geo-coordinates, tracking and tracing can be easily implemented by simply storing all basic events into the database. Finally the platform provides the ability to retrieve one or more orders that one or more assets corresponds to from its own database or a connected enterprise information system. For example in practice it is necessary to support certain order types like a commissioning order, a production order, a transportation order, etc. In addition it is possible to retrieve a task that a smart object device should carry out on an asset from the database. An example might be the mission to monitor the temperature of perishable goods.

**Enterprise integration services:** Existing enterprise infrastructures include among other components so called information systems like supply chain management (SCM) solutions, enterprise resource planning (ERP) solutions, warehouse management systems (WMS), customer relationship management (CRM) solutions, and manufacturing execution systems (MES). Since this is a wide palette of software solutions, each with specific interfaces, protocols, and data formats, connectors for every information system available on the market cannot be implemented in the first place. Instead the integration platform has to provide mechanisms that allow the cost efficient connection to a certain information system. This is where the strengths of the central component of the proposed software architecture come into play: an ESB supports multiple protocols (including a wide range of web services, REST, and other protocols), protocol conversion, data transformation, content-based routing, multiple connectivity options, and multiple standard business file formats for B2B communication [Fu09]. In addition the integration platform supports the propagation of business events to external subscribers via provided web services or via mail.

**Information services:** The integration platform is equipped with a relational database management system and thus provides reliable mechanisms to add, change, and delete information in a database and to query it for valuable information. Data on assets, smart object devices, and events are stored in the database. Since metadata on assets and smart object devices is very valuable this information is stored in the database too. For example in order to rate the quality of a sensor measurement in practice it is important to know some characteristics on the sensor that has measured a certain value. Thus for sensors the platform provides metadata like sensor type, measurement principle measured quantity, unit of measurement, measurement range, and the maximum sampling rate. Since assets strongly vary from application to application the attributes needed to describe these entities vary too. In the ideal case information on the asset can be retrieved from a connected enterprise information system. For situations where such information cannot be retrieved from an external source the platform provides a very flexible mechanism to define arbitrary assets: assets are stored according to the entity-attribute-value (EAV) representation that stems from medical informatics [Na99]. Additional information needed for asset matching (see asset management services) are retrieved from the ontology editor that is connected to the platform.

Furthermore the integration platform is equipped with a spatial database on top of the above mentioned relational database and a map server that can handle user-defined maps as well as user-defined areas and geo-fences within a map. Thus the platform provides geo-spatial queries like asking for additional information on the area that a certain asset is currently located and verifying whether a located asset has passed a virtual border (geo-fence) without permission. The platform implements a positioning engine that is responsible for calculating the location of smart object devices with appropriate location-sensing techniques [HB01]. Depending on the smart object technology a positioning engine can support different location models like presence-based locating, locating at room level, locating at choke points, locating by associating, and locating precisely [Ma09]. In fact the platform integrates a very simple positioning engine that does locating at choke points in order to compensate for smart object technologies like passive RFID that don't come with a positioning engine.

Finally the message store of the ESB is used in order to store logging data and to buffer information to be exchanged between different modules of the platform and between the platform and applications external to the platform. Thus the platform is able to bridge a temporary breakdown of a component.

**Conversion services:** Coordinates, units of measurement, and timestamps are stored and processed with unique data formats internally. Nevertheless the platform has to deal with several different formats for this kind of data. In practice different locating systems are deployed that use different coordinate systems. The same type of sensor can have different units of measurement (e.g. temperature can be measured in Celsius, Kelvin or Fahrenheit) and several different date and time notations are used around the world. Thus platform provides mechanisms that allow the conversion between these different data formats and the unique data formats used internally.

**Security services:** The platform supports security mechanisms like authentication and authorization for different users, groups of users, and roles of users. Again this is where the strengths of the central component of the proposed software architecture come into play: an ESB has integrated security features for authentication and authorization, supports access control lists (ACL), and allows services to be easily security enabled. In addition confidential data may be secured through the encryption and decryption module.

**Maintenance services:** Modules, interfaces between modules, and interfaces between modules and applications external to the platform are monitored by the platform. Corresponding logging data can be retrieved via the information services described earlier. Furthermore the platform provides mechanisms to configure the platform itself and connected smart objects devices. Maintaining a huge number of smart object devices can be a time-consuming task. For example in practice it might happen that firmware updates for all RFID interrogators of a certain category need to be deployed. Thus for smart object devices that can be updated remotely the platform supports remote firmware updates for a group of smart object devices that belong to the same category.

**Decentralization services:** Edge processing is a term that is often used in the context of RFID systems. The idea is to process and filter data as near as possible at the source of the data in order to achieve higher system scalability. In the field of WSN similar approaches are proposed that focus on decentralized in-network processing. For example since every wireless transmission consumes a significant amount of energy several approaches try to achieve higher sensor network lifetimes by reducing the amount of data to be transmitted. The idea is again to process and filter data as near as possible at the source of the data and to transmit aggregated data less often. From the authors point of view the general question what functionality should be centralized or decentralized and what technology should be used to shift functionality between the network and the backend is still not finally clarified yet. In the context of RFID mobile software agents might be a reasonable approach that enables the migration of functionality within the network. Intelligent RFID readers have a runtime environment like Java or .Net pre-installed and are thus well suited for modern software agent frameworks. Another interesting approach that should be considered is cloud computing [MG09].

**Visualization services:** The integration platform provides a web-based user interface that comprises a software dashboard, a display for digital maps, and an administration tool. A dashboard is useful for displaying the status of the components and interfaces of the platform as well as the status of defined key performance indicators (KPI) to be monitored by smart object technologies. Status information is displayed appropriately via reports, graphics, and gauges depending on the type of information. In addition there is a possibility to visualize tracking and tracing information of assets in a digital map by leveraging the geospatial information that can be retrieved from the information services. In practice it is necessary to display a ground plan of a certain building located at the enterprises premises and to model corresponding areas. For example different storage areas within a storage building might be displayed to a warehouseman. As stated in the description of the information services the platform supports user-defined areas and geofences. These can be easily defined by simply drawing polygons on a digital map. Finally a graphical administration tool is provided that allows the configuration of the platform, smart objects devices, assets, and of corresponding orders and tasks.

### 3.1 Relevant standards

Since the integration platform for diverse smart object technologies addresses existing enterprise infrastructures the platform needs to be standards compliant. Table 1 gives a brief overview on the platform modules and corresponding standards that were considered when implementing the needed functionality of a module. The list provided in Table 1 doesn't claim to be complete and reflects the authors' experiences. Furthermore details on mentioned standards are omitted since this would go beyond the scope of this paper. Nevertheless for additional information regarding RFID and sensor integration standards the interested reader may evaluate [Sá10].

Table 1: Overview on platform modules and corresponding standards

Module	Standards
Technology abstraction	<b>WSN:</b> IPv6, 6LoWPAN, OGC SWE; <b>RFID:</b> LLRP; <b>RTLS:</b> NMEA, GPX, KML
Filtering & enhancement	<b>RFID:</b> ALE, TDS, TDT
Event management	<b>BRMS:</b> SBVR, PRR, RuleML; <b>PUBLISH-SUBSCRIBE:</b> WS-Eventing, OGC SWE
Asset management	N/A
Visualization	JSF, Facelets, Ajax
Enterprise integration	<b>CONNECTORS:</b> JCA; <b>B2B:</b> EPCIS, EDI, ebXML, RosettaNet, HL7; <b>MAIL:</b> SMTP, IMAP, POP3; <b>WEB SERVICES:</b> SOAP over HTTP, WS-*, WSDL, XML, JBI
Information	<b>DATA &amp; METADATA:</b> JPA, JDBC, SQL; <b>GEOSPATIAL DATA:</b> OGC WMS, OGC WFS, OGC WFS-T, OGC Simple Features; <b>ONTOLOGY:</b> OWL, RDF, SPARQL, SWRL
Conversion	<b>DATE AND TIME NOTATION:</b> UTC; <b>COORDINATE SYSTEM:</b> WGS84; <b>UNITS OF MEASUREMENTS:</b> SI
Security	JAAS, JCA/JCE, HTTPS, TLS
Maintenance	SNMP
Decentralization	<b>SOFTWARE AGENTS:</b> OSGi, FIPA; <b>CLOUD COMPUTING:</b> N/A

### 3.2 Functionalities required by different real world applications

In order to underpin that the functionalities proposed in section 3 stem from real applications of smart object technologies Table 2 compares different applications with these functionalities and lines out, which functionalities are required by each application. The applications of smart object technologies being compared are a WSN based system for asset management and transfusion safety in a clinical environment [Se09], a RTLS and WSN based system for material flow management in earthworks [Le10], and a RFID based system for the logistic traceability of turbine spare parts in the aviation industry [KL07].

Table 2: Functionalities required by different real world applications

Functionality	Clinical asset management and transfusion safety	Material flow management in earthworks	Traceability of turbine spare parts
Technology abstraction ...	●	●	●
for WSN	●	●	○
for RFID	○	○	●
for RTLS	(●)	●	(●)
Filtering & enhancement	●	●	●
Event management	●	●	●
Asset management	●	●	●
Visualization	○	●	●
Enterprise integration	●	(●)	●
Information	●	●	●
Conversion	●	●	(●)
Security	●	(●)	(●)
Maintenance	●	○	(●)
Decentralization	○	○	(●)

## 4 Related Work

The open source community provides a lot of solutions that were considered when implementing the proposed integration platform: Global Sensor Networks [AHS06] focuses on a sensor based abstraction of diverse TinyOS based sensor nodes, RFID readers, and cameras but doesn't consider RTLS or the integration of these sensors into existing infrastructures. Fosstrak [FRL07] aims at implementing the most important standards for RFID defined by EPCglobal, including LLRP, TDT, ALE, and EPCIS. WSN and RTLS are not addressed. ASPIRE [So09] focuses on RFID middleware and considers the EPCglobal standards ALE and EPCIS. The provision of an event management based on BRE and/or CEP seems to be considered as well as interfaces to ERP and WMS. With WSN another smart object technology is supported, but RTLS are not considered. Rifidi Edge [Sw09] is a RFID middleware that supports the EPCglobal standards LLRP and ALE as well as barcodes and arbitrary sensors, while RTLS are not addressed. Event management is implemented using CEP.

As can be seen from Table 1 in section 3.1 the OGC standard Sensor Web Enablement (SWE) might be an option that should be considered when addressing a technology abstraction as proposed in this paper. A detailed comparison of the EPCglobal Architecture Framework that comprises all standards of EPCglobal and SWE is given in [SH10]. An extension to the EPCglobal Architecture Framework named EPC Sensor Network that modifies ALE in order to support sensor values is presented in [SSK07].

When different RTLS should be supported over a common abstraction layer the dissertation of Jeffrey Hightower should be considered [Hi04]. This is also true for LocON [Co09]: Very interesting is the fact, that some of the quality indicators as proposed in this paper are considered since an indication of the expected quality of the location to high level applications is foreseen. Also information fusion for optimization of localization results seems to play a role.

The idea that commercial RFID middleware solutions should be further developed to support more than RFID is considered in the concepts Intelligent Network Sensor Infrastructure [SAW10] and Bloor Sensory Middleware architecture [Ho08]. Coming from RTLS in [Ma09] the key objective of RTLS middleware is defined as to make the applications independent of RTLS technology. Several technologies are mentioned that may be used to build a RTLS. This includes tailored RTLS solutions as well as passive and active RFID. Besides that the idea to integrate sensors in RTLS is mentioned only marginally.

## **5 Conclusion and future work**

We showed that there is a need for an integration platform for diverse smart object technologies by motivating that the integration of diverse smart object technologies into existing enterprise systems is a complex, time-consuming, and expensive task. Furthermore we motivated that the consolidation of diverse smart object technologies demands new integration platforms and that using an integration platform for diverse smart object technologies is a prerequisite for achieving significant savings in integration costs. After answering what an integration platform for diverse smart object technologies is about we showed how such an integration platform should be designed and what functionalities are needed in order to be able to support heterogeneous applications of smart object technologies efficiently. We introduced an abstract software architecture for an integration platform for diverse smart object technologies and lined out, what functionalities such a platform should provide and what standards should be considered. Building on this we showed that the proposed functionalities conform to the requirements of different real world applications. Furthermore we compared our concept with related work and showed that to the best of our knowledge currently there is no solution available that meets all requirements that are proposed in this paper.

The modules proposed in the software architecture have been prototypically implemented in several different projects. At the moment the modules are tight together according to the proposed software architecture with an ESB. Since the platform is built on top of existing open source components it is very likely that we will release the platform under an appropriate open source license in the future. On the way to the first public version of the platform existing open source components and solutions will be further examined and analyzed. Finally we will evaluate our platform together with partners from industry and research.

**Acknowledgements:** This research is part of the projects Aletheia and Center for Intelligent Objects ZIO and was funded in part by the BMBF under grant number 01IA08001 and in part by the StMWIVT, respectively.

## Bibliography

- [AHS06] Aberer, K.; Hauswirth, M.; Salehi, A.: Global Sensor Networks. Technical Report LSIR-REPORT-2006-001, Lausanne, Switzerland, 2006.
- [AP03] Alvarez, C. E.; Pardue, H.: A Reference Architecture based on Web Components for Ubiquitous Information Systems: AMCIS 2003, Tampa, Florida, USA, 4-5 August 2003, pp. 1901–1910.
- [Br06] Brodie, M. L.: Integration in A Service-Oriented World. The Big Picture., I-ESA 2006, Bordeaux, France, 2006.
- [Co09] Couronné, S. et al.: LocON - a Platform for an Inter-Working of Embedded Localisation and Communication Systems. Poster Abstract. In (IEEE Computer Society Ed.): IEEE Secon 2009.
- [De10] Defining Technology Inc.: Middleware Resource Center. What is Middleware? <http://middleware.org/whatis.html>, accessed 4 Oct 2010.
- [De82] DeMarco, T.: Controlling software projects. Management, measurement and estimation. Yourdon Press, NY, NY, USA, 1982.
- [Di09] Dienelt, S.: EPC/RFID und Sensorik. Grundlageninformationen, 2009.
- [Fi08] Finkenzeller, K.: RFID-Handbuch. Hanser, Munich, Germany, 2008.
- [FRL07] Floerkemeier, C.; Roduner, C.; Lampe, M.: RFID Application Development With the Accada Middleware Platform. In IEEE Systems Journal, 2007, 1; pp. 82–94.
- [Fu09] Fulton, L. et al.: The Forrester Wave: Enterprise Service Buses, Q1 2009. Technical Report, Cambridge, MA, USA, 2009.
- [Ga93] Garvin, D. A.: Building a Learning Organization. In Harvard Business Review, 1993, 71; pp. 78–91.
- [Gu09] Gualtieri, M. et al.: The Forrester Wave: Complex Event Processing (CEP) Platforms, Q3 2009. Technical Report, Cambridge, MA, USA, 2009.

- [HB01] Hightower, J.; Borriello, G.: Location Systems for Ubiquitous Computing. In IEEE Computer, 2001, 34; pp. 57–66.
- [Hi04] Hightower, J.: The Location Stack. Dissertation, Seattle, Washington, USA, 2004.
- [Ho08] Holloway, S.: RFID Middleware. From RFID to Sensory Network middleware f. Technical Report, Towcester, UK, 2008.
- [Ho09] Holloway, S.: Business Rules Management. Managing business rules of an organisation. Technical Report, London, UK, 2009.
- [KL07] Krupp, M.; Lempert, S.: Prozesskompetenz als Basis für erfolgreiches Event Management, SCEM Forum 2007, Wiesbaden, Germany, 2007.
- [KW07] Karl, H.; Willig, A.: Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks. John Wiley & Sons, Chichester, West Sussex, UK, 2007.
- [Le04] Leaver, S. et al.: Evaluating RFID Middleware. Technical Report, Cambridge, MA, USA, 2004.
- [Le10] Lempert, S. et al.: Transparente und effiziente Prozesse im Erdbau durch ereignisgesteuertes Stoffstrommanagement auf Basis von Smart Objects und Business Rule Management. In (Fährnich, K.-P.; Franczyk, B. Eds.): INFORMATIK 2010, Leipzig, Germany, 27. September - 1. October 2010. GI, Bonn, 2010; pp. 207–212.
- [Li99] Linthicum, D. S.: Enterprise Application Integration. Addison-Wesley, Boston, MA, USA, 1999.
- [LLS06] Laudon, K. C.; Laudon, J. P.; Schoder, D.: Wirtschaftsinformatik. Eine Einführung. Pearson Studium, Munich, Germany, 2006.
- [Ma09] Malik, A.: RTLS for Dummies. Wiley, Indianapolis, IN, USA, 2009.
- [Ma69] Mackenzie, R. A.: The Management Process in 3-D. In Harvard Business Review, 1969, 47; pp. 80–82.
- [MG09] Mell, P.; Grance, T.: The NIST Definition of Cloud Computing. Version 15, 2009.
- [Mo09] Mojix Inc.: Mojix EPC Compliant Real-Time Location System. [www.mojix.com/products/documents/RTLS\\_brochure.pdf](http://www.mojix.com/products/documents/RTLS_brochure.pdf), accessed 4 Oct 2010.
- [Na99] Nadkarni, P. M. et al.: Organization of Heterogeneous Scientific Data Using the EAV/CR Representation. In JAMIA, 1999, 6; pp. 478–493.
- [NLF07] Nakamura, E. F.; Loureiro, A. A. F.; Frery, A. C.: Information Fusion for Wireless Sensor Networks: Methods, Models, and Classifications. In ACM Computing Surveys, 2007, 39; Article No. 9.
- [NR68] Naur, P.; Randell, B. Eds.: NATO Software Engineering Conference 1968. Garmisch, Germany, 7 - 11 October 1968, 1968.

- [OA06] OASIS: Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0, 2006.
- [OA09] OASIS: Reference Architecture Foundation for Service Oriented Architecture Version 1.0, 2009.
- [Ra08] Rainer, F. et al.: From Academia to the Field. Wireless Sensor Networks for Industrial Use. In (Ritter, H. et al. Eds.): FGSN 2008. Berlin, Germany, 25 - 26 September 2008; pp. 93–95.
- [Ri10] Ritchie, P.: DASH7 Alliance Announces Updated Standard For Wireless Sensor Networks. San Ramon, CA, USA, 2010.
- [RP07] Ruser, H.; Puente León, F.: Informationsfusion - Eine Übersicht. In Technisches Messen, 2007, 74; pp. 93–102.
- [Sá09] Sánchez López, T. et al.: Taxonomy, technology and applications of smart objects. In Information Systems Frontiers, 2009.
- [Sá10] Sánchez López, T.: RFID and sensor integration standards. In Computer Standards & Interfaces, 2011, 33; pp. 207-213.
- [SAW10] Sirico, L.; Arteaga, C.; Woods, T.: RFID Middleware is Extinct: The Intelligent Sensor Network is Born. <http://rfid.net/basics/middleware/143-rfid-middleware-is-extinct-the-intelligent-sensor-network-is-born>, accessed 15 Oct 2010.
- [Se09] Sedlmayr, M. et al.: Towards a Smart Object Network for Clinical Services: AMIA 2009. San Francisco, CA, USA, 14 - 18 November 2009, 2009; pp. 578–582.
- [SH10] Sánchez López, T.; Harrison, M.: Supply Chain sensor support by integrating the OGC Sensor Web Enablement and the EPC Network architectures. White Paper SWSNET-028, Cambridge, UK, 2010.
- [So09] Soldatos, J.: AspireRFID Can Lower Deployment Costs. <http://www.rfidjournal.com/article/view/4661>, accessed 4 Oct 2010.
- [SSK07] Sung, J.; Sánchez López, T.; Kim, D.: The EPC Sensor Network for RFID and WSN Integration Infrastructure. In (Hurson, A.; Pingali, G. Eds.): PerCom workshops 2007. White Plains, NY, USA, 19 - 23 March 2007. IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, 2007; pp. 618–621.
- [Sw09] Swedberg, C.: Pramari Launches Free Open-Source RFID Middleware. <http://www.rfidjournal.com/article/view/5328>, accessed 4 Oct 2010.
- [Th06] Thomas, O.: Understanding the Term Reference Model in Information Systems Research. In (Bussler, C.; Haller, A. Eds.): BPM 2005. Nancy, France, 5 September 2005. Springer, Berlin, 2006; pp. 484–496.
- [Th09] The Open Group: SOA Reference Architecture, 2009.
- [VD10] Vasseur, J.-P.; Dunkels, A.: Interconnecting smart objects with IP. The next Internet. Morgan Kaufmann/Elsevier, Burlington, MA, USA, 2010.

# Entwicklung innovativer, mobiler Lernanwendungen für den Einsatz in Massenveranstaltungen

René Wegener, Andreas Prinz, Jan Marco Leimeister

Fachgebiet Wirtschaftsinformatik  
Universität Kassel  
Nora-Platiel-Str. 4  
34127 Kassel  
{wegener | prinz | leimeister}@uni-kassel.de

**Abstract:** Universitäre Massenveranstaltungen sind häufig durch zu geringe Flexibilität und Interaktivität geprägt. Die Verbreitung mobiler Endgeräte bietet jedoch die Chance, neuartige Lernszenarien umzusetzen, die dem entgegenwirken. Mobile Endgeräte ermöglichen auch bei hoher Teilnehmerzahl Interaktion und individualisiertes Lernen. Dabei gilt es jedoch, Applikationen auf heterogenen Geräten und Displays nutzerfreundlich zu gestalten. Mit der Zielsetzung eines besseren Lernerlebnisses und von mehr Lernerfolg wurde ein Pilotprojekt an der Universität Kassel durchgeführt, in dem mobile Lernanwendungen in einer Massenveranstaltung zum Einsatz kommen. Diese gliedern sich in drei Klassen, eine Art universitären Appstore zur Distribution der Lernmaterialien, einzelne Selbstlernmodule und Software zur Teilnehmeraktivierung innerhalb der Präsenzveranstaltungen. Der Beitrag zeigt das technische und didaktische Konzept auf und diskutiert Machbarkeit, Umsetzung und zukünftige Forschungsansätze.

## 1 Einleitung und Ausgangssituation

Lernerfolg resultiert aus der Interaktion mit Inhalten, dem Lehrenden oder anderen Lernern [TW04]. Massenveranstaltungen verringern genau diese Interaktion fast zwangsläufig, was ein optimales Lernergebnis gefährdet. Mobile Endgeräte wie Notebooks, Smartphones und zunehmend Tablets stellen einen Lösungsansatz dar und sind unter Studierenden mittlerweile weit verbreitet. Gerade Tablet-Computer, wie bspw. das iPad oder Galaxy Tab, bieten dabei in Vorlesungssälen interessante Vorteile. Das langwierige Hochfahren eines Betriebssystems entfällt genauso wie Lüftergeräusche, lautes Tippen und der Bildschirm als Barriere zwischen Lernendem und Lehrendem. Vor diesem Hintergrund wurde an der Universität Kassel ein Pilotprojekt gestartet mit dem Ziel, durch den gezielten Einsatz mobiler Endgeräte in einer Massenlehrveranstaltung (Einführung in die Wirtschaftsinformatik, ca. 250 Teilnehmer pro Semester) die Zufriedenheit der Teilnehmer sowie deren Lernerfolg nachhaltig zu erhöhen.

Die bisherigen Aktivierungen, wie kleinere Diskussionen, sollen durch den Einsatz von IT sowohl für die Lernenden als auch für den Lehrenden effizienter und effektiver durchgeführt werden. Zugleich galt es, vollkommen neue innovative Lernmethoden in die Veranstaltung zu integrieren. Ermöglicht wurde dies durch den Verleih von ca. 150 iPads an die Studierenden. Auf diesem Weg konnte zusammen mit den bereits unter den

Teilnehmern vorhandenen Geräten erstmals eine komplette Abdeckung mit mobilen Endgeräten (iPads, Netbooks, Laptops) sichergestellt werden. Das Projekt adressiert jedoch auch den Lehraufwand auf Seiten des Dozenten und damit die wirtschaftliche Effizienz der Lehre. Intelligenter IT-Einsatz ermöglicht in unterschiedlichsten Dienstleistungsbereichen, trotz hoher Standardisierung (und damit wirtschaftlicher Effizienz) eine höhere Qualität zu erreichen [St06, FK04], was auch im vorliegenden Projekt Zielsetzung war.

## 2 Konzept

Erfolgsfaktoren von E-Learning sind u.a. die Systemqualität, die inhaltliche Qualität, aber auch die Qualität kollaborativer Aufgabenstellungen ein [OK09, Be01]. Gerade die soziale Dimension ist im Lernen von extremer Bedeutung [AMY02, Gi08]. Daher bestand ein Ziel darin, die vorhandenen Technologien sinnvoll in soziale Lern-Lehr-Arrangements (LLAs) einzubinden. Zugleich galt es, der heterogenen Zielgruppe gerecht zu werden. Lernende lassen sich anhand ihrer Vorlieben (eher sozial oder im Selbststudium, visuell oder textbasiert etc.) unterschiedlichen Lerntypen zuordnen [KEH07]. Mittels E-Learning können Inhalte auf verschiedenen Wegen angeboten werden und der einzelne Lernende entscheidet, welche Angebote er wahrnehmen möchte. Aus diesem Grund sollte das geplante LLA auf einer „klassischen“ Präsenzveranstaltung aufbauen, diese jedoch um mobile Lerninhalte ergänzen. Innerhalb der Veranstaltung werden mit den mobilen Endgeräten Aktivierungen durchgeführt. Die Vorlesung wird zudem live als Video im Internet übertragen und später als Mitschnitt zur Verfügung gestellt. Neben einem klassischen Skript und Foliensatz können die Studierenden zu den wichtigsten Themen zudem sogenannte Web Based Trainings (WBTs) herunterladen, also kleine, auf einer Webseite befindliche Selbstlerneinheiten, welche die Inhalte der Vorlesung aufgreifen und durch Animationen und vor allem interaktive Übungen anreichern. Auf diesem Weg können Studierende nun *innerhalb der Vorlesung aktiver mitarbeiten*, die Vorlesung *live im Netz verfolgen* und dabei ebenfalls an den Übungen teilnehmen und mittels Videoaufzeichnung und WBTs die Inhalte *jederzeit nachbereiten*.

Zur Umsetzung des LLAs mussten zunächst geeignete Softwarebausteine zur Verfügung gestellt werden. Ein großes Problem in der mobilen User-Interface (UI) Design Praxis ist, dass die derzeitigen Ansätze zur Gestaltung von intuitiven Nutzeroberflächen oftmals noch nicht auf mobile Endgeräte übertragen werden. Die Benutzeroberfläche sollte jedoch intuitiv und einfach zu verwenden sein [SB06]. Studien haben bestätigt, dass die Bedeutung der wahrgenommenen Freude (User Experience) eine größere Rolle in der Systemakzeptanz als die wahrgenommene Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit spielt [MK01, Ve99]. Geeignete Tools mit hoher Usability, die den Besonderheiten der Aktivierungen in Massenveranstaltungen genüge tragen, existierten jedoch nicht. Abstimmungstools für das iPad sind zwar bspw. am Markt vorhanden, unterliegen jedoch Restriktionen wie Teilnehmerbeschränkungen. Viele Werkzeuge sind zudem auf bestimmte Gerätetypen festgelegt und bspw. nicht sowohl auf iPad als auch Netbook lauffähig. Die Entwicklung von Web Based Trainings ist zudem extrem kostspielig. Mehrere Arten von Endgeräten zu bedienen, kann diese Kosten noch weiter steigern.

Daher wurden die nötigen Softwarebausteine neu entwickelt mit der Prämisse größtmöglicher Robustheit, Nutzerfreundlichkeit und Lauffähigkeit auf verschiedensten Endgeräten.

## **2.1 Aktivierung während der Vorlesung**

Die Software zur Aktivierung in Massenveranstaltungen ist speziell darauf zugeschnitten, auch bei hohen Studierendenzahlen eine robuste und immer einsatzbereite Interaktionsform zu ermöglichen. Innerhalb einer 90-Minuten Vorlesung kommen meist zwei Aktivierungen (eine nach ca. 30, eine nach ca. 60 Minuten) zum Einsatz. Inhaltlich geht es darum, dass Studierende Aussagen zu den vorangegangenen Lerninhalten erstellen, die entweder wahr oder falsch sind (Co-Create Your Exam). Diese geben sie innerhalb der Vorlesung auf ihren Endgeräten in der Regel nach 60 Minuten ein. Der jeweilige Sitznachbar muss dann die Aufgabe lösen und entscheiden, ob die Aussagen richtig oder falsch sind. Die Ergebnisse werden schließlich in eine Datenbank übertragen. Der Dozent bekommt im Anschluss fünf zufällig ausgewählte Aussagen auf dem Beamer angezeigt und greift diese für den weiteren Verlauf der Veranstaltung auf. Zudem werden die Inhalte als Selbstlernmaterial auf einer Online-Plattform zur Verfügung gestellt und dort von den Lernenden diskutiert. Teilweise werden sie sogar in der Klausur eingesetzt, was den Anreiz erhöht, sich mit den Inhalten auseinanderzusetzen. Neben den Effekten von Aktivierung und kurzer Erholung innerhalb der Vorlesung generieren die Studierenden so selbst Inhalte, die dauerhaft zur Verfügung stehen – damit wird eine Verbindung zwischen den Präsenzveranstaltungen und dem selbstgesteuerten Lernen mittels der virtuellen Lerninhalte hergestellt. Die Studierenden erstellen somit selbst eine Datenbank von kleinen Aufgaben. Die Durchführung dieser Aktivität nimmt dabei ca. 4-5 Minuten in Anspruch.

Als zweite Aktivierungsübung kommen Abstimmungen zum Einsatz, in der Regel nach ca. 30 Minuten. Dabei bekommen die Studierenden eine Fragestellung mit mehreren Lösungsmöglichkeiten, über die sie mit ihren Nachbarn diskutieren und sich schließlich für eine Lösung entscheiden (Peer Discussion). Das Abstimmungsergebnis wird in Echtzeit berechnet und vom Dozenten ebenfalls direkt aufgegriffen. Dieser kann auf bestimmte Auffälligkeiten eingehen und erkennt ggf., Verständnisschwierigkeiten der Lernenden. Der spontane Umgang mit dem Ergebnis stellt dabei gewisse Anforderungen an die Flexibilität des Dozenten. Die Anwendungen sind so konzipiert, dass sie in diversen Vorlesungen und von verschiedenen Lehrstühlen eingesetzt werden können. IT-Kenntnisse (weder Student, noch Lehrkraft) sind nicht notwendig um die Applikationen zu bedienen. Fragestellungen werden vom Dozenten in einer einfachen Web-Maske eingegeben. Dabei kommen PHP und Javascript zum Einsatz. Der Export der Ergebnisse des Co-Creates in eine CSV-Datei erlaubt eine einfache Weiterverwendung. Um eine hohe Usability sowohl auf den eingesetzten iPads als auch Laptops zu erreichen, sind die Lernanwendungen als Web-Applikation mit dem Framework JQtouch entwickelt worden. Sie erscheinen wie eine native Anwendung auf dem iPad. Die Applikationen können aber auch auf anderen Geräten, die einen WebKit-basierten Browser wie Chrome verwenden, dargestellt werden

## 2.2 Apps für das selbstgesteuerte Lernen

Die mobil nutzbaren Lernanwendungen fördern das selbstständige, aktive Aneignen von Fakten- und Methodenwissen. Es handelt sich hierbei um Lernmodule, die einzelne Themen in kompakten Einheiten von 20-30 Minuten Länge aufbereiten. Die Trainings zeichnen sich durch einen hohen Grad an Interaktion aus. Sie dienen der Vor- und Nachbereitung von Lehrveranstaltungen sowie auch der Ausnutzung von Leerlaufzeiten an der Universität oder unterwegs. Die Trainings sind thematisch sortiert und in Flash entwickelt worden, was eine hohe visuelle Qualität ermöglicht. Zum Einsatz auf den iPads gestattet Flash die Konvertierung der Filme in native Apps, die lediglich in Bezug auf das Layout oder die Auflösung ggf. anzupassen sind. Der Mehraufwand hierfür ist jedoch vergleichsweise gering.



Abbildung 1: Peer Discussion (links) und Beispiel eines Web Based Trainings (rechts)

## 2.3 Appstore für die Universität

Bislang erforderte das Installieren von nativen Applikationen auf dem iPad/iPhone das Downloaden einer Applikationen auf einen PC oder Mac, mit dem das mobile Endgerät anschließend via iTunes synchronisiert werden musste. Für die Studierenden im Pilotprojekt wurde ein eigener Appstore entwickelt. Die Studierenden können über diesen die Applikationen einfach mittels ihres Browsers auf ihr iPad laden. Hierfür wurde eine Apple Developer Enterprise Version verwendet, die es ermöglicht, kompilierte Apps over-the-air (OTA) zu distribuieren, ohne auf den Apple Appstore oder den Umweg, Apps über den PC zu synchronisieren, angewiesen zu sein.

### 3 Zusammenfassung & Ausblick

Mit dem vorgestellten Konzept wurde ein Fallbeispiel für den intelligenten Einsatz von mobilen Diensten in Massenveranstaltungen dargestellt. Dieses unterstützt sowohl das selbstgesteuerte Lernen als auch eine höhere Interaktivität in den Präsenzveranstaltungen. Die Prototypen zeigen bereits in ersten Vorlesungen das dahinterliegende Potential von mobilen Lernanwendungen, Vorlesungen flexibler und interaktiver zu gestalten. Ein Risiko liegt den ersten Erfahrungen nach vorwiegend in dem hohen Ablenkungspotenzial, das von den Internet fähigen Endgeräten innerhalb der Vorlesung ausgeht. Zusätzlich gilt es, dass System auf Robustheit und Skalierungsfähigkeit zu überprüfen und zu verbessern. Die im ersten Feldtest gewonnen Ergebnisse fließen daher in den noch laufenden Entwicklungsprozess mit ein.

### Literaturverzeichnis

- [AMY02] Alavi, M., G. Marakas, and Y. Yoo, *A Comparative Study of Distributed Learning Environments on Learning Outcomes*. Information Systems Research, 2002. 13(4): p. 404.
- [Be01] Benson Soong, M.H., H. Chuan Chan, B. Chai Chua, and K. Fong Loh, *Critical success factors for on-line course resources*. Computers & Education, 2001. 36(2): p. 101-120.
- [FK04] Fließ, S. and M. Kleinaltenkamp, *Blueprinting the service company Managing service processes efficiently*. Journal of Business Research, 2004. 57(4): p. 392-404.
- [Gi08] Giannoukos, I., I. Lykourantzou, G. Mpardis, V. Nikolopoulos, V. Loumos, and E. Kayafas, *Collaborative e-learning environments enhanced by wiki technologies*, in *Proceedings of the 1st international conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*. 2008, ACM: Athens, Greece.
- [KEH07] Kahiigi E, Ekenberg L, Hansson M (2007) *Exploring the e-Learning State of art*. Proceedings of the Conference on E-Learning.
- [MK01] Moon, J.-W. and Y.-G. Kim, *Extending the TAM for a World-Wide-Web context*. Information & Management, 2001. 38(4): p. 217-230.
- [OK09] Ozkan, S. and R. Koseler, *Multi-dimensional students' evaluation of e-learning systems in the higher education context: An empirical investigation*. Computers & Education, 2009. 53(4): p. 1285-1296.
- [SB06] Subramanya, S.R. and K.Y. Byung, *User Interfaces for Mobile Content*. Entertainment Computing, 2006.
- [St06] Stauss, B., *Plattformstrategie im Dienstleistungsbereich*, in *Service Engineering*, H.-J. Bullinger and A.-W. Scheer, Editors. 2006, Springer: Berlin Heidelberg. p. 321-340.
- [TW04] Thurmond, V. and K. Wambach, *Understanding interactions in distance education: A review of the literature*. INSTRUCTIONAL TECHNOLOGY, 2004.
- [Ve99] Venkatesh, V., *Creation of favorable user perceptions: exploring the role of intrinsic motivation*. MIS Q., 1999. 23(2): p. 239-260.

# Integration rechtlicher Anforderungen an soziotechnische Systeme in frühe Phasen der Systementwicklung

Axel Hoffmann, Silke Jandt, Holger Hoffmann, Jan Marco Leimeister

Forschungszentrum für Informationstechnik-Gestaltung (ITeG)  
Wilhelmshöher Allee 64-66, 34121 Kassel  
{axel.hoffmann|s.jandt|holger.hoffmann|leimeister}@uni-kassel.de

**Abstract:** Moderne soziotechnische Systeme finden eine immer größere Verbreitung in die privaten und schützenswerten Lebensbereiche der Nutzer. Somit wächst das Bedürfnis nach einer rechtskonformen und sozialverträglichen Entwicklung von Informationssystemen. Die Praxis zeigt jedoch, dass oftmals keine systematische Berücksichtigung rechtlicher Anforderungen, die den Schutzinteressen der Nutzer dienen, in der Softwareentwicklung stattfindet. In der Rechtswissenschaft hat sich für diese Aufgabe der rechtskonformen Technikgestaltung die Methode zur *Konkretisierung rechtlicher Anforderungen* (KORA) etabliert. Das Paper zeigt, wie durch die frühe Integration rechtlicher Anforderungen in den Systementwicklungsprozess mit KORA soziotechnische Systeme in einem hohen Maße rechtsverträglich gestaltet werden können und verdeutlicht die Methode KORA am Beispiel eines kontextsensitiven mobilen Endgerätes.

## 1 Einleitung

Eine große Herausforderung soziotechnischer Systeme, die z.B. mit Hilfe von Technologien des Ubiquitous Computing entstehen, ist der nicht zu vernachlässigende Einfluss auf das soziale Gefüge, in dem die Technologie eingesetzt wird [BB02]. Ubiquitäre Systeme bedingen insbesondere die Einführung von Sensoren. Aus den Sensorinformationen können Rückschlüsse auf das aktuelle Verhalten und die aktuelle Tätigkeit von Personen, die aktuelle Position und den Zustand von Dingen sowie deren jeweiliger Umgebungsbedingungen gezogen werden [HHL10]. Reagiert die Technik adaptiv auf die wechselnden Sensorinformationen, hat sie immer einen Einfluss auf die sozialen Gefüge, ganz egal, wie unsichtbar diese ist [BB02; Ro07]. Beispielsweise verrät ein automatisches Bestellsystem für verbrauchte Lebensmittel auch den Alkoholkonsum eines Nutzers an den Betreiber und die Ortung des Mobiltelefons verrät, wann sein Besitzer zu Hause ist und wann eben nicht. Bei der Gestaltung soziotechnischer Systeme sollte demnach auf eine hohe Sozialverträglichkeit Rücksicht genommen. Erforderlich ist eine präventive Vorsorge zur Verhinderung von künftig möglichen Risiken des Technikeinsatzes [Ro07].

Für eine sozialverträgliche Gestaltung müssen die Entwickler rechtliche Vorgaben beachten, die dem gesellschaftlichen Interessenausgleich dienen [SMP08]. Die rechtlichen Anforderungen an die Systemgestaltung ergeben sich aus internationalen und

nationalen Vorschriften, Gesetzen auf verschiedenen Ebenen der Gesetzeshierarchie und aus unterschiedlichen Rechtsbereichen [KNZ08]. Gesetze sind normative Vorgaben, die beschreiben, was verboten oder erlaubt ist. Die Art und Weise, wie Gesetze formuliert werden, unterscheidet sich fundamental von der Art und Weise, wie Anforderungen spezifiziert werden [SMP08]. Da Entwickler technischer Systeme im Normalfall keine juristische Ausbildung haben, sollten rechtliche Anforderungen von Rechtsspezialisten analysiert und in den Entwicklungsprozess eingebracht werden [KNZ08]. Bei der Bestimmung der rechtlichen Anforderungen für eine Technik stellen sich grundsätzlich folgende Herausforderungen [KNZ08]:

- Auswahl relevanter Gesetze
- Extraktion relevanter Pflichten und Rechte aus den komplexen Rechtsvorschriften
- Abstraktheit und Technikneutralität der Gesetze
- Dynamik der Gesetze

## 2 Die Methode KORA

Bei der Entwicklung von technischen Systemen müssen, ähnlich der Aufgabe eines Richters zur Beurteilung eines Sachverhaltes (Abbildung 2), aus den rechtlichen Vorgaben konkrete technische Anforderungen (funktionale Anforderungen) abgeleitet werden. Diese Aufgabe ist sinnvollerweise durchzuführen, bevor es eine feststehende „Wirklichkeit“, das heißt, ein fertiges technisches System gibt. Um von den abstrakten rechtlichen Vorgaben zu konkreten technischen Anforderungen zu gelangen, müssen diese im Hinblick auf das technische System schrittweise konkretisiert werden. Insbesondere wenn Zielvorgabe die rechtsverträgliche Gestaltung der Systeme ist, können dabei für die Systementwicklung alternative Umsetzungsmöglichkeiten generiert werden [SMP08]. Dazu müssen zur rechtlichen Konkretisierung, ähnlich der richterlichen Urteilsfindung, kritische Interpretationsentscheidungen in der Anforderungserhebung und dem Design getroffen werden [OA07].

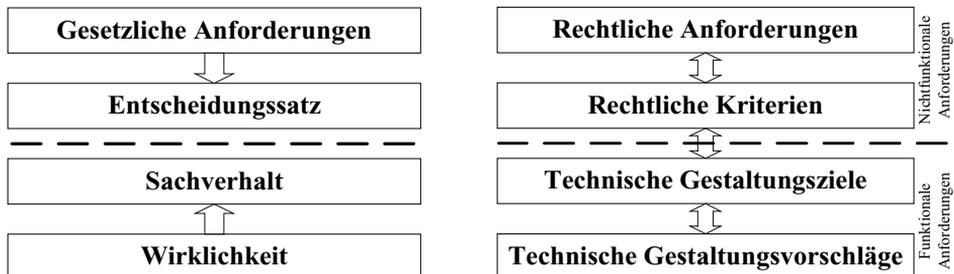


Abbildung 1: Richterliches Vorgehen und die Methode KORA

Das Akronym KORA steht für *Konkretisierung rechtlicher Anforderungen* [HPR93]. Es bezeichnet eine Vorgehensweise, die es ermöglicht, auf nachvollziehbare Weise

rechtliche Anforderungen bei der Gestaltung von Informationstechnik zu berücksichtigen. Bezogen auf die Systementwicklung ist Gestaltung dabei als Teil der *informatischen Anforderungsanalyse* [HPR93] (Requirements Engineering) zu verstehen. Die Methode KORA erreicht die rechtliche Konkretisierung über ein vierstufiges schrittweises Vorgehen [HPR93].

Aus den rechtlichen Vorgaben werden bei KORA auf der ersten Stufe rechtliche Anforderungen gebildet. Aus diesen werden rechtliche Kriterien entwickelt. Mit den technischen Gestaltungszielen auf der dritten Ebene werden abstrakte technische Vorgaben formuliert. Auf der letzten Stufe werden die technischen Gestaltungsziele zu konkreten technischen Gestaltungsvorschlägen verdichtet [HPR93]. Die Ebenen (Abbildung 1) werden nachfolgend näher erläutert. Im Anschluss daran wird jede Ebene am Beispiel eines mobilen Endgeräts vorgestellt. Dieses mobile Endgerät passt sich auf Basis von Kontextinformationen adaptiv der Umgebungssituation an und trifft für den Nutzer die Entscheidung über die Kommunikationsmodalitäten [Ja08]. Denkbare Funktionen sind z.B. die automatische Rufumleitung, wenn keine Netzabdeckung gegeben ist oder wenn eine Situation so eingestuft wird, dass Störungen durch Anrufe oder sonstige Mitteilungen unerwünscht sind. Ausführliche Beispiele finden sich in [HPR93; PR94].

*Rechtliche Anforderungen:* KORA setzt an den gegebenen rechtlichen Vorgaben an. Dabei sind zum einen spezielle gesetzliche Regelungen gemeint. Fehlen diese speziellen gesetzlichen Regelungen in Bezug auf das geplante Informationssystem oder sind sie kurzfristigen zeitlichen Änderungen unterworfen, setzt KORA zum anderen an stabile höhere gesetzliche Regelungen an, wie sie z.B. im Grundgesetz zu finden sind. In Bezug auf die zuvor erarbeiteten soziale Chancen und Risiken des Informationssystems werden auf der ersten Ebene rechtliche Anforderungen an das geplante Informationssystem aus den rechtlichen Vorgaben identifiziert. Somit werden die rechtlichen Anforderungen konkret in Bezug auf das zu entwickelnde soziotechnische System und auch bestimmte Anwendungsszenarien bestimmt. Soll ein Informationssystem weltweit eingesetzt werden, so ist die Ausrichtung an allgemein gültigen Vorschriften unumgänglich. Grundrechtliche Anforderungen an soziotechnische Systeme beziehen sich auf die sozialen Funktionen, die durch das Informationssystem erbracht oder nicht beeinträchtigt werden sollen, nicht auf die Merkmale der Technik. Die rechtlichen Anforderungen werden gewonnen, indem die rechtlichen Vorgaben bezogen auf die sozialen Funktionen rechtlich interpretiert werden. Dabei werden typische rechtliche Auslegungsmethoden [LA91] verwendet. Teilweise kann auf bereits vorliegende Konkretisierungen durch die Rechtsprechung zurückgegriffen werden.

Mobilfunkgeräte, die sich adaptiv der Umgebungssituation anpassen, greifen auch in die Kommunikation ihrer Nutzer ein und beeinflussen dadurch unmittelbar die sozialen Voraussetzungen für die freie Entfaltung und Entscheidung des Individuums. Das Grundrecht auf Entfaltung und Schutz der Persönlichkeit (Art. 2 Abs. 1 GG) ist deshalb ergänzend zur einem Recht auf *kommunikative Selbstbestimmung* zu konkretisieren.

*Rechtliche Kriterien:* Rechtliche Kriterien werden gewonnen, indem ermittelt wird, wie die rechtlichen Anforderungen der überliegenden Ebene bezogen auf das Informations-

system qualitativ bewertet werden können. Sie beschreiben für die Anforderungen noch relativ abstrakte Problemlösungen, die prinzipiell technisch und auch nicht-technisch sein können. Rechtliche Kriterien können z.B. auch aus den Begründungen des Gesetzgebers zu den Gesetzesentwürfen oder der Richter zur Urteilsfindung in Rechtsfällen, in denen die entsprechenden rechtlichen Vorgaben als Grundlage dienen, gewonnen werden. Im Einzelfall können die Kriterien auch schon in den Detailgesetzen als Gestaltungsvorgaben enthalten sein. Rechtliche Kriterien sind auf einem Level, auf dem sie nichtfunktionale Anforderungen an ein soziotechnisches System repräsentieren. Werden diese in die Systementwicklung übernommen, bleiben für die Entwickler noch große Spielräume, wie sie eine Umsetzung gewährleisten können. Für komplexe Systeme sollte demnach eine weitere technische Konkretisierung erfolgen.

Aus der Anforderung der kommunikativen Selbstbestimmung kann das Kriterium der *Entscheidungsfreiheit* abgeleitet werden. Es müssen alle Randbedingungen einer Telekommunikationsbeziehung so rechtzeitig signalisiert werden, dass alle Kommunikationspartner die Möglichkeit haben, auf die spezifische Situation zu reagieren. Funktionsbezogen bedeutet Entscheidungsfreiheit, dass Einflussmöglichkeiten auf den zunehmend technisch vermittelten Kommunikationsprozess oder zumindest eine Abbruchmöglichkeit für die Kommunikationsbeziehung vorzusehen sind, die einzelfallbezogen nutzbar ist. Für die Gestaltung des adaptiven Endgeräts folgt daraus u.a., dass die Adaptionentscheidungen für den Nutzer beeinflussbar sein müssen. Er muss selbst darüber entscheiden können, ob, wann und in welcher Form er mit einem bestimmten Partner kommuniziert.

*Technische Gestaltungsziele:* Bei den technischen Gestaltungszielen handelt es sich um Technikmerkmale, die bereits abstrakte technische Anforderungen an das soziotechnische System darstellen. Da KORA nicht nur eine rechtsmäßige, sondern darüber hinaus eine rechtsverträgliche Gestaltung der Informationssysteme anstrebt, handelt es sich bei den technischen Gestaltungszielen um Anforderungen, die die Rechtsverträglichkeit des soziotechnischen Systems erhöhen können Aufgrund ihres hohen Abstraktionsgrads beziehen sich die technischen Gestaltungsziele nur auf Grundfunktionen und können noch unterschiedlich technisch realisiert werden. Sie sind somit noch unabhängig von der konkreten technischen Implementierung. Die technischen Gestaltungsziele umfassen dabei natürlich nur die rechtlichen Anforderungen des Systems und müssen mit Anforderungen aus anderen Bereichen zusammengeführt werden.

Die Adaption des Mobilfunkgeräts soll grundsätzlich den Nutzer unterstützen, indem z.B. unerwünschte Störungen verhindert und die Erreichbarkeit – wenn auch nur mittelbar über einen Vertreter – erhöht wird. Gleichzeitig muss allerdings das Kriterium der Entscheidungsfreiheit gewahrt bleiben. Dies erfordert die *Beeinflussbarkeit der Adaption*. Selbst wenn die Situation korrekt dahingehend bewertet wurde, dass keine Störung erwünscht ist, muss es dem Nutzer trotzdem möglich sein, eine Rufumleitung zu verhindern oder wieder aufzuheben.

*Technische Gestaltungsvorschläge:* Auf der Basis der technischen Gestaltungsziele werden auf der letzten Stufe von KORA technische Gestaltungsvorschläge entwickelt. Technische Gestaltungsvorschläge sind dabei direkte Leistungsmerkmale, die direkte

technische Funktionen darstellen. Für ein neues Informationssystem werden technische Merkmale aus den Gestaltungszielen definiert. Dabei können die technischen Gestaltungsziele zusammen mit anderen Anforderungen zu einem einheitlichen Systementwurf entwickelt werden. Eine getrennte Betrachtung der rechtlichen Anforderungen ist auf dieser Ebene nicht mehr notwendig. Somit kann in der Praxis der letzte Schritt von KORA mit dem Design des soziotechnischen Systems zusammengefasst werden.

Die Zielvorgabe der Beeinflussbarkeit der Adaption kann z.B. entweder immer vorab durch eine *Freigabe der Adaption* oder nur im Einzelfall durch *nachträgliches Zurücksetzen der Adaption* erreicht werden.

### 3 Fazit

Der Einsatz von KORA im Requirements Engineering bringt bei der Entwicklung von neuen soziotechnischen Systemen wesentliche Vorteile. Die rechtsverträgliche Technikgestaltung, welche durch KORA angestrebt wird, baut auf grundlegenden stabilen Rechtszielen auf. Diese sind weitaus seltener von Änderungen betroffen. Zusätzlich lassen sich aus ihnen Anforderungen für neuartige Systeme wie des Ubiquitous Computing ableiten, für die detaillierte rechtliche Vorgaben zur Zeit der Entwicklung nicht existieren. Eine interdisziplinäre Zusammenarbeit ist bei der rechtsverträglichen Systementwicklung notwendig. Diese ist nur erfolversprechend, wenn die unterschiedlichen methodischen Arbeitsweisen zusammengefügt und die fachsprachlichen Barrieren abgebaut werden. Beides kann durch die Integration der Methode KORA in den Systementwicklungsprozess erreicht werden. So werden widersprüchliche Leistungsmerkmale vor der Designphase im Entwicklungsprozess abgefangen.

### Literaturverzeichnis

- [BB02] Banavar, G., and Bernstein, A.: Software infrastructure and design challenges for ubiquitous computing applications. *Comm. of the ACM* 45, 12 (2002), 92-96.
- [HPR93] Hammer, V., Pordesch, U., and Roßnagel, A.: Betriebliche Telefon- und ISDN-Anlagen rechtsgemäß gestaltet, Springer, Berlin, 1993.
- [HHL10] Hoffmann, A., Hoffmann, H., and Leimeister, J.M. Nutzerintegration in die Anforderungserhebung für Ubiquitous Computing Systeme. *Proc. SAKS(2010)*, 1-9.
- [Ja08] Jandt, S.: 2008. Vertrauen im Mobile Commerce–Vorschläge für die rechtsverträgliche Gestaltung von Location Based Services. Baden-Baden.
- [KNZ08] Kiyavitskaya, N., Krausova, A., and Zannone, N.: Why Eliciting and Managing Legal Requirements Is Hard. *Proc. Requirements Engineering and Law(2008)*, 26-30.
- [LA91] Larenz, K.: *Methodenlehre der Rechtswissenschaft*, 6. Aufl., Springer, Berlin, 1991.
- [OA07] Otto, P.N., and Anton, A.I.: Addressing Legal Requirements in Requirements Engineering. *Proc. 15th IEEE International RE Conference(2007)*, 5-14.
- [PR94] Pordesch, U., and Roßnagel, A.: Elektronische Signaturverfahren rechtsgemäß gestaltet. *DuD* 2, 94 (1994), 82-91.
- [Ro07] Roßnagel, A.: *Datenschutz in einem informatisierten Alltag*, Friedich-Ebert-Stift., 2007.
- [SMP08] Siena, A., Mylopoulos, J., Perini, A., and Susi, A.: From Laws to Requirements. *Proc. Requirements Engineering and Law(2008)*, 6-10.

# Einsatz mobiler Technologien bei deutschen Krankenversicherern – Eine qualitative Studie

Petra Urlberger<sup>1</sup>, Markus Bick<sup>1</sup>, Tyge-F. Kummer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Wirtschaftsinformatik  
ESCP Europe Wirtschaftshochschule Berlin  
Heubnerweg 6  
14059 Berlin  
petra.urlberger@t-online  
markus.bick@escpeurope.de

<sup>2</sup> Institut für Wirtschaftsinformatik  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Spandauer Straße 1  
10178 Berlin  
tyge.kummer@hu-berlin.de

**Abstract:** E-Health bietet durch die Kombination von Medizin-, Informations- und Kommunikationstechnik sowie medizinischen Dienstleistungen erhebliche Potenziale zur Reduzierung der Gesundheitsausgaben bei gleichzeitiger Verbesserung der Behandlungsqualität. Ein bisher wenig beachtetes Teilgebiet stellt in diesem Zusammenhang M-Health dar, bei dem E-Health-Dienste über mobile Endgeräte realisiert werden. Da derartige Dienste kaum über den Status der Pilotphase hinauskommen, wird im vorliegenden Beitrag untersucht, inwieweit deutsche Krankenversicherer derzeit M-Health-Dienste anbieten und selber beurteilen. Mittels einer Literaturrecherche, die durch Experteninterviews ergänzt wird, erfolgt ein Überblick über die deutsche M-Health-Landschaft. Es werden angebotene Dienste und damit verfolgte Ziele dargestellt sowie die Erfahrungen hinsichtlich der Akzeptanz durch Versicherte und Ärzte. Dabei zeigt sich, dass auch die Beurteilungen seitens der Versicherer erhebliche Unterschiede aufweisen. Typische Erklärungsmuster scheinen hier nur unzureichend geeignet die existierenden Differenzen zu erklären. Aus diesem Grund bildet der Beitrag eine Grundlage, um das Verständnis der Vor- und Nachteile von M-Health-Diensten zu steigern, die zukünftige Vorhaben in Wissenschaft und Praxis unterstützt.

## 1 Einleitung

Der demografische Wandel wird das deutsche Gesundheitswesen vor neue Herausforderungen stellen [Nö09]. Vor allem durch die Zunahme an chronischen Erkrankungen ist mit einem stetigen Anstieg der Gesundheitsausgaben bei gleichzeitig weniger Einnahmen zu rechnen. Diese Situation erfordert ein Umdenken, es müssen Alternativen gesucht werden, um das Gesundheitswesen zu erhalten, ohne dabei eine professionelle medizinische Versorgung der Patienten einzubüßen. Eine Möglichkeit könnte die Kombination der klassischen Medizintechnik sowie der Informations- und Kommunikationstechnik mit medizinischen Dienstleistungen – verkürzt E-Health – sein [VDI08; DNF09]. Eine Spezialisierung von E-Health ist M-Health; hierbei werden mobile Endgeräte zur individualisierten Gesundheitsprävention, zu organisatorischen Zwecken oder

zur Unterstützung in der häuslichen Pflege eingesetzt. Aufgrund der zunehmenden Verbreitung entsprechender mobiler Endgeräte scheint deren Einsatz als Unterstützungswerkzeug hin zum M-Health vielversprechend. Daher ist es Ziel des vorliegenden Beitrags herauszuarbeiten, ob sich die gesetzlichen und privaten Krankenversicherungen in Deutschland bereits mit dem Einsatz mobiler Technologien im Allgemeinen sowie dem Themenfeld M-Health im Speziellen auseinandersetzen. Vor allem, um den Bedürfnissen der jungen Patientinnen und Patienten bzw. Kundinnen und Kunden gerecht zu werden. In Deutschland wurden vor kurzem 240 telemedizinische Dienste und Modellprojekte gezählt. Die wenigsten dieser Projekte werden über die Pilotphase hinaus weitergeführt [Me10]. Es stellt sich somit die Frage, welche Faktoren die Weiterführung entsprechender Vorhaben verhindern.

Im vorliegenden Beitrag wird mittels Experteninterviews analysiert, ob sich seitens der Krankenversicherungen mobile Dienste in der Planung befinden, derzeit entwickelt werden oder gar bereits im Einsatz sind. Im Vordergrund steht dabei die Frage, welche Erwartungen die Versicherungen mit dem Einsatz von M-Health verknüpfen. Ob sie eine Differenzierung und damit eine höhere Kundenbindung bezwecken oder ob mithilfe mobiler Dienste Kosten eingespart werden sollen. Zudem werden Ursachen für Probleme im Zusammenhang mit der Einführung entsprechender Systeme untersucht.

Um an das Thema heranzuführen, werden im Folgenden zunächst die zentralen begrifflichen Grundlagen erläutert (Abschnitt 2). Im Anschluss daran werden im dritten Abschnitt die Akteure des Gesundheitswesens, insbesondere die Krankenversicherungen, vorgestellt. Es folgen die Beschreibungen der Datenerhebung und der Datenanalyse, bevor die Ergebnisse der Untersuchung dargestellt werden (Abschnitt 4). Nach einer Diskussion der zentralen Ergebnisse schließt der Beitrag in Abschnitt 5 mit einem Ausblick auf weitere Forschungsmöglichkeiten.

## 2 Theoretischer und begrifflicher Bezugsrahmen

Die Einsatzgebiete für *E-Health* und *M-Health* sind vielfältig. Sie können eine Optimierung der Kommunikation zwischen den Leistungserbringern und Kostenträgern oder Ärzten und Patienten bewirken. Häufig werden sie auch dazu genutzt, um gesundheitsbezogene Daten zu generieren und weiter zu verarbeiten. Im Folgenden werden die beiden Begriffe im Sinne des vorliegenden Beitrags vorgestellt und gegeneinander abgegrenzt.

Es gibt für *E-Health* keine einheitliche Definition [Oh05]. Während sowohl alle Anwendungen der IT im Gesundheitswesen als E-Health bezeichnet werden, kommt es auch vor, dass der Begriff mit *Telemedizin* gleichgesetzt wird. Obgleich es schwierig erscheint, eine einfache und allgemein akzeptierte Definition des Begriffes E-Health zu finden, sind sich die Akteure über die Ziele des Einsatzes von Informationstechnologie im Gesundheitswesen und dessen Vernetzung weitgehend einig [JH09]. Neben bestehenden Barrieren sind auch die Anforderungen an Sicherheitsstandards und Datenschutz deutlich höher als in vielen anderen Bereichen. E-Health bietet jedoch auch viele Chancen. So sucht mittlerweile jeder dritte Deutsche Rat zu medizinischen Themen im Inter-

net.<sup>1</sup> E-Health-Dienste werden als Erfolgsfaktoren im wachsenden Gesundheitsmarkt gesehen. Derzeit findet ein Wandel hin zum Einsatz von mobilen Endgeräten, die zunehmend Technologien zur Ferndiagnostik und Kommunikation ermöglichen, statt.

Genau wie beim Mobile Commerce, das ein Bereich des Electronic Commerce ist, ist auch *M-Health* ein Bereich von E-Health, bei der eine bestimmte Art von Endgeräten eingesetzt wird [Wi01]. Die mobile Unterstützung soll eine grenz- und standortübergreifende Arbeit, mehr Flexibilität und eine höhere Erreichbarkeit ermöglichen. Außerdem sollen relevante Informationen unabhängig von Ort und Zeit zu Verfügung gestellt werden [Wt07]. Die Angebote von M-Health reichen von regelmäßigen SMS zur Erinnerung an die Einnahme von Medikamenten, über das Erfassen wichtiger Vitaldaten, bis zum Absenden eines Notrufes mit Ortsangabe. Zudem kann auch unterwegs fachkundige Hilfe angeboten werden. Insbesondere für chronisch Kranke bietet diese Entwicklung mehr Lebensqualität.

Endgeräte wie beispielsweise Handy, Smartphone oder ein mobiler Notrufsender, die mobile Kommunikations- und Netzwerktechnologien nutzen, können am Körper mitgeführt werden und ermöglichen die ortsunabhängige Nutzung von Daten. Solche mobilen Endgeräte können medizinische Daten und Befunde über große Entfernungen elektronisch austauschen [De05]. Durch ihren Einsatz im Gesundheitssektor „[...] besteht die Hoffnung, dass die Prozesse bezüglich Kosten und Qualität optimiert werden können oder neue Prozesse, die diese Technologie erst ermöglicht, eingeführt werden [können] [...]“ [As09]. Sie sollen die Primärprävention unterstützen und helfen schwerwiegende Verschlechterungen bei Patienten zeitnah zu erkennen. Dadurch sollen Folgeschäden vermieden werden [Br08]. Präventionsmaßnahmen können nicht nur die Erhaltung der Gesundheit unterstützen, sondern auch die Kosten im Gesundheitswesen langfristig um 20% bis 30% reduzieren. Die Überzeugung der Bürger, dass individuelle Gesundheitsprävention nützt, ist an den jährlich wachsenden privat getragenen Ausgaben zu sehen [KN08]. Hieraus lässt sich möglicherweise auch ein Paradigmenwechsel zur mobilen Prävention und damit zu neuen Möglichkeiten, neuem Wissen und neuen Verfahren, der nicht nur technisch möglich und politisch gewollt, sondern auch vom Markt getrieben wird, ableiten [Br08].

M-Health kann jedoch nicht nur für Präventionsmaßnahmen, sondern auch für mobile Anwendungen im Krankenhausbereich eingesetzt werden: Mit der mobilen Visite können Ärzte oder Pflegepersonal beispielsweise relevante Informationen über den Patienten direkt am Krankenbett aus dem Klinikinformationssystem (KIS) oder aus anderen klinischen Datenquellen abrufen oder an diese Systeme übermitteln. An die dabei eingesetzten Geräte werden zahlreiche Anforderungen gestellt. So müssen bei der Auswahl zum Beispiel der Anschaffungspreis, die Wartungskosten, die Handhabung, ihre Beständigkeit gegen Desinfektionsmittel und ihre Robustheit berücksichtigt werden [Gr10]. Eine weitere Möglichkeit, die mobile Endgeräte bieten, ist das Teleconsulting. So hat zum Beispiel ein Assistenzarzt die Möglichkeit bei Unklarheit schnell die Meinung des Chefarztes oder eines anderen Experten einzuholen. Auf mobile Endgeräte übertragene Fotografien und Röntgenbilder könnten in diesem Zusammenhang eingesetzt werden, um die Qualität der Auskünfte weiter zu steigern [Mn07].

---

<sup>1</sup> [http://www.telemedizin Fuehrer.de/index.php?option=com\\_content&task=view&id=114&Itemid=28](http://www.telemedizin Fuehrer.de/index.php?option=com_content&task=view&id=114&Itemid=28)

Für den vorliegenden Beitrag wird M-Health als Erweiterung von E-Health definiert, wobei mobile Kommunikations- und Netzwerktechnologien genutzt werden, um das Einsatzfeld von E-Health zu erweitern. Die Mobilität von Patienten und Ärzten wird dabei erheblich gesteigert. So wird die Voraussetzung für eine zeitnahe und ortsunabhängige Entscheidungsunterstützung geschaffen und ein stetiger Wissensabgleich mit benötigten Informationen ermöglicht [PG04; IPL06].

### 3 Bezugsrahmen und Ablauf der Studie

In diesem Kapitel erfolgt zunächst eine kurze Beschreibung des Untersuchungsgegenstands, wobei die verschiedenen Akteure im Gesundheitswesen, insbesondere die für den Beitrag relevanten gesetzlichen und privaten Krankenkassen im Vordergrund stehen. Anschließend wird der Rahmen der empirischen Untersuchung einschließlich der Vorgehensweise bei der Datenerhebung und Datenanalyse beschrieben.

#### 3.1 Untersuchungsgegenstand: Das Gesundheitssystem

Das deutsche Gesundheitssystem kann als Netzwerk verschiedener Akteure beschrieben werden. In diesem Netzwerk verfügen die Akteure über unterschiedlich großen Einfluss auf Entscheidungen, die mittelbar oder unmittelbar auf den Gesundheitszustand der Bevölkerung einwirken. Das deutsche Gesundheitssystem kann in drei Ebenen eingeteilt werden:<sup>2</sup>

- *Makroebene*: Hier sind die staatlichen Akteure angesiedelt. Durch Gesetze und Verordnungen regulieren sie die anderen Akteure.
- *Mesoebene*: Dieser Ebene sind Organisationen und Institutionen der Selbstverwaltung, der gesetzlichen Krankenversicherung sowie „freie“ Organisationen und Institutionen zugeordnet.
- *Mikroebene*: Diese umfasst die Individualakteure, wie Ärzte, Versicherte, Patienten, Krankenhäuser, Einzelkassen. Sie müssen die entsprechenden gesetzlichen Bestimmungen beachten und bieten Gesundheitsgüter an.

Das deutsche Gesundheitssystem ist ein Sozialversicherungsmodell. Mit der gesetzlichen Krankenkasse und der privaten Krankenversicherung stellt es ein duales System dar [Bu10]. Da in Deutschland eine Krankenversicherungspflicht besteht, ist nur ein sehr geringer Teil der Bevölkerung nicht versichert.

#### Gesetzliche Krankenversicherung

Die gesetzliche Krankenversicherungspflicht betrifft Arbeitnehmer, deren Einkommen derzeit 3.750,00 EUR monatlich nicht übersteigt [BG09]. Neben den pflichtversicherten Mitgliedern der Krankenkassen gibt es die freiwillig Versicherten, deren Einkommen über der Beitragsbemessungsgrenze liegt. Beide Gruppen können wählen, bei welcher

---

<sup>2</sup> [http://www.bpb.de/themen/WZDR71,0,Gesundheitspolitik\\_Lernobjekt.html?lt=AAB683&guid=AAB785](http://www.bpb.de/themen/WZDR71,0,Gesundheitspolitik_Lernobjekt.html?lt=AAB683&guid=AAB785)

Krankenkasse sie Mitglied werden wollen. Je nach Wohnort oder Beschäftigungsort können folgenden Krankenkassen gewählt werden:<sup>3</sup>

- die Allgemeine Ortskrankenkasse (AOK)
- Ersatzkassen, auch solche, deren Namen auf bestimmte Berufsgruppen hinweisen
- Betriebskrankenkassen (BKK) oder Innungskrankenkassen (IKK) für Betriebsangehörige
- eine BKK oder IKK ohne Rücksicht auf die Betriebszugehörigkeit, sofern sich diese durch eine Satzungsregelung „geöffnet“ hat
- die Knappschaft

Von den ca. 250 Milliarden Euro, die in Deutschland für Gesundheit ausgegeben werden, benötigen die gesetzlichen Krankenversicherungen (GKV) rund 150 Milliarden Euro. Am 1. Januar 2009 wurde der Gesundheitsfonds eingeführt. Seither zahlen alle Mitglieder der gesetzlichen Krankenkassen den gleichen Beitragssatz (derzeit 15,5, %). Die Verwaltung des Gesundheitsfonds obliegt dem Bundesversicherungsamt (BVA). Neben Arbeitnehmern und Arbeitgebern zahlt der Bund zur Abgeltung von versicherungsfremden Leistungen der Krankenkassen ebenfalls in den Gesundheitsfonds. Welche Kasse wie viel erhält, ist durch einen gesetzlich festgelegten Verteilungsschlüssel geregelt. Die Krankenkassen erhalten für jede versicherte Person eine pauschale Zuweisung und ergänzende Zu- und Abschläge. Diese sind vom Alter, dem Geschlecht und den Krankheiten ihrer Versicherten abhängig. Zum 1. Januar 2009 wurde ebenfalls der Risikostrukturausgleich (RSA) eingeführt. Dieser trägt dem unterschiedlichen Versorgungsbedarf der Versicherten, der durch die Berücksichtigung schwerwiegender und kostenintensiver chronischer Krankheiten entsteht, Rechnung.<sup>4</sup>

### **Private Krankenversicherung**

Die private Krankenversicherung bildet den anderen Teil des zweigliedrigen Systems ab. Private Krankenversicherungen (PKV) versichern nur abhängig Beschäftigte, deren Bruttoeinkommen oberhalb der gesetzlichen Versicherungspflichtgrenze liegt. Des Weiteren können sich auch Selbstständige, Freiberufler und Beamte bei privaten Krankenversicherungen versichern. Seit 1. Januar 2009 gibt es auch bei den PKV eine Versicherungspflicht. Dazu gehört auch die Einführung eines Basistarifs, den alle Versicherungen ab 2009 anbieten müssen, sowie die Übertragbarkeit von Alterungsrückstellungen bei einem Wechsel der Versicherung.<sup>3</sup>

## **3.2 Methodik**

Um ein möglichst breites Feld zu erfassen, wurde zunächst eine Internetrecherche durchgeführt. Dabei wurden unter anderem die Webseiten von Versicherern sowie Artikel in den Medien und Fachzeitschriften nach Inhalten, die in einem Zusammenhang mit E-Health bzw. M-Health stehen, untersucht. Um diese Ergebnisse zu vertiefen, wurde in einem zweiten Schritt ein qualitatives Forschungsdesign gewählt. Aufgrund ihrer explorativen und praxisnahen Eigenschaften stellen qualitative Forschungsmethoden ein wich-

---

<sup>3</sup> [http://www.bmg.bund.de/nn\\_1168248/SharedDocs/Standardartikel/DE/AZ/K/Glossarbegriff-Krankenkasse.html](http://www.bmg.bund.de/nn_1168248/SharedDocs/Standardartikel/DE/AZ/K/Glossarbegriff-Krankenkasse.html)

<sup>4</sup> [http://www.der-gesundheitsfonds.de/index.php?id=33&no\\_cache=1](http://www.der-gesundheitsfonds.de/index.php?id=33&no_cache=1)

tiges Instrument dar, um Erfahrungen und Einschätzungen zu neuen Technologien zu gewinnen [Le95]. Hierbei wurde eine möglichst hohe Kontrastierung bei der Auswahl der befragten Versicherer anvisiert. Allerdings erwies sich der Feldzugang insbesondere bei den PKV als schwierig. Als Begründung, weshalb sich einige PKV nicht an der Studie beteiligten, wurde von diesen angeführt, dass PKV oftmals (hinsichtlich der Versichertenzahl) eine vergleichsweise geringe Größe aufweisen (Abschnitt 3.1) und die Krankenversicherung meist nur einen Teil ihres angebotenen Leistungsspektrums ausmacht. Die Investitionen, die im Bereich E-Health und M-Health erforderlich wären, führen dazu, dass dort derzeit keine entsprechenden Angebote bestehen und auch in Zukunft nicht geplant sind.

Es wurden 27 von insgesamt 160 GKV<sup>5</sup> und 37 von 47 PKV<sup>6</sup> kontaktiert, die zu vier Interviews bei den GKV und zwei Interviews bei den PKV führten.<sup>7</sup> Die größten GKV in Deutschland haben ca. 7 Mio. Versicherte. Von den an der Untersuchung teilnehmenden GKV hat eine ca. 6 Mio., eine ca. 1,7 Mio. und die zwei weiteren GKV jeweils unter 500.000 Versicherte. Die Versichertenanzahlen der PKV liegen bei ca. 900.000 und ca. 500.000. Weiterhin wurden ein PKV-Verband sowie fünf GKV-Verbände kontaktiert, um das Verständnis der gewonnenen Interviews auf der Metaebene zu erhöhen. Der Verband der privaten Krankenversicherer und vier der GKV-Verbände haben nach eigenen Aussagen keine Informationen über die Behandlungsangebote der Versicherungen und konnten somit keine Auskünfte erteilen. Lediglich ein GKV-Verband verfügte über entsprechende Informationen und beteiligte sich mit einem weiteren Interview. Somit wurden insgesamt sieben Interviews in der Untersuchung berücksichtigt. Die Vergleichbarkeit der interviewten Personen ist eingeschränkt, da die Bereiche, die sich mit M-Health beschäftigen, unterschiedlichen Geschäftseinheiten zugeordnet sind. Ein weiteres Problem bei der empirischen Sozialforschung umfasst den Antwortbias zwischen den gegebenen Antworten und den tatsächlichen Ansichten des Befragten. So könnte beispielsweise der Nutzen einer Technologie bewusst negativ bewertet werden, obgleich andere Gründe für die Ablehnung verantwortlich sind. Die Gefahr von strategischen Antworten und dem daraus folgenden Antwortbias zwischen tatsächlicher und kommunizierter Einschätzung wird allerdings durch die realisierte Kontrastierung reduziert. Gerade durch den Abgleich der Antworten mit denen von anderen Befragten wurde versucht einem möglichen Antwortbias entgegenzuwirken.

### **Datenerhebung**

Um einen Einblick in den aktuellen Entwicklungsstand der Krankenversicherungen in Bezug auf M-Health zu gewinnen, wurden teilstrukturierte Interviews durchgeführt. Krankenversicherungen und Verbände der Krankenversicherungen wurden ausgewählt und die jeweils relevanten Ansprechpartner ermittelt. Anschließend wurde bei den Versicherern und Verbänden telefonisch oder per E-Mail angefragt, ob sie die Untersuchung mit einem Interview unterstützen. Den Krankenversicherungen, die sich zur Teilnahme bereitklärten, wurde freigestellt ob das Interview telefonisch oder persönlich durchgeführt

---

<sup>5</sup> <http://www.gkv-spitzenverband.de/ITSGKrankenkassenListe.gkvnet>

<sup>6</sup> <http://www.pkv.de/verband/>

<sup>7</sup> Von den 160 GKV sind 123 BKK. Diese sind zum Teil nur (kleine) Abteilungen innerhalb eines Unternehmens. Bei den kleinen BKK konnte bereits bei der ersten Kontaktaufnahme festgestellt werden, dass sich diese noch nicht mit dem Thema M-Health auseinandergesetzt haben. Daher wurden bevorzugt die Ortskrankenkassen, die Innungskrankenkassen und die Ersatzkrankenkassen kontaktiert.

werden sollte. Ein zuvor erstellter Interviewleitfaden wurde den Ansprechpartnern vor dem Gespräch, per E-Mail zugesendet. Entlang dessen schilderten die jeweiligen Interviewpartner kurz, welche Dienste ihre Versicherung bereits anbietet, ob sie eine Differenzierung und damit eine höhere Kundenbindung bezweckt oder im Wesentlichen Kosten einsparen soll. Die Gespräche wurden aufgezeichnet und im Anschluss transkribiert. Die Dauer der Interviews betrug zwischen 15 und 49 Minuten, im Schnitt dauerten die Interviews 28 Minuten.

### Datenanalyse

Für die vorliegende Arbeit wurde die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring [Ma08] gewählt. Nach dem Transkribieren wurden die Texte in Analyseeinheiten aufgeteilt. Dabei wurden jedoch nur die Textstellen berücksichtigt, die bezüglich der Arbeit von Interesse waren. Im nächsten Schritt wurde der Inhalt dieser Textstellen auf die wesentlichen Informationen reduziert. Alle ausschmückenden Textbestandteile wurden gestrichen und der Text in einer einheitlichen Sprachebene formuliert [Ma08]. Die so entstandenen Paraphrasen wurden generalisiert. Im weiteren Vorgehen wurden die Aussagen, die nach der Generalisierung bedeutungsgleich oder nicht inhaltstragend waren, gestrichen. Lediglich jene Aussagen, die weiterhin als inhaltstragend erachtet wurden, wurden für die weitere Analyse übernommen. Die verbliebenen Paraphrasen, die ähnliche Aussagen beinhalteten, wurden zusammengefasst. Die Paraphrasen, die unterschiedliche Aussagen enthielten, wurden zu einem Thema verdichtet [Ma08]. Im ersten Durchgang wurde jedes Interview einzeln analysiert. Im zweiten Durchgang wurde dann das gesamte Material betrachtet. So entstanden die drei Kategorien, die in Tabelle 1 abgebildet sind.

Kategorien			
Angebotene Dienste	Heute	E-Health Dienste	
		M-Health Dienste	
		Keine	
	Zukunft	Ausbau des Angebotes	
		Keine weiteren Aktivitäten	
Akzeptanz der Angebote	Patienten	Datenschutz	Keine Teilnahme
			Keine Bedenken
		Teilnahmebereitschaft	Hohe
			Keine
	Gesundheitspartner	Bereitschaft zu unterstützen	Unterstützen
			Lehnen Unterstützung ab
Zweck der Angebote	Kosteneinsparungen	Hohe	
		Keine	
	Kundenservice	Erhöhung	
		Keine Erhöhung	

Tabelle 1: Kategorien der Datenanalyse

Lücken, die aufgetreten sind, wurden mit Hilfe von Hintergrundwissen oder durch Nachfragen bei den Gesprächspartnern via E-Mail oder Telefon geschlossen. Durch diese Vorgehensweise entstand aus den Interviews eine überschaubare Menge an Material, das jedoch die wesentlichen Inhalte, die im Rahmen dieses Beitrags diskutiert werden, enthält.

## 4 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der qualitativen Erhebung zusammenfassend dargestellt. Auf eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse für jede einzelne Krankenversicherung wurde aus Platzgründen verzichtet. Die Ergebnisse wurden im Rahmen der Datenanalyse entlang von drei Themenbereichen zusammengefasst (Tabelle 1).

Im Themenbereich *Angebotene Dienste* (Abschnitt 4.1) wird einerseits erläutert, welche M-Health- und E-Health-Dienste bereits von den Befragten Versicherern angeboten werden. Andererseits werden Aktivitäten beschrieben, die seitens der Krankenversicherungen für die Zukunft geplant sind. Der zweite Bereich *Akzeptanz der Dienste* (Abschnitt 4.2) gibt die Erfahrungen der Versicherungen mit Patienten sowie den Gesundheitsdienstleistern wieder. Innerhalb des letzten Themenblocks *Zweck der Angebote* werden die Intentionen bzw. Ziele der Versicherer für das Angebot derartiger Dienste dargestellt. In diesem Zusammenhang stellt sich – der Zielsetzung des vorliegenden Beitrags folgend – die Frage, ob sich die Versicherer mit den angebotenen Diensten von anderen Krankenversicherungen abheben wollen, um beispielsweise eine höhere Kundenbindung zu erreichen oder ob im Wesentlichen Kosten eingespart werden sollen.

### 4.1 Angebotene Dienste

Die meisten der befragten Versicherer verfügen über eine eigene Internetpräsenz, mit deren Hilfe verschiedene Dienste angeboten werden. Häufig werden Suchdienste online zur Verfügung gestellt. So gibt es die Möglichkeit sich Kliniken in einem definierten Umkreis oder mit einem bestimmten Leistungsangebot anzeigen zu lassen, zum Teil auch mit einer Klinik-Bewertung. Es werden aber auch Apotheken-Suchen, Suchen nach Ärzten, die Suche nach Pflegeplätzen und Medikamentensuchen angeboten. Die Dienste, die angeboten werden, sind von Versicherer zu Versicherer sehr unterschiedlich. So bietet eine der befragten Versicherungen eine Präventionskursdatenbank, eine Kurdatenbank und ein Hörlexikon an. Eine Andere wiederum bietet ihren Versicherten eine Beratung mittels Chat und eine Ernährungsberatung via E-Mail.

Neben diesen rein informativen Diensten gibt es Angebote, bei denen die Versicherten aktiv teilnehmen können. Sie können Tests durchführen und an Programmen teilnehmen. Eine Versicherung stellt einen Burn-out-Check, einen Vorsorge-Check, einen online Gesundheitstrainer sowie ein alltagsbegleitendes Beratungs- und Präventionsprogramm zur Verfügung. Es werden aber auch Entscheidungshilfen zu verschiedenen Themen wie Impfung, PSA (Prostata-spezifische Antigen) oder Brustkrebs bereitgestellt. Ein weiterer Versicherer bietet einen Coach für werdende Mütter an. Es gibt aber auch Dienste, die die Versicherten lediglich bei administrativen Aktionen unterstützen sollen, wie ein

Tarifrechner für verschiedene Zuschüsse oder ein Formular-Center. Die Angebote sind sehr vielschichtig und werden nicht von allen Befragten in den Bereich E-Health eingeordnet.

Eine der GKV stellt einige der zuvor beschriebenen Angebote auch mobil bereit, beispielsweise die Apothekensuche, die Facharztsuche, die Präventionskursuche, den Impf-Check und den Burn-out-Check. Die Dienste können über ein WAP-fähiges Handy, ein PDA oder ein anderes mobiles Endgerät genutzt werden. Eine der PKV bietet seit Kurzem eine sogenannte App für das iPhone an, mit der vorwiegend die Arzt- und Zahnarztsuche unterstützt wird. Eine weitere GKV plant Ende 2010 ebenfalls eine App mit einer Geschäftsstellensuche, unter Angabe des nächstgelegenen Ansprechpartners sowie einer 24-Stunden-Hotline, anzubieten.

Von drei Versicherungen (zwei GKV und eine PKV) werden Programme für Herzinsuffizienz angeboten. Dabei können die betroffenen Versicherten eine Waage ausleihen, die die Körpermesswerte automatisch an eine Zentrale der jeweiligen Krankenversicherung übermittelt. Daneben besteht die Möglichkeit ein spezielles Implantat eingesetzt zu bekommen. Die betroffenen Patienten werden mit einem mobilen Gerät und einer Box ausgerüstet, diese beiden Geräte sind in der Lage den Funk des Implantates aufzufangen und die Werte via GSM-Netz an den behandelnden Arzt zu übertragen. In beiden zuvor beschriebenen Fällen werden die Werte geprüft und sobald sie einen definierten Grenzwert überschreiten, setzt sich der entsprechende Arzt oder ein Mitarbeiter eines anderen Gesundheitsanbieters mit dem Patienten in Verbindung. Einer der drei Versicherer hat nach Beendigung des Pilotprojekts zwei Studien in Auftrag gegeben und entscheidet über das weitere Vorgehen, nachdem die entsprechenden Ergebnisse vorliegen. Die beiden anderen Versicherer werden diese Programme weiter anbieten, wobei es von einer dieser beiden Versicherungen bereits als Regelversorgung angeboten wird. Zwei weitere Versicherer haben früher ebenfalls Programme für Herzinsuffizienz angeboten, beide haben diese Programme wegen mangelnder Teilnahmebereitschaft der Versicherten jedoch eingestellt.

Ein weiteres Programm, das von einer GKV angeboten wird, ist ein Programm für Vorhofflimmern. Dieses wird den Patienten/Versicherten dieser Versicherung ausschließlich nach einer Rehabilitation angeboten. Für den Zeitraum werden den Patienten ein Fahrradergometer und ein mobiles EKG-Gerät zur Verfügung gestellt. Sobald dem Patienten eine Unregelmäßigkeit auffällt, legt er eine sogenannte Rhythmen-Card auf die Haut. Diese zeichnet ein EKG auf, das via Telefon an eine Klinik übertragen wird.

Von dem GKV-Verband, der an der Studie teilgenommen hat, wird derzeit die Einführung der elektronischen Gesundheitskarte entwickelt. Das Projekt befindet sich noch in einer Pilotphase und wird im Moment nach einer bereits durchgeführten Testphase optimiert.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die seitens der Versicherer gemachten Erfahrungen sowie die weiteren Pläne der befragten Versicherer sehr unterschiedlich sind. Für eine der GKV werden auch in Zukunft weder Online-Angebote noch mobile Technologien ein Thema sein. Eine andere GKV hat vorerst keine Pläne für M-Health- oder E-Health-Dienste und wartet, bevor sie über ihr zukünftiges Vorgehen entscheidet, auf die oben angesprochenen Studienergebnisse. Bei den anderen Versicherern sind derzeit einzelne weiterführende (mobile) Programme zu den bereits bestehenden Angeboten geplant. Der Vertreter der GKV, die nur positive Erfahrungen mit den angebotenen Diensten gemacht hat, erklärte, dass seine Versicherung die Aktivitäten im M-Health-Bereich gerne ausweiten würde, ihnen jedoch die nächste Indikation fehlt. Der Versicherer, der derzeit noch keine Angebote auf dem Markt hat, wird im nächsten Jahr diverse Programme anbieten.

Vier der Befragten (zwei GKV und zwei PKV) gehen davon aus, dass E-Health und M-Health interessante und relevante Themenfelder für Krankenversicherer sind, denen man sich nicht verschließen kann. Innerhalb der jeweiligen Versicherungen wird daher in Zukunft der Markt intensiv beobachtet und nach weiteren Einsatzmöglichkeiten Ausschau gehalten.

## **4.2 Akzeptanz der Dienste**

Bei den Online-Angeboten auf den Webseiten der teilnehmenden Versicherer kann festgestellt werden, wie häufig die Seiten aufgerufen werden. Informationen darüber, ob die Angebote Entscheidungen beeinflusst haben oder wirklich unterstützend und hilfreich waren, gibt es jedoch nicht. Es wurden diesbezüglich noch von keiner Krankenversicherung Umfragen bei ihren Versicherten durchgeführt. Bei den Online-Angeboten kann deshalb auch nicht festgestellt werden, ob der Datenschutz ein häufiger Grund für eine Nichtnutzung dieser Dienste ist.

Bei Programmen, die nur Versicherten mit einem bestimmten Krankheitsbild angeboten werden (wie Herzinsuffizienz) ist die Teilnahmebereitschaft der Versicherten sehr unterschiedlich. Drei der Versicherer (zwei GKV und eine PKV) konnten nur wenige Versicherte motivieren an den Programmen teilzunehmen. Eine dieser Versicherungen konnte trotz persönlicher Kontaktaufnahme, die zunächst schriftlich und anschließenden telefonisch erfolgte, nur 8 % bis 10 % der betroffenen Patienten zur Teilnahme motivieren. Neben dieser unerwartet geringen Teilnehmerquote hatte die Versicherung zudem eine hohe Drop-Out-Quote. So wollten sich einige der teilnehmenden Patienten nach einer gewissen Zeitspanne nicht weiter kontrollieren lassen und sind daher aus den jeweiligen Programmen ausgestiegen. Die zwei weiteren Versicherer (eine GKV und eine PKV), die ebenfalls Programme für Herzinsuffizienz anbieten, hatten nach eigenem Bekunden hingegen keinerlei Probleme ihre Versicherten von einer Teilnahme zu überzeugen. Auch war bei beiden die Drop-Out-Quote bisher gering und ein mögliches Ausscheiden aus den Programmen war nie darauf zurückzuführen, dass die Patienten die Überwachung als störend empfanden. Eine dieser beiden Versicherer erhält immer wieder Anfragen zum Thema Datenschutz, aber bisher hat dies noch nicht dazu geführt, dass die Versicherten nicht an den angebotenen Programmen teilnehmen.

Der Kontakt zu den jeweils betreuenden Ärzten war nicht immer unproblematisch. Eine der GKV hat, noch bevor sie ihren Versicherten die Teilnahme angeboten hat, die ent-

sprechenden Ärzte informiert, um so eine möglichst hohe Transparenz zu erzielen. Dennoch haben manche Ärzte ihren Patienten abgeraten an dem jeweiligen Programm teilzunehmen. Auch eine PKV hat die Erfahrung gemacht, dass für die Ärzte ein finanzieller Anreiz geschaffen werden muss, um sie zur Unterstützung von M-Health-Programmen zu bewegen. Private Krankenversicherungen haben dazu allerdings kaum Möglichkeiten, da die Versichertengelder ausnahmslos für die Heilbehandlung verwendet werden dürfen. Eine der Versicherungen, die an der Studie teilgenommen hat, hat daher keinen unmittelbaren Kontakt zu den Ärzten aufgebaut, sondern dies ihren Versicherten überlassen. Zwei der Versicherungen (eine GKV und eine PKV) haben weniger Probleme mit den Gesundheitsanbietern. Die Kontakte werden allerdings auch nicht als ausschließlich positiv beschrieben. Nur die GKV, die das Herzinsuffizienzprogramm in Verbindung mit einem Implantat anbietet, hat keine Probleme mit den Gesundheitsanbietern. Bei dieser Vorgehensweise wird der niedergelassene Arzt lediglich darüber informiert, dass sein Patient an dem Programm teilnimmt und einen betreuenden Kardiologen hat.

### **4.3 Zweck der Angebote**

Um wettbewerbsfähig zu sein, wollen die Versicherer ihren Kunden einen optimalen Service bieten. Dazu gehört es auch, den Versicherten aus erster Hand möglichst umfangreiche Informationen zu Ärzten, Krankheiten, Medikamenten etc. zur Verfügung zu stellen. Neben den Vorteilen, die durch einen effektiveren Informationsfluss zwischen Versicherern und den Versicherten entstehen, sollen Angebote wie Kurse und Tests, das gesundheitsbewusste Verhalten der Versicherten fördern. Mit Präventionsprogrammen soll in erster Linie die Lebensqualität der Versicherten erhöht werden. Derzeit wird nicht davon ausgegangen, dass durch die Teilnahme an Telemonitoring-Programmen die patientenbezogenen Endpunkte (Mortalität und Morbidität) verändert werden. Falls jedoch mit diesen Angeboten erreicht wird, dass die Anzahl der Arztbesuche und die Krankenhausaufenthalte zurückgehen, wäre dies für die Versicherer ein Erfolg. Ein Befragter machte darauf aufmerksam, dass die Krankheitsbilder, für die Telemonitoring-Programme angeboten werden, in der Regel nicht einfach zu behandeln sind. Die Programme sollen daher auch helfen Fehl- und Zusatzbehandlungen zu vermeiden.

Für einen der teilnehmenden Versicherer (GKV) ist es wichtig, den Kontakt zu den Versicherten zu erhöhen und damit eine stärkere Kundenbeziehung aufzubauen. So sollen auch die Bedürfnisse und Wünsche der Kunden ihrer Versicherung gegenüber deutlicher werden. Die teilnehmenden Versicherungen weisen alle darauf hin, dass sie die Kosten im Blick behalten müssen. Nur eine der GKV gab an, dass mithilfe der angebotenen Programme bereits jetzt Kosten eingespart werden. Eine der befragten PKV hat keine Vergleichsgruppe und kann somit keine konkrete Aussage dazu machen. Der teilnehmende Verband von GKV erklärte, dass sich die Telemedizin-Projekte ihrer Versicherungen derzeit noch in Pilotphasen befinden. Es ist daher im Moment vorerst davon auszugehen, dass die Telemedizin für diese Versicherungen unwirtschaftlich ist.

Die Befragung ergab, dass die Versicherer ihren Kunden in erster Linie die bestmögliche Unterstützung geben wollen. Zusätzlich beabsichtigen sie mit den Angeboten allerdings auch Kosten einzusparen.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende qualitative Studie liefert einen ersten Beitrag zu einer Bestandsaufnahme hinsichtlich der (geplanten) Nutzung mobiler Dienste durch deutsche Krankenversicherer. Die Krankenversicherer, die an unserer Untersuchung teilgenommen haben, stellen ihren Versicherten sehr unterschiedliche Angebote zur Verfügung. Auch die Definition von E-Health- und M-Health-Diensten weisen seitens der Versicherer deutliche Unterschiede auf. Bei der Darstellung der Ergebnisse ist eine differenzierte Unterscheidung von E-Health- und M-Health-Diensten nicht immer möglich, da diese auch bei den interviewten Partnern nicht immer gegeben ist. So ordnet eine PKV das Herzinsuffizienzprogramm den E-Health-Diensten zu. Nur die Apps, die von dieser PKV angeboten werden, werden als M-Health-Dienste betrachtet. Einige der Versicherer erachten Online-Dienste (wie Tests), Informationsdienste oder diverse Suchdienste, als ein Angebot, das sie unbedingt bereithalten müssen, um ihre Attraktivität für die Kunden zu erhalten. Dies ist insbesondere von Bedeutung, da die Bereitschaft der Versicherten ihre Versicherungen zu wechseln zugenommen hat. Um neue Kunden zu akquirieren, ist es wichtig, sich von anderen Versicherungen durch das Leistungsangebot zu unterscheiden. E-Health- und M-Health-Dienste stellen hierbei ein geeignetes Instrument dar, da sie vergleichsweise einfach zu kommunizieren sind und gerade jüngere Kunden ansprechen. Drei der teilnehmenden Krankenversicherungen, die wenige oder keine Online-Dienste bereitstellen, hatten jedoch Programme für Herzinsuffizienz in ihrem Angebot. Zwei der Versicherungen haben diese Programme wegen mangelnder Teilnahme ihrer Versicherten wieder eingestellt. Die dritte Versicherung wartet derzeit eine Studie ab und entscheidet anschließend, ob das Programm weitergeführt werden wird. Die Befragten sehen die Gründe darin, dass die Versicherten nicht überwacht werden wollen oder Angst hatten, dass ihre Gesundheitsdaten nicht ausreichend vor Missbrauch geschützt sind.

Ein weiterer angegebener Grund der Befragten für die mangelnde Teilnahmebereitschaft ist das Generationenproblem. Dabei wird davon ausgegangen, dass bei Generationen, die einen stärkeren Bezug zu Technik aufweisen, die Teilnahmebereitschaft an Programmen, in denen mobile Technologien eingesetzt werden, steigen wird. Durch den Hinweis einer GKV, dass der Altersdurchschnitt ihrer Versicherten sehr hoch sei, könnte man zunächst darauf schließen, dass die Bereitschaft an den angebotenen Diensten teilzunehmen vom Alter der Versicherten abhängt. Da jedoch nur eine der drei Versicherungen, die Probleme hatten ihre Kunden zur Teilnahme an Telemonitoring-Programmen zu motivieren, einen hohen Altersdurchschnitt besaß, kann dies alleine nicht der ausschlaggebende Grund sein. Dies gilt umso mehr, wenn die Altersstruktur der Teilnehmer der Programme für Herzinsuffizienz genauer betrachtet wird. So ist die Mehrzahl der herzinsuffizienten Patienten älter als 72 Jahre [P110]. Folglich sind bei dieser Indikation alle Versicherer mit einer Generation von wahrscheinlich weniger technikaffinen Patienten konfrontiert. Dennoch haben zwei Versicherungen (eine GKV und eine PKV) keinerlei Probleme ihre Kunden zur Teilnahme zu motivieren. Auch für die Annahme, dass die unterschiedliche Bereitschaft in verschiedenen Berufsgruppen zu finden ist, konnten keinerlei Hinweise identifiziert werden, da eine GKV bis 2007 nicht für alle Gruppen geöffnet war und ihre Versicherten immer noch vorwiegend aus Werkträgern besteht. Eine Versicherung, schrieb die geringe Bereitschaft die Programme zu unterstützen zum Teil der Ablehnung der niedergelassenen Ärzte zu. Dabei wurde vermutet, dass fehlende

Vergütungsanreize die Bereitschaft der Ärzte zur Teilnahme an Telemonitoring-Programmen verringern. Die Frage, ob die Versicherten durch E-Health- bzw. M-Health-basierte Präventionsprogramme Kosten einsparen können, kann aufgrund der heterogenen Antworten der Befragten nicht abschließend geklärt werden. Insgesamt zeigen unsere Ergebnisse, dass die Krankenversicherungen den Nutzen der Angebote derzeit noch sehr unterschiedlich bewerten.

Die Erfahrungen, die die Krankenversicherungen mit M-Health machen bzw. gemacht haben, sind sehr unterschiedlich. Die Gründe hierfür konnten allerdings nicht umfassend ermittelt werden. Es gibt keine dezidierten Hinweise darauf, dass die Größe des Versicherers, dessen Art (GKV oder PKV) oder die Eigenschaften der Versicherten (wie Altersdurchschnitt) eine Rolle spielen. Andererseits scheint unbestritten, dass Telemonitoring für die Patienten entsprechende Vorteile bringt. Warum es dennoch viele M-Health-Projekte nicht über die Pilotphase hinaus schaffen, sollte in zukünftigen Forschungsvorhaben weiter thematisiert werden. Um diese Frage zu beantworten, müssen insbesondere die aufgezeigten Akzeptanzbarrieren, bei Patienten, Ärzten, aber auch bei den Krankenkassen vertiefend analysiert werden.

Hinsichtlich unserer Ergebnisse muss allerdings beachtet werden, dass diese zahlreiche Limitationen aufweisen. So sind die berücksichtigten Interviews weder für die gesetzlichen noch für die privaten Krankenversicherungen repräsentativ, weshalb die externe Validität eingeschränkt ist. Zudem konnten die Aussagen der Versicherer nicht durch andere Informationsquellen evaluiert werden. In diesem Zusammenhang wäre es sinnvoll auch Ärzte und Versicherte in zukünftige Untersuchungen mit einzubeziehen. Zudem war der Fokus der Untersuchung auf Deutschland begrenzt. Eine Ausweitung auf weitere Länder, mit einem vergleichbaren Sozialversicherungsstand, sollte in weiterführenden Forschungsvorhaben erfolgen. Allerdings können erfolgreiche Beispiele aus Deutschland veranschaulichen, wie die Akzeptanz entsprechender Anwendungen gesteigert werden kann. Vor diesem Hintergrund bieten sich insbesondere Fallstudien an, um ausgewählte Anwendungsbereiche vertiefend zu analysieren. Unser Beitrag stellt folglich lediglich einen ersten Schritt dar, um zu analysieren, wie die Nutzenpotenziale von M-Health-Diensten besser ausgeschöpft werden können. Die systematische Analyse der aufgezeigten Differenzen, die im Antwortverhalten deutlich wurden, kann diesen Forschungsbereich entscheidend voranbringen.

## Literaturverzeichnis

- [As09] Aschmoneit, T.: mHealth. In: (Trill, R. Hrsg.) Praxisbuch eHealth - Von der Idee zur Umsetzung, 1. Aufl., W. Kohlhammer, Stuttgart, 2009.
- [BG10] Bundesministerium für Gesundheit. Pressemitteilung Nr. 31 - Finanzentwicklung der Krankenkassen im 1. Quartal 2010, Berlin, 2010.
- [Br08] Bröckerhoff, H.-P. (Hrsg.): mHealth – eHealth wird mobil. E-Health-Com, Inprimo Special 2008 [www-Dokument] [http://www.e-health-com.eu/fileadmin/user\\_upload/dateien/Specials/Inprimo\\_2MB.pdf](http://www.e-health-com.eu/fileadmin/user_upload/dateien/Specials/Inprimo_2MB.pdf), abgerufen am 19.10.2010.
- [Bu10] Butzer, H.: Bundesverfassungsgericht und duales Krankenversicherungssystem, MedR Medizinrecht, Springer Berlin u.a., 2010; S. 283-290.

- [De10] Dehm, J.: Wo die Reise hingeht. In: E-Health-Compendium Telemonitoring 2010/11, 2010; S. 46-47.
- [DNF09] David, S.; Neumann, K.; Friedl, M.: E-Health- Wachstumsperspektiven für die Telekommunikationsbranche, Roland Berger Strategy Consultants, 2009.
- [Dz05] Denzel, M.: Mobile Health – Mobile Telemedizin, Studienarbeit, Grin, 2005.
- [Go10] Goetz, Christoph (2010): Telemonitoring als Schlüssel. In E-Health-Compendium Telemonitoring 2010/11, 2010; S. 42-43
- [Gr10] Greiss, B.: Mobil & Digital. E-Health-Com, 2010, [www-Dokument] <http://www.e-health-com.eu/details-news/mobil-digital>, abgerufen am 12.10.2010.
- [Ho95] Hopf, C.: Qualitative Interviews in der Sozialforschung. Ein Überblick. In(Flick, U. et al. Hrsg.) Handbuch qualitative Sozialforschung. Grundlagen, Konzepte, Methoden. Weinheim, Beltz, 1995; S. 77-182.
- [IPL06] Istepanian, R. H., Pattichis, S. C., Laximinarayan, S.: Ubiquitous M-Health Systems and the Convergence Towards 4G Mobile Technologies. In: Istepanian R. H. et al. (Hrsg.): M-Health – Emerging Mobile Health Systems. Springer, New York, 2006; S. 3-14.
- [JH09] Johner, C., Haas, P.: Praxishandbuch IT im Gesundheitswesen. Erfolgreich einführen, entwickeln, anwenden und betreiben, München, Carl Hanser, 2009.
- [KN08] Kartte, J., Neumann, K.: Der Gesundheitmarkt, Roland Berger Strategy Consultants, 2008.
- [Le95] Lehner, F.: Grundfragen und Positionierung der Wirtschaftsinformatik. In (Lehner, F. et al. Hrsg.): Wirtschaftsinformatik – Theoretische Grundlagen, Hanser, München u.a., 1995; S. 1-72.
- [Ma08] Mayring, P.: Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken , 10. Aufl., Beltz, Weinheim, Basel, 2008.
- [Me10] Mentzinis, P.: Telemedizin in die Regelversorgung. In E-Health-Compendium Telemonitoring 2010/11, 2010; S. 7
- [Mn07] Manhart, K.: eHealth – IT im Krankenhaus, 2007, [www-Dokument] [http://www.techchannel.de/server/extra/482630/ehealth\\_it\\_im\\_krankenhaus/index9.html](http://www.techchannel.de/server/extra/482630/ehealth_it_im_krankenhaus/index9.html), abgerufen am 28.6.2010.
- [Nö09] Nöthen, M. (Hrsg.): Gesundheit auf einen Blick. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2009.
- [PG04] Preuß, K. J.; Gantner, T.D.: Mobile Health. In (Jähn, K.; Nagel, E. Hrsg.): e-Health, Springer,Berlin, 2004; S. 245-250.
- [Pl10] Platzeck, M.: Autoantikörper gegen kardiales Troponin I im Vergleich zu kardialem Troponin I und NT-proBNP bei älteren Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz und Betarezeptorblockertherapie. Dissertation, Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin, 2010.
- [Sc10] Schlötelburg, C.: Hürden überwinden. In E-Health-Compendium Telemonitoring 2010/11, 2010; S. 36-37.
- [Wi01] Wirtz, B. W.: Electronic Business. Gabler,Wiesbaden, 2001.
- [Wt07] Wittmann, H.: Erfolgreiches Customer Relationship Management im M-Commerce Umfeld. In (Gora, W., Röttger-Gerigk, S. Hrsg.), Handbuch Mobile-Commerce, Springer, Berlin, 2002; S. 147-162.
- [VDI08] VDI/VDE Innovation und Technik GmbH, MMB-Institut für Medien- und Kompetenzforschung. In Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.) Telematik in der Gesundheitsversorgung, Berlin 2008.

# Muster und Cloud Computing als Plattformstrategie für mobile Unternehmenssoftware

Sebastian Damm, Thomas Ritz, Jakob Strauch

mobile media & communications lab  
FH Aachen  
Eupenerstr. 70  
52066 Aachen  
{s.damm,ritz,strauch}@fh-aachen.de

**Abstract:** Die Entwicklung mobiler Unternehmenssoftware wird durch einen stark variierenden Nutzungskontext und mannigfaltige Gerätereaktionen erschwert. Um den Anteil von Individualentwicklungen zu verringern, stellt dieser Beitrag ein Vorgehen vor, das auf Plattformstrategien sowie Lösungsmustern basiert. Die Muster dienen dabei insbesondere als plattformunabhängige Architekturkonzepte. Gerade diese Architekturmuster erlauben die Anwendung einer für den mobilen Einsatz geeigneten Abwandlung des Cloud Computings.

## 1 Motivation

Der Begriff Unternehmenssoftware hat sich als unscharfe Zusammenfassung von betrieblichen Anwendungssystemen etabliert. Die Einbindung von Mitarbeitern, die nicht an einem festen Standort arbeiten, ist das Ziel von mobiler Unternehmenssoftware [Ri03]. Die Anwendungen unterliegen im Gegensatz zu ihren Desktop-Pendants einem stetig variierenden Nutzungskontext (Netzverfügbarkeit, Lichtverhältnisse, Arbeitssituationen, etc.). Es gibt Ansätze und Vorgehensmodelle, um diese Besonderheiten in allen Phasen des Produktlebenszyklus möglichst vollständig zu erfassen und zu berücksichtigen [Ri07]. Insbesondere empfehlen sich benutzerzentrierten Vorgehen, die die Kunden und Anwender möglichst früh mit Prototypen konfrontieren. Dies ist vorwiegend in den Geschäftsfeldern wichtig, wo mobile Anwendungen Mitarbeiter adressieren, die bisher von der Büroautomatisierung weitestgehend unberührt geblieben sind. Ein früher Prototyp bietet eine gute Diskussionsgrundlage für die weitere Entwicklung. Der Einsatz mobiler Unternehmenssoftware ist für Unternehmen mit mobilen Mitarbeitern attraktiv. Mobile Lösungen können helfen vorhandene Geschäftsprozesse zu verbessern ([KPW03], [vV02]). Der ökonomische Erfolg hängt von der Ausnutzung der „Mobile added Values“<sup>1</sup> (kurz MAV) ab [PWT03]. Mobile Softwarelösungen bieten mehr Möglichkeiten als stationäre Lösungen. Informationen können *ubiquitär* und *kontextsensitiv* verarbeitet werden. Mit Sensoren und Aktoren ausgestattet kann die virtuelle Informationswelt mit der realen Umgebung *interagieren*.

---

<sup>1</sup> dt. *Mobile Mehrwerte*

Die Herausforderung besteht nun darin, Applikationen zu entwerfen, die die Besonderheiten bei der Entwicklung mobiler Unternehmenssoftware berücksichtigen. Zu diesen Besonderheiten zählen unter Anderen: Die Heterogenität und Restriktionen der mobilen Hardware (Smartphones, Notebooks und UMPCs) und deren Softwareplattformen, Netzverfügbarkeit, variierender Nutzungskontext (z.B. indoor/outdoor, Arbeitsumgebung) und Einschränkungen in der Usability (z.B. kleine Displays und Tasten). Dies führt zu Individualsoftware, welche für kleine und mittelständische Unternehmen schwieriger finanzierbar ist, als Standardsoftware. Die Anschaffung und der Betrieb einer IT Infrastruktur birgt zusätzliche Zeitaufwendungen und Investitionskosten (Netzwerke, Server, Lizenzen, etc.).

## 2 Verwandte Arbeiten

Im Folgenden werden ausgewählte Ansätze für die oben genannten Probleme vorgestellt. Es werden ihre Stärken und Schwächen im Kontext mobiler Unternehmenssoftware herausgestellt und erläutert, wie erkannte Schwächen durch Kombination der Ansätze kompensiert werden können.

### 2.1 Cloud Computing

Durch den stetigen Ausbau von Datennetzen und der Virtualisierungstechnik sind Betreibermodelle wie Cloud Computing möglich geworden. Zu dem Sammelbegriff „Cloud Computing“ existieren eine Vielzahl an Definitionen (u.a. [MG09], [Mi10a], [CH09], [Le09]). Es lassen sich jedoch einige grundlegende Merkmale festhalten. So kann man die Angebote grob in drei logische Schichten einteilen – **Software-, Platform- und Infrastructure as a Service**. Die Dienstleistungen werden von einem Anbieter für mehrere Kunden (mehrmandantenfähig) über das Web bereitgestellt. Die Abrechnung erfolgt in der Regel nutzungsbasiert.

Die Vorteile dieses Betreibermodelles liegen in der sehr kurzen „time-to-market“ sowie den geringen Investitionskosten, da die Infrastrukturen der Anbieter auf Virtualisierung basieren und lediglich angemietet werden. Somit bietet Cloud Computing eine Möglichkeit für KMU's, Investitionen in IT Infrastruktur zu senken.

IaaS stellt die unterste Schicht im Cloud Computing dar. Es werden lediglich Rechen-, Netzwerk- und Speicherkapazitäten als Dienstleistung angeboten. Der Abstraktionsgrad ist somit sehr niedrig. Beispiel für ein derartiges Angebot ist Amazon's S3 [Am10]. Mit PaaS bietet der Anbieter eine Plattform, um eigene Software „in der Cloud“, also auf der virtualisierten Infrastruktur, zu verwalten. Beispiel für PaaS ist Microsoft Azure [Mi10c], eine Plattform, um Webservices und Webanwendungen in der Cloud zu vertreiben. Bei SaaS werden begrenzt konfigurierbare Anwendungen angeboten, beispielsweise Standardanwendungen wie die CRM Lösung von salesforce [Sa10]. Die Kunden nutzen die Software über einen *Thin Client*, wie beispielsweise dem Webbrowser [Vo08]. SaaS bildet mit dem höchsten Abstraktionsgrad die oberste Schicht des Cloud Computing.

Für mobile Unternehmenssoftware ist dieses Softwaremodell (insbesondere SaaS) jedoch nur bedingt geeignet. Beispielsweise ist die Nutzung von Thin Clients nicht immer sinnvoll, da Netzverfügbarkeit und -qualität bei mobiler Software nicht garantiert werden kann. Software im geschäftlichen Umfeld sollte in „Offline Phasen“ (zumindest eingeschränkt) bedienbar sein und ggf. auf Daten „adäquater Aktualität“ arbeiten können [Ri03]. Darüber hinaus variieren mobile Browser in Performance, Javascript Funktionalität, RIA Unterstützung (Flash, Silverlight und Adobe Air) sowie Interaktion im Allgemeinen [He09], [Re09]. Des Weiteren bieten SaaS Anwendungen nur eingeschränkte Möglichkeiten zur Individualisierung, da die Anwendungen mit hoch standardisierten webbasierten Softwarekomponenten arbeiten, um so möglichst vielen Kunden gleichzeitig zur Verfügung zu stehen [Su08].

## 2.2 Muster

*Muster (engl. Patterns)* beschreiben ein *wiederkehrendes* Problem und definieren den *Kern* einer Lösung, sodass die Lösung an unterschiedliche Anwendungs-Kontexte angepasst werden kann. Man nutzt dazu eine semiformale Notation, um das bewährte Lösungswissen zu dokumentieren [Bu09]. Patterns werden nebst ausdrucksvollen *Namen*<sup>2</sup> mindestens durch die Beschreibung eines *Problems*, des zugrunde liegenden *Kontextes*, der *Lösung* sowie dessen *Konsequenzen* charakterisiert [BHS07b]. Muster ähnlichen Typs können zu Mustersprachen oder –systemen zusammengefasst werden. Die bekanntesten Metersprachen sind in den Bereichen des Entwurfes von Softwarearchitekturen angesiedelt ([Ga08], [BHS07a]). Dennoch existieren auch weniger bekannte und nützliche Lösungsansätze in der Muster-Beschreibungsform, die Abschnitt 3 näher erläutert werden.

Da Muster bewährtes Lösungswissen enthalten, sind Sie gut geeignete Vorlagen für Softwarekomponenten. Aus den formalen Anteilen lassen Codefragmente ableiten. Aus den informellen Anteilen lässt sich die Anwendbarkeit im gegebenen Kontext begründen.

Muster sind nicht in ein ganzheitliches Vorgehensmodell integriert, sondern werden punktuell in der Entwicklung von Software eingesetzt. Die Wiederverwendung ist somit nicht organisiert.

## 2.3 Produktlinien

Das (Software) Produktlinien-Engineering (S-PLE) setzt auf „die organisierte *Wiederverwendung* und organisierte *Variabilität* auf Basis einer *gemeinsamen Plattform*“ [BKP04]. Das Produktlinien Konzept hat seinen Ursprung in der klassischen Produktion von materiellen Gütern und wurde gegen Ende der 90er Jahre durch die Softwarebranche aufgegriffen. Das PLE teilt den Entwicklungsprozess in zwei Phasen: Domain- und Application-Engineering ([LRS07], [PBL05]).

---

<sup>2</sup> Teils metaphorisch, wie „Beobachter“, „Erbauer“ oder „Fassade“, um die Kommunikation zu fördern

### 2.3.1 Domain Engineering

In der Phase des *Domain Engineering* werden typischerweise folgende Schritte durchlaufen

- (D1) Eingrenzung der Zieldomäne
- (D2) Festlegung der zu unterstützenden Plattform(en)
- (D3) Entwicklung der Referenzarchitektur der Produktlinie
- (D4) Ermittlung der zu unterstützenden Anwendungsfälle, Funktionen und deren Variationsmöglichkeiten

Die Variabilität findet sich in unterschiedlichen Artefakten wieder. Es lassen sich somit verschiedene Variabilitätstypen ableiten [PBL05], von denen hier lediglich ein Ausschnitt näher betrachtet wird:

- (V1) Nicht-funktionale und qualitative Anforderungen
- (V2) Funktionsumfang und Features
- (V3) Prozesse und Aktivitäten
- (V4) Datenumfang, -format und -zugriff
- (V5) Benutzerschnittstelle

Die Variabilität kann durch sogenannte Variationspunkte beschrieben werden. Zu beachten ist, dass Variationspunkte in benachbarten Softwareschichten Einfluss auf einander haben (Datenhaltung $\leftrightarrow$  Geschäftslogik $\leftrightarrow$  Benutzerschnittstelle). Es gibt diverse formale Erweiterungen, um Variationspunkte in Entwicklungsartefakten explizit darzustellen ([KJD02], [vL02], [SP06], [BLP05]).

### 2.3.2 Application Engineering

Die anfänglichen Mehrkosten, die das Domain Engineering mit sich bringt, sollen durch Vorteile wie einer kürzeren „Time-to-Market“ aufgewogen werden [LRS07]. Diese Vorteile entstehen dadurch, dass in der Phase des *Application Engineering* die wesentlichen Bestandteile eines Softwareproduktes bereits durch die Produktlinie vorkonfiguriert und generiert werden können. Sowohl die Anwendungsfälle als auch die Varianten, die nicht von der Produktlinie abgedeckt werden, müssen individuell entwickelt werden. Die Erfahrungen und Ergebnisse solcher Individualprodukte können wieder in die Produktlinie zurückgeführt und diese somit für nachfolgende Produktableitungen genutzt werden. Zusammengefasst kann man das Application Engineering in folgenden Schritten darstellen:

- (A1) Anforderungsanalyse (z.B. Soll-Prozesse)
- (A2) Abgleich mit den in der Produktlinie bereits vorhandenen Anwendungsfällen
- (A3) Auswahl der Varianten, die den kundenindividuellen Anforderungen am besten Entsprechen
- (A4) Ggf. Implementierung der nicht abgedeckten Anforderungen
- (A5) Ggf. Rückführung der Erfahrungen in die Produktlinie (Domain Engineering)

### 2.3.3 Vor- und Nachteile des S-PLE

Das Produktlinien-Engineering bietet ein gut strukturiertes Vorgehensmodell als langfristige Strategie. Durch die organisierte Wiederverwendung sind die Entwicklungsphasen für neue Produkte kürzer als bei einer individuellen Neuentwicklung. Nachteilig ist jedoch, dass die Zieldomäne und Referenzarchitektur in der Regel eng gefasst sind und es somit nicht möglich ist, die große Vielfalt an mobilen Geräten und Softwareplattformen mit einer einzigen Produktlinie abzudecken.

## 2.4 Forschungsfragen

Die vorherigen Abschnitte haben gezeigt, dass es derzeit keine ausreichend strukturierte Lösung gibt, mobile Unternehmenssoftware kundenindividuell und dennoch aus vorgefertigten Komponenten zu verlässlichen Kostenaussagen zu entwickeln.

Daher sollen die Vorteile der in Kapitel 2 vorgestellten Lösungsansätze zu einer integrierten Plattformstrategie zusammengefasst werden. Im Folgenden wird diese Strategie hergeleitet.

## 3 Herleitung der Plattformstrategie

Die Plattformstrategie nutzt das Vorgehensmodell aus dem *Produktlinien-Engineering*. Die Entwicklung wird demnach in die zwei Phasen Domain- und Application-Engineering eingeteilt. Während des Domain Engineerings werden Entwicklungsartefakte erstellt, die Variationspunkte enthalten. Als Entwurfsgrundlage sollen *Muster* mit hohem Abstraktionsgrad dienen, die (im Gegensatz zu reinen Vorlagen) den Anwendungskontext und die Konsequenzen semi-formal definieren. Im Application Engineering kann der Produktentwickler basierend auf diesen Mustern besser Entwurfsentscheidungen ableiten [DRS10]. Etwaige Services und mobile Komponenten, die anhand der Muster im Domain Engineering erstellt wurden, können ggf. wiederverwendet, konfiguriert und/oder angepasst werden. *Cloud Computing* ermöglicht eine kurze Bereitstellungszeit für die Service- und Backend-Infrastruktur, sodass in frühen Stadien der Entwicklung bereits prototypische Anwendungen gezeigt werden können. Die Prototypen dienen wiederum als Grundlage weiterer Verfeinerung und Individualisierung in Absprache mit den Kunden.

### 3.1 Domain Engineering

Die hier beschriebenen Aktivitäten orientieren sich an den in Abschnitt 2.1.1 definierten Schritten.

### 3.1.1 Zieldomäne (D1)

Als Zieldomäne dient der mittelständische Anlagen- und Maschinenbau. In dieser Domäne leisten mobile Servicetechniker Dienstleistungen wie Montage, Reparatur oder Wartung an Anlagen und Maschinen. Die anvisierten Produkte sollen typische Anwendungsfälle mit vorwiegend mobilem Anteil abdecken. Die mobilen Mitarbeiter arbeiten zeitweise an Orten mit eingeschränkter, teils nicht verfügbarer Konnektivität (Heizungskeller, Tagebau, etc.).

### 3.1.2 Plattform(en) (D2)

Ziel ist es, Komplettlösungen bestehend aus einer mobilen Applikation und einem serviceorientierten Backend anbieten zu können. Aufgrund der unterschiedlichen Ausprägungen von mobilen Anwendungsfällen, Lokationsbedingungen und Arbeitsumfelder sollen möglichst viele mobile Plattformen unterstützt werden.

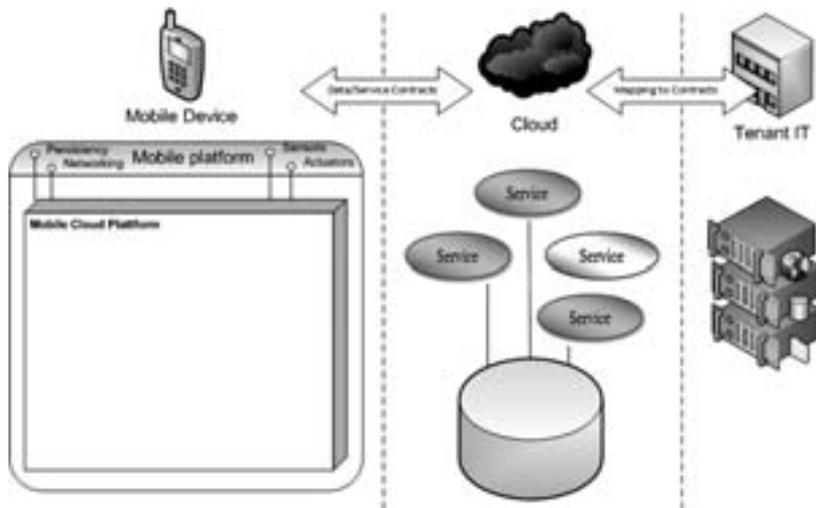


Abbildung 1 Architektur einer Kundeninstanz

Die mobile Basisarchitektur (Abbildung 1, linke Seite) setzt sich aus Entwurfs- und Architekturmustern zusammen (u.a. [Bi08], [BHS07a], [Fo08], [Mi09], [A110]). Darüber hinaus soll durch Serviceorientierung eine Plattformunabhängigkeit realisiert werden [Jo08]. Die Daten und Teile der Geschäftslogik werden somit als Webservices implementiert. Es wurde festgelegt, dass die Webservice Architektur mit REST realisiert wird [Fi00], da REST-Services leichtgewichtig sind und mobile Geräte diese effizient nutzen können [HSA10]. Das Backend und die mobile Software kommunizieren lediglich mit diesen Webservices und nicht direkt mit Legacy Systemen (Datenbanken, etc.).

Der Produktentwickler soll entscheiden können, ob ein Netzausfall kompensiert werden kann. Um ein offline-fähigen mobilen Client realisieren zu können, wird das Offline Strategie Muster verwendet [RS10]. Der Entwurf des Musters ist so gestaltet, dass ein Client „nur online“, „nur offline“ oder „hybrid“ arbeiten kann. Durch die Anwendung des Musters ist es erforderlich, dass der Netzwerkstatus ermittelt werden kann und dass die mobile Plattform eine Persistenzschicht bietet (für Warteschlangen und Cache). Als Synchronisationsplattform dient dabei das Microsoft Sync Framework 4.0 (Oktober 2010 CTP) [Mi10a], das auf Client-Seite mehrere Plattformen unterstützt (iPhone, Silverlight, HTML5, Android, Windows Mobile/Phone 7). Serverseitig werden MS SQL Server oder das PaaS Angebot „Azure SQL“ von Microsoft unterstützt. (V1, V4)

Die Servicetechniker sollen in der Lage sein, die MAV's auszunutzen, z.B. durch die Verwendung mobiler Sensoren (Scanner, GPS, etc.). Die zu unterstützenden Prozesse und der Funktionsumfang definieren somit die zu verwendeten mobilen Komponenten und Services in der Cloud. (V2 und V3)

Die Benutzerschnittstellen und Interaktionen sind abhängig von der Wahl des Endgerätes (z.B. Displaygröße), sowie dem Corporate Design des Kunden und der Zusammensetzung der Anwendungsfälle im Einzelfall. Hier sollte demnach wenig vorgegeben werden, um eine möglichst große Individualität zu gewährleisten (V5).

### 3.1.3 Referenzarchitektur (D3)

Zentraler Bestandteil ist eine Werkzeugpalette, mit deren Hilfe Muster und Vorlagen als auch Webservices und Komponenten in ein Repository kontinuierlich eingepflegt werden. Die Entwicklungswerkzeuge wurden vorwiegend mit dem „Visual Studio Visualization and Modeling SDK“ erstellt und können als Add-In's in der Entwicklungsumgebung „Visual Studio 2010“ von Microsoft integriert werden [Mi10b]. Die Werkzeuge werden sowohl im Domain- als auch im Application Engineering eingesetzt, um Software für mobile Geräte und Webanwendungen in der Cloud erstellen und konfigurieren zu können. Jeder Kunde erhält somit eine Instanz einer auf ihn angepassten Softwarelösung.

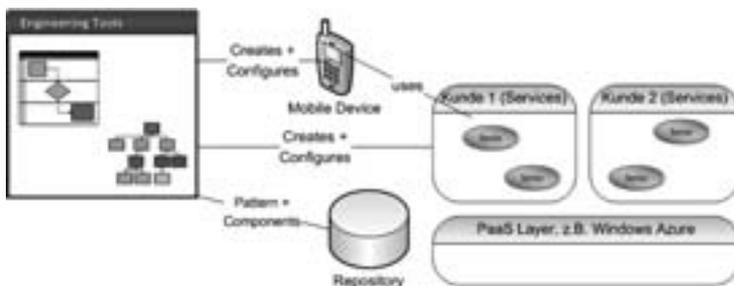


Abbildung 2 Architektur der Plattformstrategie

In der Instanz werden die Webservices (und Webanwendungen) gehostet. Die Services bieten Zugriff auf Daten (Basisdienste) und Geschäftslogik (Aktivitäten und Prozesse) an. Diese setzen (idealerweise) auf einer Plattform as a Service Schicht auf, die der Software Anbieter selbst anmieten kann. Das Entwicklerteam des Anbieters ist somit in der Lage, schnell (virtuelle) Umgebungen für neue Kunden zu erzeugen, um möglichst früh eine prototypische (Gesamt-)Anwendung zeigen zu können.

### 3.1.4 Anwendungsfälle, Funktionen, Varianten (D4)

Die grundsätzlichen Prozesse in der Domäne ähneln sich. Jedoch sind einzelne Aktivitäten oder Subprozesse variabel. Die Auswahl der Varianten wird im Wesentlichen durch folgende Faktoren beeinflusst:

- (F1) Lokations- und Arbeitsbedingungen
- (F2) Verfügbare oder durch den Kunden gewünschte (mobile) Hardware
- (F3) Wirtschaftliche Abwägungen (z.B. Verfügbarkeit vorhandener Komponenten für die gewählte Plattform)
- (F4) Firmenrichtlinien
- (F5) Vorhandene Infrastruktur

Um Variabilität in Prozessen zu unterstützen, werden *Prozessmuster* nach einem Ansatz von Hagen verwendet [Ha05]. Dazu werden Prozessmodelle mit dem Werkzeug „Mobile Process Modeler“ entworfen. Als Notation wird die BPMN 1.2 verwendet. Variable Prozessanteile werden mit Subprozessen abgebildet, die wiederum mit weiteren Prozessmodellen verknüpft werden. Zu den Subprozessvarianten muss jeweils festgelegt werden, unter welchen Rahmenbedingungen (F1 bis F5) sie einsetzbar sind. Diese Modelle können im Rahmen des Domain Engineerings aus dem Modeler in das Repository eingepflegt werden. Sie dienen zum Einen als Vorlage für die Konzeptionierung und Entwicklung der notwendigen Services und Komponenten für die mobile(n) Plattform(en). Zum Anderen werden die Prozessmuster im Rahmen der Anforderungsanalyse unter Berücksichtigung der beeinflussenden Faktoren F1 bis F5 (wieder)verwendet (Application Engineering, siehe Abschnitt 3.2). Die resultierenden Services und Komponenten werden ebenfalls im Repository abgelegt. (V2, V3)

Diese vorgefertigten Services und Komponenten verwenden ein Datenmodell, das ebenfalls Variationspunkte enthalten muss. Zu diesem Zweck werden sogenannte *Archetype Pattern* (Archetyp Muster) verwendet [AN04]. Arlow et al definieren einen (*Business*) *Archetype* als eine „ursprüngliche Entität, die konsistent und universell in Geschäftsdomänen auftritt“. Ein Archetype Pattern ist ein Zusammenspiel von Archetypes. Im Rahmen des Domain Engineerings werden insbesondere domänenspezifische Archetypes entworfen, wie sie in den Arbeiten von Piho et al zu finden sind [Pi10]. Diese Archetype Pattern werden ebenfalls im Repository angelegt. (V4)

Um die Benutzeroberfläche der mobilen Applikation an die individuellen Anforderungen und Anwendungsfälle anpassen zu können, wird das Model-View-Presenter Muster (kurz MVP) in der Variante „Passive View“ eingesetzt [Fo06]. Es entkoppelt die grafische Benutzeroberfläche von der Geschäftslogik und der Datenhaltung. Dadurch werden die Oberflächen leicht austauschbar. Das Repository enthält lediglich prototypische Oberflächen, die den Kunden einen ersten Eindruck von der Funktionalität der Software geben können. (V5)

### **3.2 Application Engineering**

Bei der Erstellung eines konkreten Produktes werden die Soll-Prozesse analysiert, modelliert und auf ihr Mobilisierungspotential hin untersucht (A1). Dabei werden insbesondere die Lokationseigenschaften der Arbeitsumgebung (F1) mit Hilfe des „Mobile Location Profiles“ definiert [DRS10] und mit Prozessmodellen verknüpft. Anschließend wird anhand von Schlagworten im Repository nach bestehenden Vorlagen (Prozessmustern) gesucht (A2). Die Wahl der Prozessvarianten wird durch F1 bis F5 beeinflusst und orientiert sich an die definierten Rahmenbedingungen der jeweiligen Variante (A3).

Stellt sich heraus, dass passende Varianten noch nicht im Repository (für die anvisierte mobile Plattform) verfügbar sind, müssen diese individuell entwickelt werden (A4). Dem Produktlinien-Konzept folgend können Varianten mit Wiederverwendungspotential in das Repository zurückgeführt werden (A5).

## **4 Evaluation**

In diesem Abschnitt wird die Tragfähigkeit der vorgestellten Plattformstrategie anhand einer prototypischen Entwicklung für einen typischen Anwendungsfall evaluiert. Dies entspricht der Phase D4 des Domain Engineering.

### **4.1 Anwendungsfall, Funktionen und Varianten**

Ein Servicetechniker soll in die Lage versetzt werden, eine Anlage oder Maschine mit dem mobilen Gerät zu identifizieren, um nachgelagerte Prozesse (Maschinenhistorie einsehen, Wartungsbericht verfassen, etc.) durchführen zu können.

#### **4.1.1 Prozessmuster erstellen**

Das Identifizieren von Maschinen oder Anlagen kann über diverse Mechanismen unterstützt werden. Das Prozessmuster deutet die Variationspunkte mit dem Fragezeichensymbol an (Abbildung 3).

Das Modell wird mit weiteren Metadaten angereichert (Schlagworte, Titel, etc.). Schließlich können Prozess-Variationspunkte (V3) mit passenden Varianten verknüpft werden. Hier wird die Aktivität „Maschine identifizieren mit den Varianten „QR-Code (Kamera)“, „Service Tag“, „Kundenauswahl“ und „Barcode (Scanner)“ versehen.

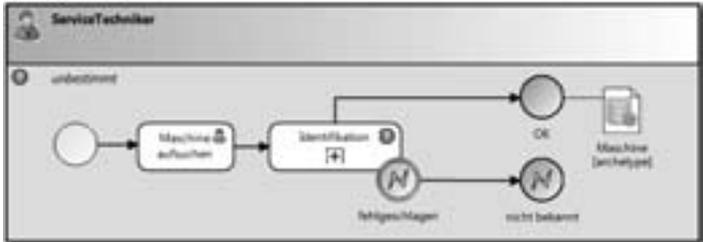


Abbildung 3 Teil des Prozessmusters "Maschine identifizieren"

Bei den Varianten handelt es sich wiederum um Prozessmodelle, die die Funktionsweise oder Interaktion darstellen. Dabei ist nicht entscheidend, dass die Modelle formal korrekt definiert werden, da kein Programmcode generiert werden soll. Vielmehr lassen sich unter Zuhilfenahme der Prozessmodelle Komponenten und Services erstellen, ins Repository hochladen und mit den Prozessmodellen verknüpfen. Abbildung 4 zeigt die Variante „QR-Code (Kamera)“, die auch die notwendigen Archetypes definiert. Desweiteren wird der Anwendungskontext unter Berücksichtigung der beeinflussenden Faktoren F1 bis F5 in den Metadaten des Modells (in Abb. nicht sichtbar) hinterlegt. So wird beispielsweise für die Variante „QR-Code (Kamera)“ festgehalten, dass diese in stark verschmutzten Umgebungen ungeeignet ist, da die QR Codes ggf. nicht lesbar sind (F1). Desweiteren ist entsprechende Hardware (Kamera) notwendig (F2).

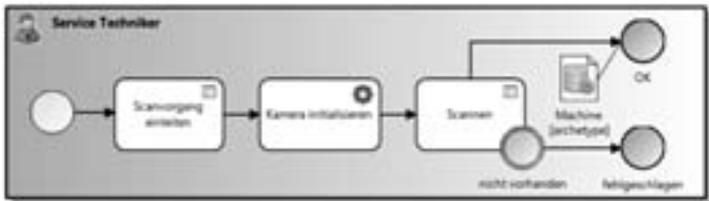


Abbildung 4 Prozessvariante "QR Code (Kamera)"

Aus dem Prozess und der Prozessvariante ist ersichtlich, welche Archetypen (Daten) verwendet werden. In diesem Fall ist es lediglich die Maschine.

#### 4.1.2 Archetypen spezifizieren

Eine Maschine ist ein domänenspezifischer Archetyp, der aber durch die Spezialisierung des Basis Archetypen „Produktinstanz“ (*product instance archetype*) näher spezifiziert werden kann. Zu diesem Zweck wird „Machine“ mit dem „Business Archetype Modeller“ erstellt. Das Werkzeug kann das Modell in Codefragmente transformieren, die in den darauf basierten Komponenten und Services verwendet werden (Abbildung 5).

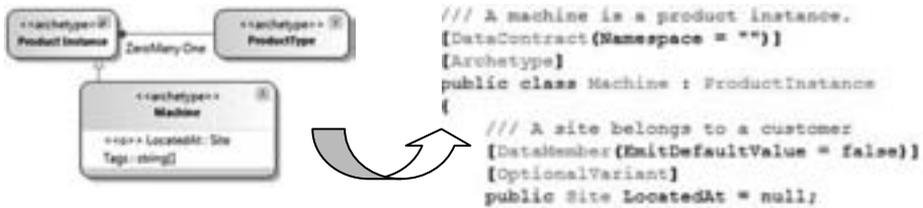


Abbildung 5 Archetype "Machine" und transformierter Datenkontrakt

### 4.1.3 Services und Komponenten

Anhand der Prozessmodelle und der Archetypen lassen sich mobile Komponenten und Webservices erstellen. Die Komponenten werden mittels MVP Muster implementiert. Die Schnittstellen für die grafische Benutzeroberfläche (V) werden durch die Komponenten (P) definiert und konsumieren die Webservices (M). Teile der Serviceschnittstellen können anhand der Archetypen definiert und generiert werden (Abbildung 5). Muster, Komponenten und Services werden im Repository für das Application Engineering vorgehalten.

## 4.2 Application Engineering

Während der Prozessanalyse bei einem Kunden, wurde festgestellt, dass in einem Prozess eine Maschine identifiziert werden muss. Der Entwickler prüft die Verfügbarkeit des Subprozesses im Repository und entscheidet anhand der Varianteninformationen und des kundenspezifischen Kontext, welche Variante gewählt werden kann (Abbildung 6).

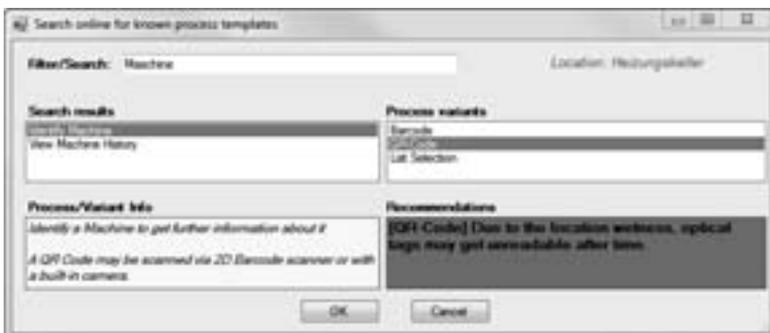


Abbildung 6 Suche nach passenden Prozessen im Repository

Hat der Entwickler eine akzeptable Variante gefunden, so wird das entsprechende Prozessmodell aus dem Repository geladen. An diesem Modell sind sowohl die zu konfigurierenden Archetypen als auch die einzubindenden Komponenten (sofern vorhanden) annotiert.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde eine Plattformstrategie hergeleitet, die durch eine Kombination von *Produktlinien Engineering*, *Mustern* und *Cloud Computing* die kundenindividuelle Entwicklung mobiler Unternehmenssoftware aus wiederverwendbaren Artefakten ermöglicht. Anhand eines typischen Beispiels aus der Domäne „Service im Anlagen und Maschinenbau“ konnte das Zusammenspiel der entwickelten Werkzeuge, Muster und Komponenten als Plattformstrategie gezeigt werden.

Dazu diene das Produktlinien Engineering als grundlegendes Vorgehensmodell, um die Wiederverwendung und die Variabilität zu organisieren. Desweiteren werden Muster verwendet, die zentral in einem Online Repository als „Best Practice“ Vorlagen für Software Komponenten vorgehalten werden. Mit Hilfe des Cloud Computings kann ad hoc eine Service- und Datenhaltungs-Infrastruktur bereitgestellt werden, um so eine schnelle „Time-to-Market“ zu erreichen.

Die mobile Referenzarchitektur wird derzeit für Windows XP und höher, Windows Phone 7 sowie Windows Mobile 6.5 weiterentwickelt. Neben den bereits unterstützten Software Plattformen wird geprüft, ob Android und iOS als weitere Plattformen unterstützt werden können. Neben dem angeführten Beispiel werden derzeit weitere Anwendungsfälle (z.B. Maschinenhistorie oder Leistungserfassung) mit Hilfe der Plattformstrategie erstellt und weiterentwickelt. Eine ausführlichere Evaluation hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Vorgehens kann erst nach Abschluss des Forschungsprojektes „Mobile Patterns as a Service“<sup>3</sup> mit den Projektpartnern vorgehen werden.

## Literaturverzeichnis

- [Al10] Allamaraju, S.: RESTful web services cookbook. [Solutions for improving scalability and simplicity]. O'Reilly, Beijing, 2010.
- [Am10] Amazon Simple Storage Service (Amazon S3). <https://s3.amazonaws.com/>.
- [AN04] Arlow, J.; Neustadt, I.: Enterprise patterns and MDA. Building better software with archetype patterns and UML. Addison-Wesley, Boston, MA, 2004.
- [BHS07a] Buschmann, F.; Henney, K.; Schmidt, D. C.: A pattern language for distributed computing. Wiley, Chichester, 2007a.
- [BHS07b] Buschmann, F.; Henney, K.; Schmidt, D. C.: On patterns and pattern languages. Wiley, Chichester, 2007b.
- [Bi08] Bishop, J.: C 3.0 design patterns. [use the power of C 3.0 to solve real-world problems]. O'Reilly, Beijing, 2008 erschienen 2007.
- [BKP04] Böckle, G.; Knauber, P.; Pohl, K.: Software-Produktlinien. Methoden, Einführung und Praxis. dpunkt-Verl., Heidelberg, 2004.

---

<sup>3</sup> BMBF Förderprogramm „IngenieurNachwuchs“, Förderkennzeichen 17N1709

- [BLP05] Buhne, S.; Lauenroth, K.; Pohl, K.: Modelling requirements variability across product lines. IEEE, 2005.
- [Bu09] Buschmann, F.: A system of patterns. Wiley, Chichester, 2009.
- [CH09] Catteddu, D.; Hogben, G.: Cloud Computing. Benefits, risks and recommendations for information security. [http://www.enisa.europa.eu/act/rm/files/deliverables/cloud-computing-risk-assessment/at\\_download/fullReport](http://www.enisa.europa.eu/act/rm/files/deliverables/cloud-computing-risk-assessment/at_download/fullReport), 01.12.2010.
- [DRS10] Damm, S.; Ritz, T.; Strauch, J.: Benutzerzentrierte Anforderungsanalyse für die Produktlinien-Entwicklung mobiler Unternehmenssoftware. In (Klink, S.; Gesellschaft für Informatik / Fachgruppe EMISA 2010, K. Hrsg.). 07. - 08.10.2010 in Karlsruhe, Germany. Ges. für Informatik, Bonn, 2010.
- [Fi00] Fielding, R. T.: REST: Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures, 2000.
- [Fo06] Fowler, M.: Passive View. <http://martinfowler.com/eaDev/PassiveScreen.html>, 08.12.2010.
- [Fo08] Fowler, M.: Patterns of enterprise application architecture. Addison-Wesley, Boston, Mass., 2008.
- [Ga08] Gamma, E.: Design patterns. Elements of reusable object-oriented software. Addison-Wesley, Boston, 2008.
- [Ha05] Hagen, M.: Definition einer Sprache zur Beschreibung von Prozessmustern zur Unterstützung agiler Softwareentwicklungsprozesse, 2005.
- [He09] Hernandez, E. A.: War of the Mobile Browsers. In IEEE Pervasive Computing, 2009, 8; S. 82–85.
- [HSA10] Hamad, H.; Saad, M.; Abed, R.: Performance Evaluation of RESTful Web Services for Mobile Devices. In (Arab Open University Hrsg.): International Arab Journal of e-Technology. Volume 1, No. 3, 2010; S. 72–78.
- [Jo08] Josuttis, N. M.: SOA in practice. [the art of distributed system design]. O'Reilly, Beijing, 2008.
- [KJD02] Kang, K.; Jaejoon Lee, P.; Donohoe: Feature-oriented product line engineering. In IEEE Software, 2002, 19; S. 58–65.
- [KPW03] Kohdawandi, D.; Pousttchi, K.; Winnewisser, C.: Mobile Technologie braucht neue Geschäftsprozesse, 2003.
- [Le09] Lenk, A.; Klems, M.; Nimis, J.; Tai, S.; Sandholm, T.: What's inside the Cloud. An Architectural Map of the Cloud Landscape. [https://wiki.gridx1.ca/twiki/pub/Main/VirtualizationProjectHome/An\\_Architecture\\_Map\\_of\\_the\\_Cloud\\_Landscape.PDF](https://wiki.gridx1.ca/twiki/pub/Main/VirtualizationProjectHome/An_Architecture_Map_of_the_Cloud_Landscape.PDF).
- [LRS07] Linden, F.; Rommes, E.; Schmid, K.: Software product lines in action. The best industrial practice in product line engineering. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2007.
- [MG09] Mell, T.; Grance, P.: NIST Definition of Cloud Computing v15, 2009.
- [Mi09] Microsoft Corp.: patterns & practices. Use Microsoft's proven practices for software engineering. <http://msdn.microsoft.com/en-us/practices/default.aspx>.

- [Mi10a] Microsoft: Microsoft Sync Framework. <http://msdn.microsoft.com/en-us/sync/default>, 08.12.2010.
- [Mi10b] Microsoft: Visual Studio Visualization and Modeling SDK. <http://code.msdn.microsoft.com/vsvmsdk>, 01.12.2010.
- [Mi10c] Microsoft: Windows Azure. Microsofts' Cloud Services Platform. <http://www.microsoft.com/windowsazure/>.
- [PBL05] Pohl, K.; Böckle, G.; Linden, F.: Software product line engineering. Foundations, principles, and techniques ; with 10 tables. Springer, Berlin, 2005.
- [Pi10] Piho, G. et al.: Towards Archetypes-Based Software Development. In (Sobh, T.; Elleithy, K. Hrsg.): Innovations in Computing Sciences and Software Engineering. Springer Science+Business Media B.V, Dordrecht, 2010; S. 561–566.
- [PWT03] Poustchi, K.; Weizmann, M.; Turowski, K.: Added Value-based Approach to Analyze Electronic Commerce and Mobile Commerce Business Models, 2003.
- [Re09] Reynolds, F.: Web 2.0-In Your Hand. In IEEE Pervasive Computing, 2009, 8; S. 86–88.
- [Ri03] Ritz, T.: Mobile CRM Systeme. In ZWF-Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 2003, 2003; S. 699–702.
- [Ri07] Ritz, T.: Die benutzerzentrierte Entwicklung mobiler Unternehmenssoftware. In (Gesellschaft für Informatik Hrsg.): MMS 2007: Mobilität und mobile Informationssysteme. 2nd conference of GI-Fachgruppe MMS, 2007.
- [RS10] Ritz, T.; Strauch, J.: "Offline Strategie"-Patterns für mobile SOA Prozesse. In (Bick, M.; Eulgem, S. Hrsg.): Mobile und ubiquitäre Informationssysteme - Proceedings zur 5. Konferenz MMS 2010, 23. - 25. Februar 2010 in Göttingen, Germany ; [im Rahmen der MKWI]. Ges. für Informatik, Bonn, 2010; S. 174–180.
- [Sa10] Salesforce: CRM Software & Online CRM System. <http://www.salesforce.com>, 01.12.2010.
- [SP06] Schnieders, A.; Puhmann, F.: Variability Mechanisms in E-Business Process Families. In (Abramowicz, W.; Mayr, H. Hrsg.): 9th International Conference on Business Information Systems. BIS 2006, Klagenfurt, Austria, 2006.
- [Su08] Sun, W. et al.: Software as a Service: Configuration and Customization Perspectives. IEEE, 2008.
- [vL02] van der Maßen, T.; Lichter, H.: Modeling Variability by UML Use Case Diagrams. In (Avaya labs Hrsg.): International Workshop on Requirements Engineering for Product Lines, 2002; S. 19–26.
- [Vo08] Vogel, O. et al.: Software-Architektur. Grundlagen - Konzepte - Praxis. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Neckar, 2008.
- [vV02] van der Heijden, H.; Valiente, P.: Mobile Business Processes: Cases from Sweden and the Netherlands, 2002.

# Modellierung von Ortseinschränkungen für mobile Geschäftsprozesse mit höheren Petri-Netzen

Michael Decker

Institut AIFB, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
m.decker@kit.edu

**Abstract:** Mobile (Geschäfts-)Prozesse sind teilgeordnete Folgen von Aktivitäten zur Erreichung eines bestimmten Ziels (z.B. Auslieferung einer Bestellung, Reparatur einer technischen Anlage), bei denen einzelne Aktivitäten mit einem mobilen Computer (z.B. Smartphone, Netbook) ausgeführt werden. Im Beitrag wird ein Ansatz beschrieben, Einschränkungen für die zulässigen Ausführungsorte einzelner Prozessaktivitäten in mit höheren Petri-Netzen beschriebenen Prozessmodellen zu definieren. Diese sog. *Ortseinschränkungen* berücksichtigen auch prozess-spezifische Merkmale, etwa dass innerhalb einer Prozessinstanz verschiedene Aktivitäten am selben Ort ausgeführt werden müssen.

## 1 Einleitung

Bei der Realisierung *prozesszentrierter Informationssysteme (IS)* werden die Abarbeitungsfolgen von Aktivitäten analysiert, die zur Erledigung bestimmter Aufgaben erforderlich sind. Die Menge der Aktivitäten zur Erledigung einer Aufgabe ist teilgeordnet und wird üblicherweise von mehreren Akteuren ausgeführt. Im Idealfall kann ein solches IS die Abarbeitung von Prozessen proaktiv unterstützen, indem es etwa die einzelnen Aktivitäten automatisch geeigneten Akteuren zuordnet und die rechtzeitige Erledigung überwacht [Obe05]. Ein Beispiel für einen solchen (Geschäfts-)Prozess wäre etwa die Bearbeitung einer Kundenbestellung, bei der zuerst verschiedene Prüfungen durchzuführen sind (z.B. bzgl. Bonität des Kunden, Verfügbarkeit der gewünschten Ware), und im Falle positiver Ergebnisse die weiteren Aktivitäten für den eigentlichen Versand (Kommissionierung, Druck der Versandpapiere, Prüfung der Sendung, Verpacken & Verladen) durchgeführt werden.

Viele in der Praxis zu findende Prozesse beinhalten Aktivitäten, die typischerweise außerhalb der Reichweite von stationären Computersystemen durchgeführt werden, z.B. Tätigkeiten vor Ort bei Kunden wie Beratung, Wartung, Auftragsakquise oder Datenerfassung. Dank der Fortschritte auf dem Gebiet der *mobilen Technologien* können auch Prozesse mit solchen mobilen Aktivitäten durchgehend von IS unterstützt werden. Zu den mobilen Technologien zählen neben den verschiedenen Arten von mobilen Computern (z.B. Smartphones und Netbooks) auch drahtlose Datenkommunikation (z.B. WLAN oder UMTS) und Ortungssysteme (z.B. GPS oder Zellortung in Mobilfunknetzen). Ein *mobiler Prozess* liegt dann vor, wenn er mindestens eine Aktivität umfasst, die unter Verwendung eines

mobilen Computers ausgeführt wird.

Um den spezifischen Merkmalen solcher Prozesse gerecht zu werden, sind besondere Modellierungsansätze notwendig. Im vorliegenden Beitrag wird deshalb das Konzept der „Ortseinschränkungen“ (OE) eingeführt, mit dem Aussagen über den Ausführungsort einzelner Aktivitäten in einem Prozess gemacht werden können. Damit wird die Mobilität der Akteure und somit das besondere Merkmal dieser Art von Prozessen adressiert. Diese OE werden auf mit Petri-Netzen dargestellten Prozessmodellen angewendet.

Die Idee ortsabhängiger Zugriffskontrolle für mobile Informationssysteme wird von einigen Arbeiten aufgegriffen (z.B. [DBP07]), die sich aber auf Modelle ohne Prozesswissen beschränken. In den meisten Arbeiten wird dabei eine Erweiterung der „Role-based Access Control“ (RBAC) um ortsabhängige Elemente vorgenommen, z.B. in der Form, dass komplette Rollen oder einzelne Berechtigungen „ausgeschaltet“ werden, wenn sich der jeweilige Nutzer außerhalb eines festgelegten Gebiets befindet. Prozess-spezifische Beschränkungen – wie etwa, dass zwei Aktivitäten innerhalb einer Prozessinstanz am selben Ort ausgeführt werden müssen – können mit solchen Modellen nicht abgebildet werden.

Die Definition und Durchsetzung von Ortseinschränkungen für bestimmte Aktivitäten kann durch Sicherheitsaspekte motiviert sein: die Gefahr des Missbrauchs eines abhanden gekommenen mobilen Computers durch den Dieb oder unehrlichen Finder kann reduziert werden, wenn bspw. bestimmte Funktionen außerhalb des Firmengeländes oder anderer Orte gesperrt wird. Das Ausspähen von Daten „über die Schulter“ wird verhindert, wenn OE verbieten, sensitive Daten an öffentlichen Orten abzurufen. Kann der mobile Computer zur Fernsteuerung stationärer Anlagen (z.B. Gebäude- oder Hörsaaltechnik) verwendet werden, so soll dies nur möglich sein, wenn der Akteur sich in unmittelbarer Nähe zu der Anlage befindet. Weiter kann es Compliance-Anforderungen geben, die mit OE durchgesetzt werden können, wenn etwa bestimmte Software-Funktionen aus Lizenzgründen nur innerhalb bestimmter Bereiche verwendet werden dürfen („Campus-Lizenz“) oder Mitarbeiter die Anwesenheit an einem bestimmten Ort nachweisen müssen. Aber auch Usability-Aspekte können OE motivieren, wenn an bestimmten Orten irrelevante Daten und Optionen automatisch verborgen werden, um so die Interaktion mit der ohnehin eingeschränkten Nutzerschnittstelle mobiler Computer zu vereinfachen.

Der verbleibende Teil des vorliegenden Artikels ist wie folgt gegliedert: Im nächsten Abschnitt werden zunächst die für das Verständnis erforderlichen Grundlagen aus dem Bereich der Petri-Netze vorgestellt. Aufbauend hierauf können dann in Abschnitt 3 verschiedene Arten von Ortseinschränkungen eingeführt und anhand von Petri-Netzen formal definiert werden; dies schließt auch die Beschreibung eines geeigneten Ortsmodells ein. Zur Demonstration der Anwendung der vorgeschlagenen Modellierungstechnik werden in Abschnitt 4 zwei zusammenhängende Prozesse vorgestellt. In Abschnitt 5 werden Arbeiten anderer Autoren vorgestellt, die mit dem hier vorgestellten Ansatz verwandt sind, bevor der Artikel mit einem Fazit in Abschnitt 6 endet.

## 2 Prozessmodellierung mit Petri-Netzen

Petri-Netze sind ein grafischer Formalismus zur Beschreibung von Abläufen und Systemen [Rei10]. In der Angewandten Informatik werden Petri-Netze u.a. zur Modellierung von Geschäftsprozessen eingesetzt. Gegenüber anderen üblicherweise für die Prozessmodellierung eingesetzten Notationen wie UML Aktivitätendiagrammen, Ereignisgesteuerten Prozessketten oder der „Business Process Modeling Notation“ (BPMN) zeichnen sich Petri-Netze durch ihre mathematische Fundierung aus. Wir verzichten in diesem Papier allerdings soweit wie möglich auf formale Definitionen und beschränken uns auf aussagekräftige Beispiele.

In Abbildung 1 ist ein Petri-Netz, oder genauer ein sog. „Stellen-Transitionen-Netz“, abgebildet: Ein solches Netz ist ein gerichteter Graph mit zwei Arten von Knoten: „Stellen“ werden als Kreise und „Transitionen“ als Vierecke dargestellt. Pfeile verbinden Stellen mit Transitionen bzw. Transitionen mit Stellen. Stellen können Marken — dargestellt durch schwarze Punkte — enthalten, sind also als „Behälter anonymer Objekte“ interpretierbar. Die Transitionen stellen Aktivitäten oder Vorgänge dar; eine Transition kann „ausgeführt“ werden, was als „Schalten“ bezeichnet wird, wenn alle Eingangsstellen mindestens eine Marke enthalten. Das Schalten selbst ist ein atomarer Vorgang, bei dem aus jeder Eingangsstelle eine Marke entfernt wird und in jede Ausgangsstelle eine Marke eingefügt wird. In Abbildung 1 könnte etwa die Transition  $t_4$  schalten, da in jeder ihrer beiden Eingangsstellen  $s_3$  und  $s_4$  sich jeweils eine Marke befindet. Aber auch eine der beiden Transitionen  $t_2$  und  $t_3$  könnte schalten, da sich in der gemeinsamen Eingangsstelle  $s_2$  eine Marke befindet. Welcher Schaltvorgang zuerst ausgeführt wird ist nicht vorgegeben. Da bei der gegebenen Markierung nur eine der beiden Transitionen  $t_2$  und  $t_3$  schalten kann, konkurrieren diese beiden Transitionen um die Marke in  $s_2$ .

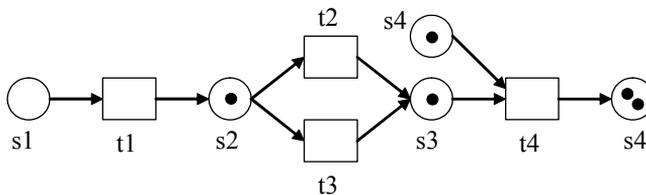


Abbildung 1: Beispiel für ein Stellen-Transitionennetz mit Marken

Bei sog. „höheren Petri-Netzen“ sind die Marken keine anonymen sondern unterscheidbare Objekte. Ein Beispiel für höhere Netze sind „Prädikate/Transitionen-Netze“ (PrT-Netze) [GL81], bei denen die Stellen Relationsschemata (Prädikate) repräsentieren. Die einzelnen „Marken“ können also als Datensätze in einer Tabelle aufgefasst werden. Einer Transition kann ein optionaler prädikatenlogischer Ausdruck zugewiesen werden, der zusätzlich erfüllt sein muss, damit die Transition „aktiviert“ wird und schalten kann.

In Abbildung 2 ist ein Beispiel für eine Transition in einem PrT-Netz zu sehen: es gibt die drei Stellen „Bestellungen“, „Teilelager“ und „Pack-Aufträge“, deren zugehörige Re-

lation jeweils in Form einer Tabelle wiedergegeben sind. Eine Bestellung besteht aus einer Bestellnummer und umfasst immer genau ein Teil, das durch die Angabe der Teile-Nummer spezifiziert wird. In der Tabelle „Teilelager“ ist für jeden belegten Lagerplatz angegeben, welche Teile-Nummer das dort gelagerte Teil hat; in jedem Lagerplatz kann sich höchstens ein Teil befinden. Die Transition „Packauftrag erzeugen“ entnimmt aus jeder der beiden Eingangstabellen je einen Datensatz (Tupel); hierzu sind die Eingangspfeile mit Variablen-tupeln beschriftet, deren Wertigkeit der Anzahl der Spalten der zugehörigen Stelle entsprechen muss. Diese Transition trägt auch einen einfachen prädikatenlogischen Ausdruck ( $b = c$ ) der fordert, dass die Teile-Nummern der aus den beiden Stellen entnommenen Datensätzen übereinstimmen. Wenn diese Transition schaltet, dann werden die beiden Datensätze aus den Eingangsstellen entfernt und es wird ein neuer Datensatz in der Ausgangsstelle „Pack-Aufträge“ eingefügt: jeder Datensatz in dieser Tabelle gibt Auskunft darüber, auf welchen Lagerplatz für die Erfüllung eines Auftrags zugegriffen werden muss.

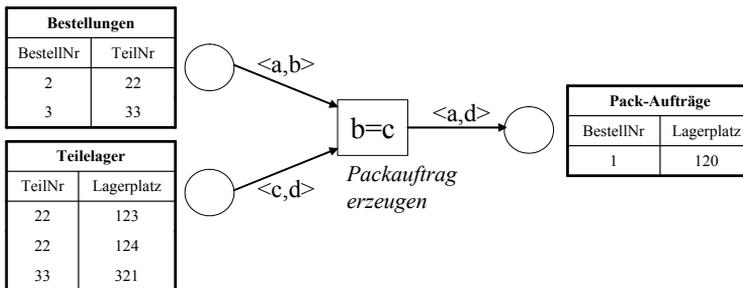


Abbildung 2: Beispiel für ein PrT-Netz

### 3 Ortseinschränkungen

#### 3.1 Ortsmodell

Bevor die verschiedenen Formen von Ortseinschränkungen (OE) eingeführt werden können, muss erst noch das zugrunde liegende Ortsmodell beschrieben werden. Ein Ortsmodell ist ein spezielles Datenmodell zur Beschreibung räumlicher Daten, die im vorliegenden Fall auf zwei Dimensionen beschränkt sind. Es können also keine übereinander liegenden Orte (z.B. mehrere Stockwerke in einem Gebäude) abgebildet werden; die Erweiterung des folgenden Modells auf drei Dimensionen ist aber einfach möglich.

Der aktuelle Aufenthaltsort eines (mobilen) Akteurs wird als Punkt angenommen, der etwa über GPS- oder Zell-ID-Ortung festgestellt wird. Flächen werden durch Polygone mit mindestens drei Eckpunkten beschrieben, wobei es nicht zulässig ist, dass sich zwei Linien eines Polygons überkreuzen – es muss sich also um „einfache Polygone“ handeln.

Jedes Polygon ist genau einem Ortstyp zugeordnet. Ortstypen stellen eine Schema-Ebene zur Klassifikation der durch die Polygone beschriebenen Orte dar. Beispiele für Ortstypen könnten etwa „Land“ oder „Stadt“ sein, aber auch anwenderspezifische Typen wie „Abteilung“ oder „Verkaufsbezirk“ sind denkbar. Jedes Polygon kann als (Orts-)Instanz des zugehörigen Ortstyps aufgefasst werden, wobei es nie zwei Instanzen des gleichen Ortstyps geben kann, die den selben Punkt beinhalten. Dieser Ansatz findet sich auch in der „Geographic Markup Language“ (GML) in Form von „Features“, die immer genau einem „Feature-Type“ zugeordnet sind [Bur06]. Auch in gängigen Geo-Informationssystemen (GIS) findet sich dieser Ansatz in Form verschiedener „Ebenen“ (Layer), die nur Objekte eines Typs enthalten (z.B. Layer1: „bebaute Flächen“; Layer2: „Gewässer“). Für die Formulierung der Transitionsinschriften werden noch einige Prädikate, Funktionen und Konstanten für die Arbeit mit räumlichen Daten benötigt:

- Die Funktion  $getPos(pid)$  liefert die aktuelle Position des aktuellen Akteurs als Punkt im zweidimensionalen Raum zurück. Rein technisch entspricht dies der Abfrage der Ortung (etwa GPS-Empfänger oder Fremddortungssystem). Als Argument muss dieser Funktion die *Prozess-ID (PID)* der aktuellen Prozessinstanz übergeben werden, z.B.  $getPos(123)$ .
- Ortsinstanzen sind Konstanten, deren Bezeichner vollständig in Grossbuchstaben geschrieben sind, z.B. *BERLIN*, *DEUTSCHLAND* oder *LAGERHALLE3*. Eine weitere Ortsinstanz namens *WORLD* beinhaltet die komplette Referenzfläche, d.h. jede andere Ortsinstanz ist komplett in *WORLD* enthalten.
- Das Prädikat  $liegtIn(x, L)$  liefert genau dann den Wert „True“, wenn die Position  $x$  sich innerhalb der Ortsinstanz  $L$  befindet, z.B.  $liegtIn(getPos(123), BERLIN)$ .
- Ortstypen sind ebenfalls Konstanten, aber die Bezeichner werden mit einem „T\_“ für „Typ“ eingeleitet, z.B.  $T\_VERKAUFSBEZIRK$  oder  $T\_STADT$ .
- Die Funktion  $getOInstanz(x, t)$  liefert eine Ortsinstanz vom Typ  $t$  zurück, die die aktuelle Aufenthaltsposition  $x$  des Akteurs beinhaltet. Der folgende Ausdruck liefert bspw. die Ortsinstanz zurück, in der sich der aktuelle Akteur der Prozessinstanz 123 gerade aufhält:  $getOInstanz(getPos(123), T\_STADT)$ .

### 3.2 Direkte Ortseinschränkungen

Ortseinschränkungen sind Aussagen darüber, wo eine bestimmte Prozessaktivität *ausgeführt werden muss* (positive Einschränkung) oder *nicht ausgeführt werden darf* (negative Einschränkung). Negative Einschränkungen sind vor allem dann von Vorteil, wenn es einfacher ist, explizit alle Ortsinstanzen aufzuzählen, an denen eine Aktivität verboten ist, als alle, wo sie zulässig ist; dies kann etwa dann gegeben sein, wenn eine bestimmte Aktivität nur in einigen wenigen Ländern nicht ausgeführt werden darf, z.B. weil dort Industriespionage zu befürchten ist oder die nationale Gesetzgebung die Durchführung dieser Aktivität nicht gestattet (z.B. weil hierzu der Einsatz von kryptographischen Methoden notwendig wäre).

In Abbildung 3 ist die positive Ausprägung einer direkten OE zu finden: die Aktivität „Auftrag erfassen“ darf nur innerhalb der Ortsinstanz „Berlin“ ausgeführt werden. Dies ist im linken Teil der Zeichnung vereinfacht dargestellt: ein Parallelogramm mit dem Bezeichner der Ortsinstanz zeigt mit einem gestrichelten Pfeil auf die eingeschränkte Transition, wobei auf dem Pfeil in einem Kreis der „Modus“ (positive Einschränkung) durch ein „=“ angegeben ist. OE werden durch gestrichelte Pfeile Transitionen zugewiesen, wobei diese Pfeile *KEINE* Marken transportieren können. Die Transition in diesem Beispiel hat jeweils eine Ein- und eine Ausgangsstelle, deren Schemata nur die Prozess-ID einer Prozessinstanz beschreiben.

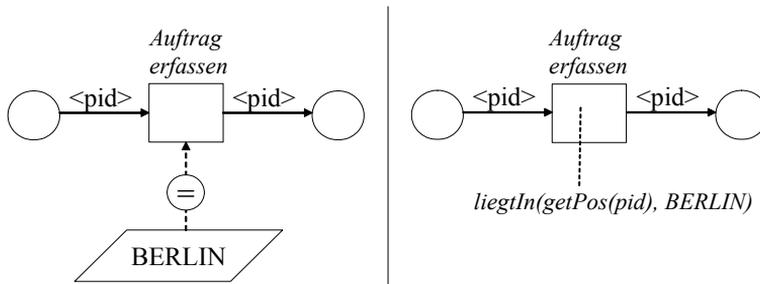


Abbildung 3: Direkte Ortseinschränkung

Im rechten Teil der Abbildung 3 ist diese direkte OE als Prädikat für die Transition formuliert: der Ausdruck  $liegtIn(getPos(pid), BERLIN)$  fragt zunächst mit der Funktion  $getPos()$  den aktuellen Ort des aktuellen Akteurs ab und überprüft dann mit dem Prädikat  $liegtIn()$ , ob sich dieser Ort innerhalb der Ortsinstanz *BERLIN* befindet; nur wenn dies der Fall ist gibt der Ausdruck den Wert „TRUE“ und die Transition kann schalten.

Die Idee von Ortseinschränkungen für einzelne Aktivitäten in Prozessmodellen im Fall von UML Aktivitätsdiagrammen findet sich auch in [HK09]: die abgerundeten Rechtecke, die eine Aktivität in UML repräsentieren, werden mit jeweils einem kleinen Quadrat gekennzeichnet, das den Bezeichner des zulässigen Orts enthält; negative OE sind nicht vorgesehen. Da jede Aktivität diese Dekoration erhält, müssen Aktivitäten ohne Einschränkung mit einem „\*“ gefüllt werden. Weiter beschreibt dieser Ansatz kein Ortsmodell und sieht auch keine weiteren Ortseinschränkungen für das Prozessmodell vor.

### 3.3 Indirekte Ortseinschränkungen

Bei den im letzten Abschnitt beschriebenen direkten OE wurden zur *Entwurfszeit* des Prozessmodells die konkreten Ortsinstanzen festgelegt, an denen einzelne Aktivitäten ausgeführt werden müssen oder nicht dürfen. Es sind aber auch Fälle denkbar, in denen sich erst zur *Laufzeit* des Prozesses bestimmen lässt, an welchen Orten eine Aktivität ausgeführt werden darf. In diesem Fall kann im Prozessgraph dann nur dargestellt werden, wie sich der konkrete Ort bestimmen lässt. Eine solche Ortseinschränkung wird daher als „indirekt“

bezeichnet. Direkte OE legen daher Einschränkungen auf der Schema-Ebene des Prozesses fest, während indirekte OE dies auf Instanzenebene tun.

### 3.3.1 Ortsregeln: selber Ort

Der von uns derzeit primär verfolgte Ansätze für indirekte OE sind sog. „Ortsregeln“ (OR): hierbei wird in Abhängigkeit des tatsächlichen Ausführungsortes einer vorangegangenen (Quell-)Aktivität eine OE für eine Zielaktivität festgelegt. Es gibt positive OR, die fordern, dass die Zielaktivität am selben Ort ausgeführt wird wie die Quellaktivität (Ortsbindung); eine negative OR hingegen verbietet, dass die Zielaktivität am selben Ort ausgeführt wird wie die Quellaktivität (Ortstrennung).

Diese beiden Formen von OR entstehen durch die Übertragung der beiden bekannten Sicherheitsprinzipien „*Separations of Duties*“ (SoD) und „*Binding of Duties*“ (BoD), die ein wesentliches Merkmal spezieller Zugriffskontrollmodelle für Workflow-Systeme sind (z.B. [WBK03]). Bei SoD wird gefordert, dass zwei Aktivitäten innerhalb einer Prozessinstanz von unterschiedlichen Akteuren ausgeführt werden; z.B. darf der Akteur, der einen Genehmigungsworkflow gestartet hat, nie die Aktivität „Entscheidung treffen“ ausführen. BoD hingegen fordert, dass zwei Aktivitäten innerhalb derselben Prozessinstanz auch vom selben Akteur ausgeführt werden, etwa um Kunden einen einheitlichen Ansprechpartner zu bieten („One face to the customer“); wenn Akteur X als die Aktivität „Kundenanfrage entgegennehmen“ ausgeführt hat, dann muss er für diese Prozessinstanz auch die Aktivität „Antwort an Kunde mitteilen“ ausführen. OR ergeben sich, wenn bei SoD und BoD anstelle der Trennung bzw. Bindung des Akteurs für eine Aktivität die Ausführungsorte für verschiedene Prozessinstanzen getrennt bzw. gebunden werden; in Anlehnung an die Begriffe SoD und BoD kann man deshalb auch von „Separation of Locations“ und „Binding of Locations“ sprechen.

Ortsbindungen sind oft motiviert durch verschiedene Feldaktivitäten mobiler Arbeiter, die nur am selben Ort sinnvoll sind; etwa kann die Aktivität „Reparatur“ nur dort durchgeführt werden, wo auch die ursprüngliche Inspektion stattgefunden hat. Solche OR können auch helfen, Verwechslungen von gleichartigen Anlagen zu vermeiden. Eine Ortstrennung kann bspw. dadurch motiviert sein, dass gewährleistet werden soll, dass Aktivitäten von räumlich getrennten Akteuren ausgeführt werden, damit diese sich nicht persönlich kennen und deshalb bei Fehlern gegenseitig decken; oder um bei Stichproben die erforderliche Streuung zu erzwingen.

Es muss jetzt noch präzisiert werden, was der „selbe Ort“ ist: handelt es sich hierbei um dasselbe Gebäude oder dasselbe Land? Zur Spezifikation dieser Granularität des Ortes wird ein Ortstyp genannt, z.B. *T\_PARZELLE*, wenn Quell- und Zielaktivität in derselben Parzelle stattfinden sollen.

Im linken Teil von Abbildung 4 ist eine positive OR abgebildet: die durch die Transition  $t1$  repräsentierte Aktivität soll das Grundstück (Ortsinstanz) bestimmen, an dem auch die später folgende Aktivität  $t2$  durchgeführt wird. Wieder ist die OE durch einen gestrichelten Pfeil dargestellt, der von der Quellaktivität auf die Zielaktivität zeigt. Auf diesem Pfeil ist wie bei direkten OE der Modus in einem Kreis eingetragен; an diesen Kreis an-

gebracht ist auch ein Rechteck, welches den Bezeichner des Ortstyps für die Spezifikation der Granularität trägt.

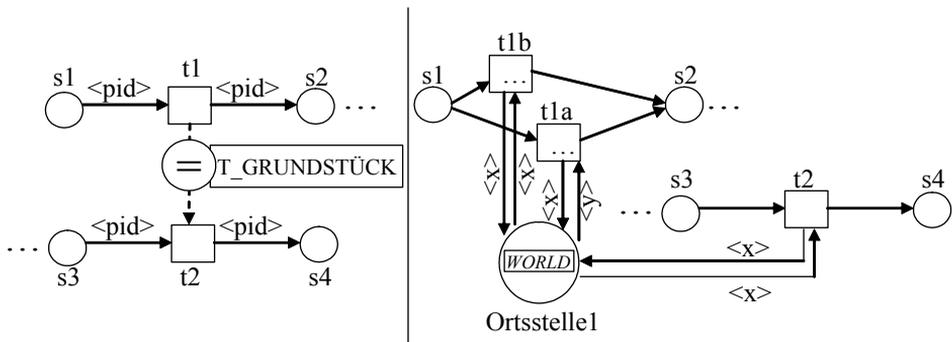


Abbildung 4: Indirekte Ortseinschränkung

Um diese OR mit einem PrT-Netz zu formalisieren, wird die Transition  $t1$  durch zwei Transitionen  $t1a$  und  $t1b$  ersetzt. Dies ist rechts in Abbildung 4 dargestellt, wobei der Übersichtlichkeit wegen auf die Beschriftung der Pfeile mit „ $\langle pid \rangle$ “ verzichtet wurde. Zur Speicherung des Ortes wird eine Ortsstelle eingeführt, die initial die Ortsinstanz  $WORLD$  enthält, so dass der Ausführungsort von  $t2$  zunächst überhaupt nicht eingeschränkt ist. Die Zielaktivität  $t2$  darf nur schalten, wenn sich der Akteur innerhalb der in der Ortsstelle gespeicherten Ortsinstanz befindet, was durch die folgende Transitionsinschrift für  $t2$  festgelegt wird:  $liegtIn(getPos(pid), x)$ . Da beide Pfeile, die  $t2$  mit der Ortsstelle verbinden, mit „ $\langle x \rangle$ “ beschriftet sind, ändert ein Schalten von  $t2$  nicht den Inhalt der Ortsstelle, die Ortseinschränkung wird also nicht „verbraucht“, sondern nur gelesen.

Die Transition  $t1a$  soll nur bei der allerersten Ausführung der Quellaktivität schalten, dann aber in der Ortsstelle  $WORLD$  durch die Ortsinstanz ersetzen, die dem Grundstück entspricht, in dem sich der Akteur gerade befindet. Wir formulieren deshalb folgende Transitionsinschrift für  $t1a$ :

$$y = WORLD \wedge x = getOInstanz(getPos(pid), T\_GRUNDSTÜCK)$$

Bei allen folgenden Ausführungen der Quellaktivität soll  $t1b$  schalten, welche den Inhalt der Ortsstelle nicht ändert. Die Inschrift für diese Transition lautet deshalb:  $x \neq WORLD$ .

### 3.3.2 Ortsregeln mit Zuordnungslisten

Ortsregeln können auch dann zum Einsatz kommen, wenn der Quell- und Zielort *nicht* identisch sind. Unser Ansatz sieht deshalb auch OR vor, die sog. Zuordnungslisten verwenden, mit denen jedem Quellort ein Zielort zugeordnet wird. Die durch diese Liste beschriebene Zuordnung muss nicht injektiv sein, es kann also vorkommen, dass zwei oder

mehr Quellorte auf den gleichen Zielort abgebildet werden. Mit dieser Art von OR lassen sich also Regeln der Art „wenn Aktivität  $A1$  an Ort  $O1$  ausgeführt wird, dann muss Aktivität  $A2$  an  $O2$  ausgeführt werden“ (mit  $O1 \neq O2$ ) formulieren. Ein Anwendungsfall hierfür ist die Formulierung von regionalen Zuständigkeiten, bei denen die aus einem bestimmten Gebiet eingegangenen Aufträge in einer bestimmte Filiale bearbeitet werden müssen.

Abbildung 5 befasst sich mit dieser Art von OE. Im linken Teil ist die informelle Notation dargestellt: der gestrichelte Pfeil dieser OR ist mit einem Kreis gekennzeichnet, der einen Implikationspfeil ( $\Rightarrow$ ) trägt. Anstelle eines Ortstyps ist der Bezeichner der Zuordnungsliste angegeben, der in einem Rechteck mit einer „Wellenlinie“ als untere Seite enthalten ist. Der rechte Teil von Abbildung 5 zeigt die Darstellung dieser OR als PrT-Netz: für die Zuordnungsliste  $L\_LISTE1$  gibt es eine eigene Stelle, neben der auch einige Einträge aufgeführt sind, wobei die linke Spalte die Quell- und die rechte die Zielorte enthält. Aus Platzgründen kann die Zielaktivität in Form von Transition  $t2$  nicht dargestellt werden. Abgesehen hiervon unterscheidet sich die Darstellung nur durch die zwei Pfeile zwischen  $t1a$  und der Stelle für die Liste. Diese Transition kann nur schalten, wenn die Ortsstelle noch den initialen Wert „WORLD“ beinhaltet. Beim Schalten wird aus der Zuordnungsliste das Tupel „ $\langle a, b \rangle$ “ entfernt (und gleich wieder eingefügt), bei dem  $a$  den Aufenthaltsort des Akteurs enthält. Die Inschrift von  $t1a$  lautet deshalb wie folgt:

$$y = WORLD \wedge liegtIn(getPos(pid), a)$$

Wenn unter Erfüllung dieses Ausdrucks die Transition schaltet, dann enthält die Variable  $b$  den entsprechenden Zielort, der in die Ortsstelle eingefügt wird.

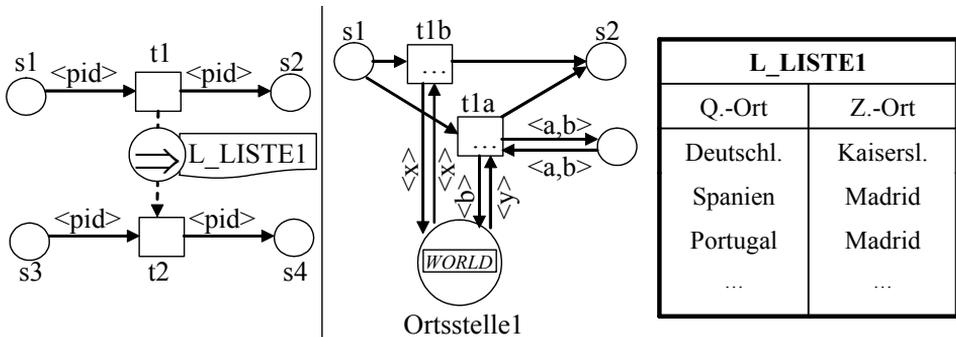


Abbildung 5: Ortsregel mit Zuordnungsliste

### 3.3.3 Abgekürzte Schreibweisen

Es sollen noch zwei abkürzende Schreibweise für OE beschrieben werden, die in Abbildung 6 dargestellt sind: Im linken Teil hat die mit „Entnahme“ beschriebene Transition eine direkte OE, mit den beiden Ortsinstanzen  $HALLE1$  und  $HALLE2$ . Da es sich um

eine negative OE handelt, darf die Entnahme-Aktivität nicht durchgeführt werden, solange der Akteur sich in einer der beiden Hallen befindet. Die Inschrift für die Transition lautet also wie folgt:

$$\neg(\text{liegtIn}(\text{getPos}(\text{pid}), \text{HALLE1}) \vee \text{liegtIn}(\text{getPos}(\text{pid}), \text{HALLE2}))$$

Im rechten Teil von Abbildung 6 ist eine Ortsregel mit zwei Zielaktivitäten zu sehen. Die OR erzeugt positive Ortseinschränkungen des Ortstyps  $T\_ABTL$ , die also einzelnen Abteilungen in einem Unternehmen entsprechen. Sowohl  $t4$  als auch  $t5$  müssen folglich in der Abteilung ausgeführt werden, in der zuvor auch  $t1$  ausgeführt wurde. Formal wird dies dadurch realisiert, dass beide Transitionen in ihrer Inschrift den Inhalt der von  $t1$  verwalteten Ortsstelle auswerten.

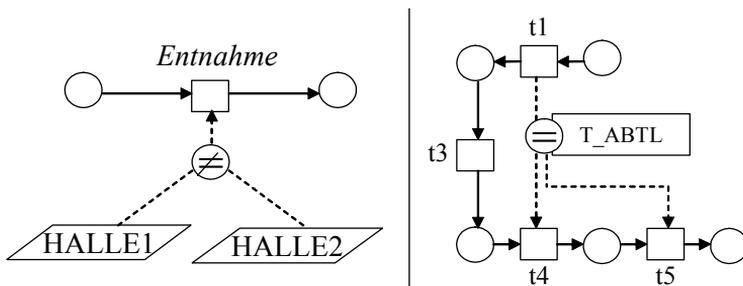


Abbildung 6: Direkte OE mit mehreren Orten (links) und Ortsregel mit zwei Zielaktivitäten (rechts)

## 4 Szenarien

Zur Demonstration der Anwendung der vorgeschlagenen Methode zur Modellierung von mobilen Prozessen mit Ortseinschränkungen wird zunächst die Auslieferung von Ersatzteilen für Fabrikanlagen durch einen spezialisierten Anbieter betrachtet. Dieser Anbieter ist außer in Deutschland auch noch in anderen europäischen Ländern tätig, bietet aber den betrachteten Dienst nur in Deutschland an. Zur Organisation der logistischen Abwicklung hat die Firma Deutschland in Regionen unterteilt. In jeder Region gibt es genau ein Lager sowie mehrere Filialen für die Betreuung der Kunden. Neben der Lieferung von Ersatzteilen bietet die Firma weitere Dienstleistungen wie die Durchführung von Wartungsarbeiten für Fabrikanlagen an, so dass ein über ganz Europa ausgebreitetes Netz an Filialen erforderlich ist, von dem aus Servicetechniker entsendet werden können.

Der betrachtete Prozess ist in Abbildung 7 dargestellt, wobei für die OE aus Platzgründen die vereinfachte Form gewählt wurde. Um die Übersichtlichkeit zu wahren, wurde von den Stellen nur die für „Start“ und „Ende“ beschriftet. Die erste Aktivität ist die Entgegennahme des Anrufs einer Fabrik bei der zuständigen Filiale. In jeder Filiale kann über ein ERP-System noch während des Telefonats festgestellt werden, ob das gewünschte Ersatzteil im zuständigen Regional-Lager aktuell verfügbar ist; ist dies nicht der Fall, so

wird ein hier nicht betrachteter Prozess gestartet, um das Ersatzteil direkt vom Produzenten zur Fabrik zu transportieren. Diese Aktivität wird mit direkten OE auf Filialen in Deutschland beschränkt. Nach der Erfassung der Bestellung in der Filiale wird diese über das Workflow-System des Unternehmens automatisch an das zuständige Lager weitergeleitet. Da die einzelnen Lager immer für eine bestimmte Region zuständig sind, kann mit einer Zuordnungsliste abgeleitet werden, welches Lager zuständig ist. In diesem Lager werden die Ersatzteile kommissioniert und in ein Lieferfahrzeug verladen. Im Idealfall ist die nächste Aktivität eine erfolgreiche Lieferung. Es ist aber auch möglich, dass eine Zustellung nicht möglich ist, weil die Warenannahme der Fabrik nicht besetzt ist oder wegen eines Fehlers die Annahme verweigert wird. In diesem Fall kann eine erneute Lieferung zu einem späterem Zeitpunkt versucht werden; diese muss am selben Ort erfolgen, was durch eine Ortsregel mit „Erfolglose Zustellung“ als Quelle und den beiden Ziel-Transitionen „Erfolgreicher Lieferversuch“ und „Erfolgloser Lieferversuch“ ausgedrückt wird. Nach einem fehlgeschlagenen Lieferversuch kann aber auch entschieden werden, die Lieferung zurück in das Lager zu bringen; eine entsprechende Ortsbindung legt fest, dass dies das Ursprungslager der Ware sein muss. Nachdem die Lieferung im Ursprungslager wieder eingebucht wurde, muss auch der Kunde telefonisch verständigt werden; über eine weitere Ortsregel wird gewährleistet, dass dieser Anruf von der Filiale aus getätigt wird, die auch die ursprüngliche Bestellung erhalten hat. Auch wenn die Lieferung dem Kunden nicht zugestellt werden kann hat dieser die Kosten zu tragen; vor Ende der Prozessinstanz wird also in jedem Fall eine Rechnung erstellt. Dies ist wieder Aufgabe der zuständigen Filiale, was ebenfalls durch eine Ortsregeln definiert ist.

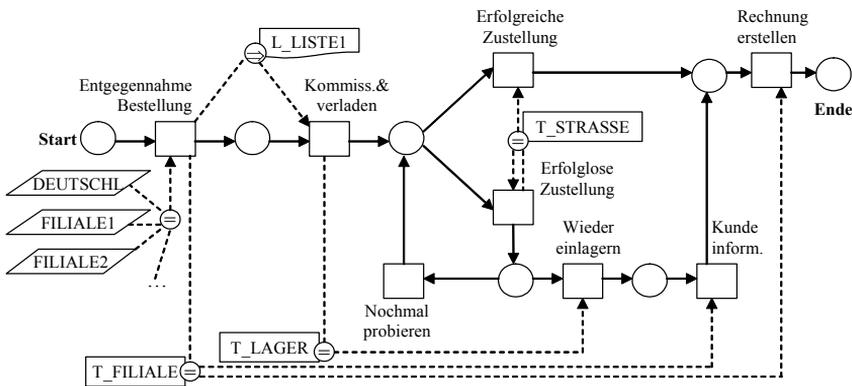


Abbildung 7: Prozessgraph für Szenario „Ersatzteil-Lieferung“

Da dieses Szenario keine negativen OE beinhaltet, soll noch ein weiterer Prozess betrachtet werden (Abbildung 8): der Prozess findet sich in einem multinationalem Unternehmen, welches auf die Durchführung chemischer Analysen spezialisiert ist, worunter auch Bodenproben fallen. Hierzu betreibt es mehrere Labore in verschiedenen europäischen Ländern. Eine Instanz dieses Prozesses beginnt wieder mit der Entgegennahme eines Auftrages. Allerdings ist dies nicht in *LAND1* möglich, da hier aufgrund der starken Konkur-

renzsituation diese Analysedienstleistung nicht zu einem kostendeckenden Preis angeboten werden kann. Es werden dann von Angestellten der Firma von zwei unterschiedlichen Feldern innerhalb einer Gemeinde zwei Bodenproben genommen. Durch zwei Ortsregeln mit unterschiedlichem Modus ist gewährleistet, dass dies innerhalb derselben Gemeinde geschieht, aber auf verschiedenen Feldern. Damit die Qualität der chemischen Analyse gewährleistet ist, werden die Proben 1 und 2 jeweils in A- und B-Probe aufgeteilt, die dann in getrennten Laboren analysiert werden müssen. Die beiden Aktivitäten „A-Probe auswerten“ und „B-Probe auswerten“ sind deshalb mit zwei symmetrischen Ortsregeln versehen, die verhindern, dass die Auswertungen im selben Labor der Firma durchgeführt werden. Es sind hierfür zwei entgegengesetzte OR notwendig, da nicht vorhergesagt werden kann, welche der beiden Analysen zuerst durchgeführt wird. Wenn beide Ergebnisse vorliegen, werden diese konsolidiert. Es kann dann zur letzten Aktivität der Prozessinstanz, nämlich der Erstellung von Bericht und Rechnung, übergegangen werden. Diese Aktivität kann in jeder Niederlassung der Firma erstellt werden, außer solchen, die sich in *LAND2* oder *LAND3* befinden, da hier die notwendige Software aus Kostengründen nicht lizenziert wurde.

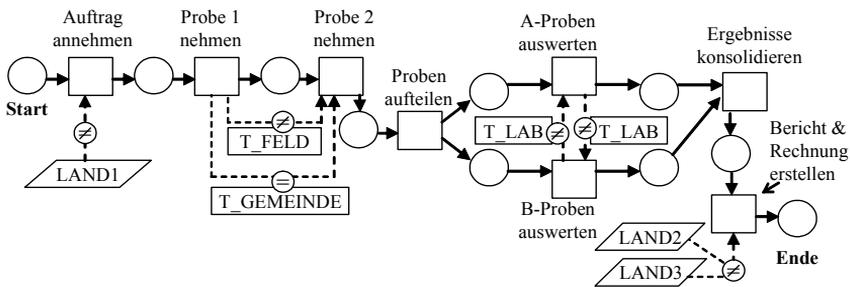


Abbildung 8: Prozessgraph für Szenario „chemische Analyse von Bodenproben“

## 5 Verwandte Arbeiten

Im Workflow-Management gibt es den Ansatz des „Constraint-based Workflow Modelling“ (CBWM, z.B. [SOS05]). Die Einschränkungen (Constraints) bei CBWM machen eine Aussage über die Ablaufreihenfolge der Aktivitäten und nicht über zulässige Ausführungsorte. CBWM wurde entwickelt, um flexiblere Prozesse (z.B. Ausnahmebehandlungen, Sonderwünsche von Kunden) zu ermöglichen. Eine Aktivitätsfolge ist zulässig, solange sie nicht gegen eine der formulierten Einschränkungen verstößt.

In [KMR03] werden Petri-Netze verwendet, bei denen die einzelnen Stellen diskrete Orte (z.B. einen Raum) darstellen. Das Schalten einer Transition entspricht also einer Ortsänderung. Eine solche Stelle kann selbst wieder ein Petri-Netz enthalten, weshalb dieser Ansatz „Nets within Nets“ genannt wird. Die Netze innerhalb einer Stelle repräsentieren

den Zustand eines Haushaltsroboters.

Baumeister et al. beschäftigen sich auch mit der Darstellung von Mobilität in Prozessmodellen [BKKW02]; sie verwenden allerdings Aktivitätendiagramme aus der UML. Ihre Erweiterung dieser Diagramme zielt aber nicht darauf ab, Ortseinschränkungen für die Ausführungen von Aktivitäten zu formulieren, sondern zu modellieren, wie durch Aktivitäten der Ort von physischen Objekten verändert wird. Unter Verwendung dieser Notation müsste die Aktivität „Ersatzteil zustellen“ mit dem Stereotyp «move» ausgezeichnet werden, da durch ihre Ausführung der Ort eines Objekts verändert wird.

In [KG04] wird die „Mobile Landscaping“-Methode vorgestellt, welche u.a. die Darstellung der Verteilungsstruktur von mobilen Prozessen mit elementaren Petri-Netzen beinhaltet. Durch das Unterlegen von Teilen von Petri-Netzen mit Rechtecken wird dargestellt, welche Aktivitäten von welcher Organisation oder von welchen Mitarbeitern ausgeführt werden, Hierauf aufbauend können in einem weiteren Schritt mobile Prozessteile identifiziert werden. Dieser Ansatz beinhaltet aber nicht die Definition von Ortseinschränkungen.

Wenn die Ortung eines mobilen Akteurs Grundlage für eine Zugriffskontrollentscheidung ist, stellt sich die Frage, inwieweit das verwendete Ortungssystem gegen externe und interne Angreifer resistent ist. Verschiedene Ansätze, um solche Location-Spoofing-Angriffe zu verhindern oder zu erkennen, werden in [Dec09] vorgestellt.

Es gibt einige Arbeiten, die spezielle *Workflow-Managementsysteme (WfMS)* mit Unterstützung für mobile Akteure vorschlagen (siehe [DKOS10] für einen Überblick). Eine mobil-spezifische Funktion eines solchen m-WfMS könnte etwa sein, anstehende Aktivitäten einer Prozessinstanz dem Akteur zuzuordnen, der sich gerade in geringster Entfernung zum Ausführungsort befindet; oder die Workflow-Client-Anwendung für den mobilen Computer implementiert Mechanismen, um auch bei zeitweiser Nichtverfügbarkeit der drahtlosen Internetanbindung autark Workflow-Items abarbeiten zu können. Die Idee von OE findet sich in Arbeiten über m-WfMS aber nicht.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Artikel wurde eine auf Petri-Netzen basierende Methode zur Definition von *Ortseinschränkungen (OE)* in Geschäftsprozessmodellen eingeführt. Da der aktuelle Aufenthaltsort eines Nutzers bei der Abarbeitung einer Prozessaktivität der mobilspezifischste Kontextparameter ist, eignet sich diese Methode insbesondere für mobile Geschäftsprozesse.

Auch wenn der vorgeschlagene Ansatz die Definition vielfältiger OE ermöglicht, sind trotzdem noch Geschäftsregeln denkbar, die mit den hier vorgestellten Konstrukten nicht abgebildet werden können, z.B. „wenn Aktivität A1 in L1 und Aktivität A2 in L2 ausgeführt wurde, dann muss A3 in L3 ausgeführt werden“. Als weitere Möglichkeit sind deshalb auch sog. „externe OE“ als Spezialfall indirekter OE vorgesehen, bei denen auf ein externes System verwiesen wird, das zur Laufzeit dann die konkrete OE errechnet. Diese Berechnung kann im externen System von einer im Prinzip beliebigen komplexen Programmlogik durchgeführt werden.

## Literatur

- [BKKW02] Hubert Baumeister, Nora Koch, Piotr Kosiuczenko und Martin Wirsing. Extending Activity Diagrams to Model Mobile Systems. In *Proceedings of NetObjectDays (NOD)*, Seiten 278–293, Erfurt, 2002. Springer-Verlag.
- [Bur06] David S. Burggraf. Geography Markup Language. *Data Science*, 5:178–204, 2006.
- [DBP07] Maria Luisa Damiani, Elisa Bertino und Paolo Perlasca. Data Security in Location-Aware Applications: An Approach Based on RBAC. *International Journal of Information and Computer Security*, 1(1/2):5–38, 2007.
- [Dec09] Michael Decker. Ein Überblick über Ansätze zur Vermeidung der Manipulation von Ortungsverfahren. In *Proceedings zur 4. Konferenz „Mobile und ubiquitäre Informationssysteme“ (GI-MMS 2009)*, Seiten 53–66, Münster, 2009.
- [DKOS10] Michael Decker, Björn Keuter, Andreas Oberweis und Peter Stürzel. Workflow-Management mit Mobile Computing: Ein Überblick. In *Proceedings des Fachgespräch „Ortsbezogene Anwendungen und Dienste“ (2009)*, Seiten 145–154, Bonn, 2010.
- [GL81] Hartmann J. Genrich und Kurt Lautenbach. System Modelling with High-Level Petri Nets. *Theoretical Computer Science*, 13(1):109–136, 1981.
- [HK09] Rattikorn Hewett und Phongphun Kijsanayothin. Location Contexts in Role-based Security Policy Enforcement. In *Proceedings of the 2009 International Conference on Security and Management (SAM'09)*, Seiten 404–410, Las Vegas, Nevada, USA, 2009.
- [KG04] André Köhler und Volker Gruhn. Mobile Process Landscaping am Beispiel von Vertriebsprozessen in der Assekuranz. In *Proceedings der Konferenz MCTA 2004*, Seiten 12–24, Augsburg, 2004.
- [KMR03] Michael Köhler, Daniel Moldt und Heiko Rölke. Modeling Mobility and Mobile Agents Using Nets within Nets. In *Proceedings of ICATPN 2003*, LNCS, Seiten 121–139, Eindhoven, Netherlands, 2003. Springer-Verlag.
- [Obe05] Andreas Oberweis. *Process-Aware Information Systems. Bridging People and Software Through Process Technology*, Kapitel Person-to-Application Processes: Workflow Management, Seiten 21–36. John Wiley & Sons, New York, USA, et al., 2005.
- [Rei10] Wolfgang Reisig. *Petrinetze: Modellierungstechnik, Analysemethoden, Fallstudien*. Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2010.
- [SOS05] Shazia W. Sadiq, Maria E. Orlowska und Wasim Sadiq. Specification and validation of process constraints for flexible workflows. *Information Systems*, 30(5):349–378, 2005.
- [WBK03] Jacques Wainer, Paulo Barthelmess und Akhil Kumar. W-RABC – A Workflow Security Model Incorporating Controlled Overriding of Constraints. *International Journal of Cooperative Information Systems*, 12(4):455–485, 2003.

## *GI-Edition Lecture Notes in Informatics*

- P-1 Gregor Engels, Andreas Oberweis, Albert Zündorf (Hrsg.): Modellierung 2001.
- P-2 Mikhail Godlevsky, Heinrich C. Mayr (Hrsg.): Information Systems Technology and its Applications, ISTA'2001.
- P-3 Ana M. Moreno, Reind P. van de Riet (Hrsg.): Applications of Natural Language to Information Systems, NLDB'2001.
- P-4 H. Wörn, J. Mühling, C. Vahl, H.-P. Meinzer (Hrsg.): Rechner- und sensorgestützte Chirurgie; Workshop des SFB 414.
- P-5 Andy Schürr (Hg.): OMER – Object-Oriented Modeling of Embedded Real-Time Systems.
- P-6 Hans-Jürgen Appelrath, Rolf Beyer, Uwe Marquardt, Heinrich C. Mayr, Claudia Steinberger (Hrsg.): Unternehmen Hochschule, UH'2001.
- P-7 Andy Evans, Robert France, Ana Moreira, Bernhard Rumpe (Hrsg.): Practical UML-Based Rigorous Development Methods – Countering or Integrating the extremists, pUML'2001.
- P-8 Reinhard Keil-Slawik, Johannes Magenheimer (Hrsg.): Informatikunterricht und Medienbildung, INFOS'2001.
- P-9 Jan von Knop, Wilhelm Haverkamp (Hrsg.): Innovative Anwendungen in Kommunikationsnetzen, 15. DFN Arbeitstagung.
- P-10 Mirjam Minor, Steffen Staab (Hrsg.): 1st German Workshop on Experience Management: Sharing Experiences about the Sharing Experience.
- P-11 Michael Weber, Frank Kargl (Hrsg.): Mobile Ad-Hoc Netzwerke, WMAN 2002.
- P-12 Martin Glinz, Günther Müller-Luschnat (Hrsg.): Modellierung 2002.
- P-13 Jan von Knop, Peter Schirmbacher and Viljan Mahni\_ (Hrsg.): The Changing Universities – The Role of Technology.
- P-14 Robert Tolksdorf, Rainer Eckstein (Hrsg.): XML-Technologien für das Semantic Web – XSW 2002.
- P-15 Hans-Bernd Bludau, Andreas Koop (Hrsg.): Mobile Computing in Medicine.
- P-16 J. Felix Hampe, Gerhard Schwabe (Hrsg.): Mobile and Collaborative Business 2002.
- P-17 Jan von Knop, Wilhelm Haverkamp (Hrsg.): Zukunft der Netze – Die Verletzbarkeit meistern, 16. DFN Arbeitstagung.
- P-18 Elmar J. Sinz, Markus Plaha (Hrsg.): Modellierung betrieblicher Informationssysteme – MobIS 2002.
- P-19 Sigrid Schubert, Bernd Reusch, Norbert Jesse (Hrsg.): Informatik bewegt – Informatik 2002 – 32. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) 30.Sept.-3.Okt. 2002 in Dortmund.
- P-20 Sigrid Schubert, Bernd Reusch, Norbert Jesse (Hrsg.): Informatik bewegt – Informatik 2002 – 32. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) 30.Sept.-3.Okt. 2002 in Dortmund (Ergänzungsband).
- P-21 Jörg Desel, Mathias Weske (Hrsg.): Promise 2002: Prozessorientierte Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung von Informationssystemen.
- P-22 Sigrid Schubert, Johannes Magenheimer, Peter Hubwieser, Torsten Brinda (Hrsg.): Forschungsbeiträge zur "Didaktik der Informatik" – Theorie, Praxis, Evaluation.
- P-23 Thorsten Spitta, Jens Borchers, Harry M. Sneed (Hrsg.): Software Management 2002 – Fortschritt durch Beständigkeit
- P-24 Rainer Eckstein, Robert Tolksdorf (Hrsg.): XMIDX 2003 – XML-Technologien für Middleware – Middleware für XML-Anwendungen
- P-25 Key Pousttchi, Klaus Turowski (Hrsg.): Mobile Commerce – Anwendungen und Perspektiven – 3. Workshop Mobile Commerce, Universität Augsburg, 04.02.2003
- P-26 Gerhard Weikum, Harald Schöning, Erhard Rahm (Hrsg.): BTW 2003: Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web
- P-27 Michael Kroll, Hans-Gerd Lipinski, Kay Melzer (Hrsg.): Mobiles Computing in der Medizin
- P-28 Ulrich Reimer, Andreas Abecker, Steffen Staab, Gerd Stumme (Hrsg.): WM 2003: Professionelles Wissensmanagement – Erfahrungen und Visionen
- P-29 Antje Düsterhöft, Bernhard Thalheim (Eds.): NLDB'2003: Natural Language Processing and Information Systems
- P-30 Mikhail Godlevsky, Stephen Liddle, Heinrich C. Mayr (Eds.): Information Systems Technology and its Applications
- P-31 Arslan Brömmme, Christoph Busch (Eds.): BIOSIG 2003: Biometrics and Electronic Signatures

- P-32 Peter Hubwieser (Hrsg.): Informatische Fachkonzepte im Unterricht – INFOS 2003
- P-33 Andreas Geyer-Schulz, Alfred Taudes (Hrsg.): Informationswirtschaft: Ein Sektor mit Zukunft
- P-34 Klaus Dittrich, Wolfgang König, Andreas Oberweis, Kai Rannenberg, Wolfgang Wahlster (Hrsg.): Informatik 2003 – Innovative Informatikanwendungen (Band 1)
- P-35 Klaus Dittrich, Wolfgang König, Andreas Oberweis, Kai Rannenberg, Wolfgang Wahlster (Hrsg.): Informatik 2003 – Innovative Informatikanwendungen (Band 2)
- P-36 Rüdiger Grimm, Hubert B. Keller, Kai Rannenberg (Hrsg.): Informatik 2003 – Mit Sicherheit Informatik
- P-37 Arndt Bode, Jörg Desel, Sabine Rathmayer, Martin Wessner (Hrsg.): DeLFI 2003: e-Learning Fachtagung Informatik
- P-38 E.J. Sinz, M. Plaha, P. Neckel (Hrsg.): Modellierung betrieblicher Informationssysteme – MobIS 2003
- P-39 Jens Nedon, Sandra Frings, Oliver Göbel (Hrsg.): IT-Incident Management & IT-Forensics – IMF 2003
- P-40 Michael Rebstock (Hrsg.): Modellierung betrieblicher Informationssysteme – MobIS 2004
- P-41 Uwe Brinkschulte, Jürgen Becker, Dietmar Fey, Karl-Erwin Großpietsch, Christian Hochberger, Erik Maehle, Thomas Runkler (Edts.): ARCS 2004 – Organic and Pervasive Computing
- P-42 Key Pousttchi, Klaus Turowski (Hrsg.): Mobile Economy – Transaktionen und Prozesse, Anwendungen und Dienste
- P-43 Birgitta König-Ries, Michael Klein, Philipp Obreiter (Hrsg.): Persistence, Scalability, Transactions – Database Mechanisms for Mobile Applications
- P-44 Jan von Knop, Wilhelm Haverkamp, Eike Jessen (Hrsg.): Security, E-Learning, E-Services
- P-45 Bernhard Rumpe, Wolfgang Hesse (Hrsg.): Modellierung 2004
- P-46 Ulrich Flegel, Michael Meier (Hrsg.): Detection of Intrusions of Malware & Vulnerability Assessment
- P-47 Alexander Prosser, Robert Krimmer (Hrsg.): Electronic Voting in Europe – Technology, Law, Politics and Society
- P-48 Anatoly Doroshenko, Terry Halpin, Stephen W. Liddle, Heinrich C. Mayr (Hrsg.): Information Systems Technology and its Applications
- P-49 G. Schiefer, P. Wagner, M. Morgenstern, U. Rickert (Hrsg.): Integration und Datensicherheit – Anforderungen, Konflikte und Perspektiven
- P-50 Peter Dadam, Manfred Reichert (Hrsg.): INFORMATIK 2004 – Informatik verbindet (Band 1) Beiträge der 34. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), 20.-24. September 2004 in Ulm
- P-51 Peter Dadam, Manfred Reichert (Hrsg.): INFORMATIK 2004 – Informatik verbindet (Band 2) Beiträge der 34. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), 20.-24. September 2004 in Ulm
- P-52 Gregor Engels, Silke Seehusen (Hrsg.): DELFI 2004 – Tagungsband der 2. e-Learning Fachtagung Informatik
- P-53 Robert Giegerich, Jens Stoye (Hrsg.): German Conference on Bioinformatics – GCB 2004
- P-54 Jens Borchers, Ralf Kneuper (Hrsg.): Softwaremanagement 2004 – Outsourcing und Integration
- P-55 Jan von Knop, Wilhelm Haverkamp, Eike Jessen (Hrsg.): E-Science und Grid Ad-hoc-Netze Medienintegration
- P-56 Fernand Feltz, Andreas Oberweis, Benoit Otjacques (Hrsg.): EMISA 2004 – Informationssysteme im E-Business und E-Government
- P-57 Klaus Turowski (Hrsg.): Architekturen, Komponenten, Anwendungen
- P-58 Sami Beydeda, Volker Gruhn, Johannes Mayer, Ralf Reussner, Franz Schweiggert (Hrsg.): Testing of Component-Based Systems and Software Quality
- P-59 J. Felix Hampe, Franz Lehner, Key Pousttchi, Kai Ranneberg, Klaus Turowski (Hrsg.): Mobile Business – Processes, Platforms, Payments
- P-60 Steffen Friedrich (Hrsg.): Unterrichtskonzepte für informatische Bildung
- P-61 Paul Müller, Reinhard Gotzhein, Jens B. Schmitt (Hrsg.): Kommunikation in verteilten Systemen
- P-62 Federrath, Hannes (Hrsg.): „Sicherheit 2005“ – Sicherheit – Schutz und Zuverlässigkeit
- P-63 Roland Kaschek, Heinrich C. Mayr, Stephen Liddle (Hrsg.): Information Systems – Technology and its Applications

- P-64 Peter Liggesmeyer, Klaus Pohl, Michael Goedicke (Hrsg.): Software Engineering 2005
- P-65 Gottfried Vossen, Frank Leymann, Peter Lockemann, Wolfried Stucky (Hrsg.): Datenbanksysteme in Business, Technologie und Web
- P-66 Jörg M. Haake, Ulrike Lucke, Djamshid Tavangarian (Hrsg.): DeLFI 2005: 3. deutsche e-Learning Fachtagung Informatik
- P-67 Armin B. Cremers, Rainer Manthey, Peter Martini, Volker Steinhage (Hrsg.): INFORMATIK 2005 – Informatik LIVE (Band 1)
- P-68 Armin B. Cremers, Rainer Manthey, Peter Martini, Volker Steinhage (Hrsg.): INFORMATIK 2005 – Informatik LIVE (Band 2)
- P-69 Robert Hirschfeld, Ryszard Kowalczyk, Andreas Polze, Matthias Weske (Hrsg.): NODE 2005, GSEM 2005
- P-70 Klaus Turowski, Johannes-Maria Zaha (Hrsg.): Component-oriented Enterprise Application (COAE 2005)
- P-71 Andrew Torda, Stefan Kurz, Matthias Rarey (Hrsg.): German Conference on Bioinformatics 2005
- P-72 Klaus P. Jantke, Klaus-Peter Fähnrich, Wolfgang S. Wittig (Hrsg.): Marktplatz Internet: Von e-Learning bis e-Payment
- P-73 Jan von Knop, Wilhelm Haverkamp, Eike Jessen (Hrsg.): "Heute schon das Morgen sehen"
- P-74 Christopher Wolf, Stefan Lucks, Po-Wah Yau (Hrsg.): WEWoRC 2005 – Western European Workshop on Research in Cryptology
- P-75 Jörg Desel, Ulrich Frank (Hrsg.): Enterprise Modelling and Information Systems Architecture
- P-76 Thomas Kirste, Birgitta König-Riess, Key Pousttchi, Klaus Turowski (Hrsg.): Mobile Informationssysteme – Potentiale, Hindernisse, Einsatz
- P-77 Jana Dittmann (Hrsg.): SICHERHEIT 2006
- P-78 K.-O. Wenkel, P. Wagner, M. Morgens-tern, K. Luzi, P. Eisermann (Hrsg.): Land- und Ernährungswirtschaft im Wandel
- P-79 Bettina Biel, Matthias Book, Volker Gruhn (Hrsg.): Softwareengineering 2006
- P-80 Mareike Schoop, Christian Huemer, Michael Rebstock, Martin Bichler (Hrsg.): Service-Oriented Electronic Commerce
- P-81 Wolfgang Karl, Jürgen Becker, Karl-Erwin Großpietsch, Christian Hochberger, Erik Maehle (Hrsg.): ARCS '06
- P-82 Heinrich C. Mayr, Ruth Brey (Hrsg.): Modellierung 2006
- P-83 Daniel Huson, Oliver Kohlbacher, Andrei Lupas, Kay Nieselt and Andreas Zell (eds.): German Conference on Bioinformatics
- P-84 Dimitris Karagiannis, Heinrich C. Mayr, (Hrsg.): Information Systems Technology and its Applications
- P-85 Witold Abramowicz, Heinrich C. Mayr, (Hrsg.): Business Information Systems
- P-86 Robert Krimmer (Ed.): Electronic Voting 2006
- P-87 Max Mühlhäuser, Guido Röbling, Ralf Steinmetz (Hrsg.): DELFI 2006: 4. e-Learning Fachtagung Informatik
- P-88 Robert Hirschfeld, Andreas Polze, Ryszard Kowalczyk (Hrsg.): NODE 2006, GSEM 2006
- P-90 Joachim Schelp, Robert Winter, Ulrich Frank, Bodo Rieger, Klaus Turowski (Hrsg.): Integration, Informationslogistik und Architektur
- P-91 Henrik Stormer, Andreas Meier, Michael Schumacher (Eds.): European Conference on eHealth 2006
- P-92 Fernand Feltz, Benoît Otjacques, Andreas Oberweis, Nicolas Poussing (Eds.): AIM 2006
- P-93 Christian Hochberger, Rüdiger Liskowsky (Eds.): INFORMATIK 2006 – Informatik für Menschen, Band 1
- P-94 Christian Hochberger, Rüdiger Liskowsky (Eds.): INFORMATIK 2006 – Informatik für Menschen, Band 2
- P-95 Matthias Weske, Markus Nüttgens (Eds.): EMISA 2005: Methoden, Konzepte und Technologien für die Entwicklung von dienstbasierten Informationssystemen
- P-96 Saartje Brockmans, Jürgen Jung, York Sure (Eds.): Meta-Modelling and Ontologies
- P-97 Oliver Göbel, Dirk Schadt, Sandra Frings, Hardo Hase, Detlef Günther, Jens Nedon (Eds.): IT-Incident Mangament & IT-Forensics – IMF 2006

- P-98 Hans Brandt-Pook, Werner Simonsmeier und Thorsten Spitta (Hrsg.): Beratung in der Softwareentwicklung – Modelle, Methoden, Best Practices
- P-99 Andreas Schwill, Carsten Schulte, Marco Thomas (Hrsg.): Didaktik der Informatik
- P-100 Peter Forbrig, Günter Siegel, Markus Schneider (Hrsg.): HDI 2006: Hochschuldidaktik der Informatik
- P-101 Stefan Böttinger, Ludwig Theuvsen, Susanne Rank, Marlies Morgenstern (Hrsg.): Agrarinformatik im Spannungsfeld zwischen Regionalisierung und globalen Wertschöpfungsketten
- P-102 Otto Spaniol (Eds.): Mobile Services and Personalized Environments
- P-103 Alfons Kemper, Harald Schöning, Thomas Rose, Matthias Jarke, Thomas Seidl, Christoph Quix, Christoph Brochhaus (Hrsg.): Datenbanksysteme in Business, Technologie und Web (BTW 2007)
- P-104 Birgitta König-Ries, Franz Lehner, Rainer Malaka, Can Türker (Hrsg.) MMS 2007: Mobilität und mobile Informationssysteme
- P-105 Wolf-Gideon Bleek, Jörg Raasch, Heinz Züllighoven (Hrsg.) Software Engineering 2007
- P-106 Wolf-Gideon Bleek, Henning Schwentner, Heinz Züllighoven (Hrsg.) Software Engineering 2007 – Beiträge zu den Workshops
- P-107 Heinrich C. Mayr, Dimitris Karagiannis (eds.) Information Systems Technology and its Applications
- P-108 Arslan Brömme, Christoph Busch, Detlef Hühnlein (eds.) BIOSIG 2007: Biometrics and Electronic Signatures
- P-109 Rainer Koschke, Otthein Herzog, Karl-Heinz Rödiger, Marc Ronthaler (Hrsg.) INFORMATIK 2007 Informatik trifft Logistik Band 1
- P-110 Rainer Koschke, Otthein Herzog, Karl-Heinz Rödiger, Marc Ronthaler (Hrsg.) INFORMATIK 2007 Informatik trifft Logistik Band 2
- P-111 Christian Eibl, Johannes Magenheimer, Sigrid Schubert, Martin Wessner (Hrsg.) DeLFI 2007: 5. e-Learning Fachtagung Informatik
- P-112 Sigrid Schubert (Hrsg.) Didaktik der Informatik in Theorie und Praxis
- P-113 Sören Auer, Christian Bizer, Claudia Müller, Anna V. Zhdanova (Eds.) The Social Semantic Web 2007 Proceedings of the 1<sup>st</sup> Conference on Social Semantic Web (CSSW)
- P-114 Sandra Frings, Oliver Göbel, Detlef Günther, Hardo G. Hase, Jens Nedon, Dirk Schadt, Arslan Brömme (Eds.) IMF2007 IT-incident management & IT-forensics Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on IT-Incident Management & IT-Forensics
- P-115 Claudia Falter, Alexander Schliep, Joachim Selbig, Martin Vingron and Dirk Walther (Eds.) German conference on bioinformatics GCB 2007
- P-116 Witold Abramowicz, Leszek Maciszek (Eds.) Business Process and Services Computing 1<sup>st</sup> International Working Conference on Business Process and Services Computing BPSC 2007
- P-117 Ryszard Kowalczyk (Ed.) Grid service engineering and management The 4<sup>th</sup> International Conference on Grid Service Engineering and Management GSEM 2007
- P-118 Andreas Hein, Wilfried Thoben, Hans-Jürgen Appelrath, Peter Jensch (Eds.) European Conference on ehealth 2007
- P-119 Manfred Reichert, Stefan Strecker, Klaus Turowski (Eds.) Enterprise Modelling and Information Systems Architectures Concepts and Applications
- P-120 Adam Pawlak, Kurt Sandkuhl, Wojciech Cholewa, Leandro Soares Indrusiak (Eds.) Coordination of Collaborative Engineering - State of the Art and Future Challenges
- P-121 Korbinian Herrmann, Bernd Bruegge (Hrsg.) Software Engineering 2008 Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik
- P-122 Walid Maalej, Bernd Bruegge (Hrsg.) Software Engineering 2008 - Workshopband Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik

- P-123 Michael H. Breitner, Martin Breunig, Elgar Fleisch, Ley Pousttchi, Klaus Turowski (Hrsg.)  
Mobile und Ubiquitäre Informationssysteme – Technologien, Prozesse, Marktfähigkeit  
Proceedings zur 3. Konferenz Mobile und Ubiquitäre Informationssysteme (MMS 2008)
- P-124 Wolfgang E. Nagel, Rolf Hoffmann, Andreas Koch (Eds.)  
9<sup>th</sup> Workshop on Parallel Systems and Algorithms (PASA)  
Workshop of the GI/ITG Special Interest Groups PARS and PARVA
- P-125 Rolf A.E. Müller, Hans-H. Sundermeier, Ludwig Theuvsen, Stephanie Schütze, Marlies Morgenstern (Hrsg.)  
Unternehmens-IT: Führungsinstrument oder Verwaltungsbürde  
Referate der 28. GIL Jahrestagung
- P-126 Rainer Gimmich, Uwe Kaiser, Jochen Quante, Andreas Winter (Hrsg.)  
10<sup>th</sup> Workshop Software Reengineering (WSR 2008)
- P-127 Thomas Kühne, Wolfgang Reising, Friedrich Steimann (Hrsg.)  
Modellierung 2008
- P-128 Ammar Alkassar, Jörg Siekmann (Hrsg.)  
Sicherheit 2008  
Sicherheit, Schutz und Zuverlässigkeit  
Beiträge der 4. Jahrestagung des Fachbereichs Sicherheit der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)  
2.-4. April 2008  
Saarbrücken, Germany
- P-129 Wolfgang Hesse, Andreas Oberweis (Eds.)  
Sigsand-Europe 2008  
Proceedings of the Third AIS SIGSAND European Symposium on Analysis, Design, Use and Societal Impact of Information Systems
- P-130 Paul Müller, Bernhard Neumair, Gabi Dreo Rodosek (Hrsg.)  
1. DFN-Forum Kommunikationstechnologien Beiträge der Fachtagung
- P-131 Robert Krimmer, Rüdiger Grimm (Eds.)  
3<sup>rd</sup> International Conference on Electronic Voting 2008  
Co-organized by Council of Europe, Gesellschaft für Informatik and E-Voting.CC
- P-132 Silke Seehusen, Ulrike Lucke, Stefan Fischer (Hrsg.)  
DeLFI 2008:  
Die 6. e-Learning Fachtagung Informatik
- P-133 Heinz-Gerd Hegering, Axel Lehmann, Hans Jürgen Ohlbach, Christian Scheideler (Hrsg.)  
INFORMATIK 2008  
Beherrschbare Systeme – dank Informatik Band 1
- P-134 Heinz-Gerd Hegering, Axel Lehmann, Hans Jürgen Ohlbach, Christian Scheideler (Hrsg.)  
INFORMATIK 2008  
Beherrschbare Systeme – dank Informatik Band 2
- P-135 Torsten Brinda, Michael Fothe, Peter Hubwieser, Kirsten Schlüter (Hrsg.)  
Didaktik der Informatik – Aktuelle Forschungsergebnisse
- P-136 Andreas Beyer, Michael Schroeder (Eds.)  
German Conference on Bioinformatics GCB 2008
- P-137 Arslan Brömme, Christoph Busch, Detlef Hühnlein (Eds.)  
BIOSIG 2008: Biometrics and Electronic Signatures
- P-138 Barbara Dinter, Robert Winter, Peter Chamoni, Norbert Gronau, Klaus Turowski (Hrsg.)  
Synergien durch Integration und Informationslogistik  
Proceedings zur DW2008
- P-139 Georg Herzwurm, Martin Mikusz (Hrsg.)  
Industrialisierung des Software-Managements  
Fachtagung des GI-Fachausschusses Management der Anwendungsentwicklung und -wartung im Fachbereich Wirtschaftsinformatik
- P-140 Oliver Göbel, Sandra Frings, Detlef Günther, Jens Nedon, Dirk Schadt (Eds.)  
IMF 2008 - IT Incident Management & IT Forensics
- P-141 Peter Loos, Markus Nüttgens, Klaus Turowski, Dirk Werth (Hrsg.)  
Modellierung betrieblicher Informationssysteme (MobIS 2008)  
Modellierung zwischen SOA und Compliance Management
- P-142 R. Bill, P. Korduan, L. Theuvsen, M. Morgenstern (Hrsg.)  
Anforderungen an die Agrarinformatik durch Globalisierung und Klimaveränderung
- P-143 Peter Liggesmeyer, Gregor Engels, Jürgen Münch, Jörg Dörr, Norman Riegel (Hrsg.)  
Software Engineering 2009  
Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik

- P-144 Johann-Christoph Freytag, Thomas Ruf, Wolfgang Lehner, Gottfried Vossen (Hrsg.)  
Datenbanksysteme in Business, Technologie und Web (BTW)
- P-145 Knut Hinkelmann, Holger Wache (Eds.)  
WM2009: 5th Conference on Professional Knowledge Management
- P-146 Markus Bick, Martin Breunig, Hagen Höpfner (Hrsg.)  
Mobile und Ubiquitäre Informationssysteme – Entwicklung, Implementierung und Anwendung  
4. Konferenz Mobile und Ubiquitäre Informationssysteme (MMS 2009)
- P-147 Witold Abramowicz, Leszek Maciaszek, Ryszard Kowalczyk, Andreas Speck (Eds.)  
Business Process, Services Computing and Intelligent Service Management  
BPSC 2009 · ISM 2009 · YRW-MBP 2009
- P-148 Christian Erfurth, Gerald Eichler, Volkmar Schau (Eds.)  
9<sup>th</sup> International Conference on Innovative Internet Community Systems  
I<sup>2</sup>CS 2009
- P-149 Paul Müller, Bernhard Neumair, Gabi Dreo Rodosek (Hrsg.)  
2. DFN-Forum  
Kommunikationstechnologien  
Beiträge der Fachtagung
- P-150 Jürgen Münch, Peter Liggesmeyer (Hrsg.)  
Software Engineering  
2009 - Workshopband
- P-151 Armin Heinzl, Peter Dadam, Stefan Kirn, Peter Lockemann (Eds.)  
PRIMIUM  
Process Innovation for Enterprise Software
- P-152 Jan Mendling, Stefanie Rinderle-Ma, Werner Esswein (Eds.)  
Enterprise Modelling and Information Systems Architectures  
Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Int'l Workshop EMISA 2009
- P-153 Andreas Schwill, Nicolas Apostolopoulos (Hrsg.)  
Lernen im Digitalen Zeitalter  
DeLFI 2009 – Die 7. E-Learning Fachtagung Informatik
- P-154 Stefan Fischer, Erik Maehle Rüdiger Reischuk (Hrsg.)  
INFORMATIK 2009  
Im Focus das Leben
- P-155 Arslan Brömme, Christoph Busch, Detlef Hühnlein (Eds.)  
BIOSIG 2009:  
Biometrics and Electronic Signatures Proceedings of the Special Interest Group on Biometrics and Electronic Signatures
- P-156 Bernhard Koerber (Hrsg.)  
Zukunft braucht Herkunft  
25 Jahre »INFOS – Informatik und Schule«
- P-157 Ivo Grosse, Steffen Neumann, Stefan Posch, Falk Schreiber, Peter Stadler (Eds.)  
German Conference on Bioinformatics 2009
- P-158 W. Claupein, L. Theuvsen, A. Kämpf, M. Morgenstern (Hrsg.)  
Precision Agriculture Reloaded – Informationsgestützte Landwirtschaft
- P-159 Gregor Engels, Markus Luckey, Wilhelm Schäfer (Hrsg.)  
Software Engineering 2010
- P-160 Gregor Engels, Markus Luckey, Alexander Pretschner, Ralf Reussner (Hrsg.)  
Software Engineering 2010 – Workshopband  
(inkl. Doktorandensymposium)
- P-161 Gregor Engels, Dimitris Karagiannis Heinrich C. Mayr (Hrsg.)  
Modellierung 2010
- P-162 Maria A. Wimmer, Uwe Brinkhoff, Siegfried Kaiser, Dagmar Lück-Schneider, Erich Schweighofer, Andreas Wiebe (Hrsg.)  
Vernetzte IT für einen effektiven Staat  
Gemeinsame Fachtagung  
Verwaltungsinformatik (FTVI) und  
Fachtagung Rechtsinformatik (FTRI) 2010
- P-163 Markus Bick, Stefan Eulgem, Elgar Fleisch, J. Felix Hampe, Birgitta König-Ries, Franz Lehner, Key Pousttchi, Kai Rannenberg (Hrsg.)  
Mobile und Ubiquitäre Informationssysteme  
Technologien, Anwendungen und Dienste zur Unterstützung von mobiler Kollaboration
- P-164 Arslan Brömme, Christoph Busch (Eds.)  
BIOSIG 2010: Biometrics and Electronic Signatures Proceedings of the Special Interest Group on Biometrics and Electronic Signatures

- P-165 Gerald Eichler, Peter Kropf, Ulrike Lechner, Phayung Meesad, Herwig Unger (Eds.)  
10<sup>th</sup> International Conference on Innovative Internet Community Systems (I<sup>2</sup>CS) – Jubilee Edition 2010 –
- P-166 Paul Müller, Bernhard Neumair, Gabi Dreo Rodosek (Hrsg.)  
3. DFN-Forum Kommunikationstechnologien Beiträge der Fachtagung
- P-167 Robert Krimmer, Rüdiger Grimm (Eds.)  
4<sup>th</sup> International Conference on Electronic Voting 2010  
co-organized by the Council of Europe, Gesellschaft für Informatik und E-Voting.CC
- P-168 Ira Diethelm, Christina Dörge, Claudia Hildebrandt, Carsten Schulte (Hrsg.)  
Didaktik der Informatik  
Möglichkeiten empirischer Forschungsmethoden und Perspektiven der Fachdidaktik
- P-169 Michael Kerres, Nadine Ojstersek, Ulrik Schroeder, Ulrich Hoppe (Hrsg.)  
DeLFI 2010 - 8. Tagung der Fachgruppe E-Learning der Gesellschaft für Informatik e.V.
- P-170 Felix C. Freiling (Hrsg.)  
Sicherheit 2010  
Sicherheit, Schutz und Zuverlässigkeit
- P-171 Werner Esswein, Klaus Turowski, Martin Jührisch (Hrsg.)  
Modellierung betrieblicher Informationssysteme (MobIS 2010)  
Modellgestütztes Management
- P-172 Stefan Klink, Agnes Koschmider, Marco Mevius, Andreas Oberweis (Hrsg.)  
EMISA 2010  
Einflussfaktoren auf die Entwicklung flexibler, integrierter Informationssysteme  
Beiträge des Workshops der GI-Fachgruppe EMISA  
(Entwicklungsmethoden für Informationssysteme und deren Anwendung)
- P-173 Dietmar Schomburg, Andreas Grote (Eds.)  
German Conference on Bioinformatics 2010
- P-174 Arslan Brömmel, Torsten Eymann, Detlef Hühnlein, Heiko Roßnagel, Paul Schmücker (Hrsg.)  
perspeGktive 2010  
Workshop „Innovative und sichere Informationstechnologie für das Gesundheitswesen von morgen“
- P-175 Klaus-Peter Fähnrich, Bogdan Franczyk (Hrsg.)  
INFORMATIK 2010  
Service Science – Neue Perspektiven für die Informatik  
Band 1
- P-176 Klaus-Peter Fähnrich, Bogdan Franczyk (Hrsg.)  
INFORMATIK 2010  
Service Science – Neue Perspektiven für die Informatik  
Band 2
- P-177 Witold Abramowicz, Rainer Alt, Klaus-Peter Fähnrich, Bogdan Franczyk, Leszek A. Maciaszek (Eds.)  
INFORMATIK 2010  
Business Process and Service Science – Proceedings of ISSS and BPSC
- P-178 Wolfram Pietsch, Benedikt Krams (Hrsg.)  
Vom Projekt zum Produkt  
Fachtagung des GI-Fachausschusses Management der Anwendungsentwicklung und -wartung im Fachbereich Wirtschaftsinformatik (WI-MAW), Aachen, 2010
- P-179 Stefan Gruner, Bernhard Rumpe (Eds.)  
FM+AM'2010  
Second International Workshop on Formal Methods and Agile Methods
- P-180 Theo Härder, Wolfgang Lehner, Bernhard Mitschang, Harald Schöning, Holger Schwarz (Hrsg.)  
Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web (BTW) 14. Fachtagung des GI-Fachbereichs „Datenbanken und Informationssysteme“ (DBIS)
- P-181 Michael Clasen, Otto Schätzel, Brigitte Theuvsen (Hrsg.)  
Qualität und Effizienz durch informationsgestützte Landwirtschaft, Fokus: Moderne Weinwirtschaft
- P-182 Ronald Maier (Hrsg.)  
6<sup>th</sup> Conference on Professional Knowledge Management  
From Knowledge to Action
- P-183 Ralf Reussner, Matthias Grund, Andreas Oberweis, Walter Tichy (Hrsg.)  
Software Engineering 2011  
Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik
- P-185 Hagen Höpfner, Günther Specht, Thomas Ritz, Christian Bunse (Hrsg.)  
MMS 2011: Mobile und ubiquitäre Informationssysteme Proceedings zur 6. Konferenz Mobile und Ubiquitäre Informationssysteme (MMS 2011)

The titles can be purchased at:

**Köllen Druck + Verlag GmbH**

Ernst-Robert-Curtius-Str. 14 · D-53117 Bonn

Fax: +49 (0)228/9898222

E-Mail: [druckverlag@koellen.de](mailto:druckverlag@koellen.de)



