



TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ

TopES WS 2008/2009

Interaktives Gebäudeleit- und Infotainmentsystem auf RFID-Basis

DOKUMENTATION

Andreas Tröger
René Queck
Tobias Doerffel

Chemnitz, 20. April 2009

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Problemstellung	3
1.2	Die RFID-Technologie	3
1.3	Anwendungsmöglichkeiten	4
2	Theoretische Grundlagen	5
2.1	Ursprünglicher Ansatz	5
2.2	Kostengünstiger Ansatz	7
3	Realisierung	8
3.1	Datenbank	9
3.2	Administrationsoberfläche	11
3.3	RFID Management Server	13

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

In komplexen Gebäudestrukturen ist es – gerade als organisationsfremde Person – oft nicht einfach, sich zurechtzufinden und schnell und einfach zum gewünschten Ziel zu gelangen. Nicht selten versuchen dabei eine Fülle von Informationsschildern, Umgebungskarten oder Pfeilen die Navigation zu erleichtern. Doch auch dies kann schnell unübersichtlich werden und unter Umständen sogar kontraproduktiv sein.

Abhilfe soll hier ein neuer Ansatz schaffen, der basierend auf der RFID-Technologie Informationen interaktiv und gezielt selektiv ausgibt. Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Entwurf sowie der Umsetzung eines solchen Systems mit den folgenden Schwerpunkten:

- **Personenbezogene Daten an Displays anzeigen**

Vor jedem Raum ist ein Touchdisplay angebracht, welches Informationen für den Passanten zur Verfügung stellt. Dazu gehören beispielsweise zu welcher Fakultät der Raum gehört, welche Personen dort sitzen und ob sie gerade anwesend sind. Ist das nicht der Fall, kann ihr letzter bekannter Standort angezeigt werden.

- **Entwicklung eines Gebäudeleitsystems**

An einem größerem Display, zum Beispiel beim Pförtner, kann ein Besucher den gewünschten Raum auswählen und dank der RFID-Technologie einfach loslaufen. Die Displays an den unmittelbar umliegenden Räumen zeigen Pfeile an, in welche Richtung die Person gehen soll. Dies ermöglicht die sichere Navigation in sehr großen Gebäudekomplexen und lässt noch weitere Einsatzmöglichkeiten zu. Zum Beispiel kann blinden Personen mit Hilfe einer Sprachausgabe an den Displays weiter geholfen werden. Weiterhin ist in Notfallsituationen eine Umleitung um den Gefahrenbereich möglich.

1.2 Die RFID-Technologie

RFID steht für Radio Frequency Identification, zu Deutsch etwa Funkerkennung. Es ist ein technisches System, das es ermöglicht, die Daten von einem sogenannten RFID-Tag zu lesen und zu speichern. Eine Berührung oder ein Sichtkontakt sind dazu nicht erforderlich.¹

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die RFID-Technologie genutzt, um Personen, die mit einem entsprechenden RFID-Chip ausgestattet sind, beim Passieren von so-

¹<http://www.bundestag.de/dasparlament/2007/31/wirtschaftfinanzen/16826821.html>

nannten RFID-Toren (auch RFID-Gates genannt) zu identifizieren. Dies geschieht auf Basis einer 64 Bit langen ID, die auf dem RFID-Chip gespeichert ist. Die RFID-Chips befinden sich auf einer normalen Karte in Scheckkartenform und könnten auch in existierende Karten wie Studenten-/Mitarbeiterausweise integriert werden.

1.3 Anwendungsmöglichkeiten

Das hier vorgestellte interaktive Gebäudeleit- und Infotainmentsystem kann in einer Vielzahl von Umgebungen sinnvoll genutzt werden. Zunächst nur für den Einsatz innerhalb der TU Chemnitz konzipiert, ergaben sich im Laufe der Entwicklung weitere Anwendungsmöglichkeiten. Beispielsweise wäre eine Umsetzung des Systems in Krankenhäusern oder Pflegeheimen denkbar, so dass sich z.B. demenzerkrankte Personen zurechtfinden können. Betroffenen Personen würde dank der mitgeführten RFID-Karte stets der Weg zu ihrem Zimmer gezeigt. Das Pflegepersonal kann zudem an dem entsprechenden Türdisplay ablesen, wo sich die gesuchte Person aktuell befindet.

Bei der Umsetzung war jedoch auch darauf zu achten, nicht gegen geltende Datenschutzbestimmungen zu verstoßen. So wäre eine dauerhafte Speicherung der von einer Person zurückgelegten Wege weder mit hiesigen Datenschutzgesetzen vereinbar noch zweckmäßig oder technisch in irgendeiner Form notwendig. Die Speicherung von Daten beschränkt sich daher lediglich auf das zuletzt passierte RFID-Tor sowie den letzten rechnerisch ermittelten Standort.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Ursprünglicher Ansatz

Die Grundidee war, dass jeder Raum durch einen Knoten und jede Tür durch eine Kante realisiert wird. Wenn man das zum Beispiel auf die erste Etage des Universitätsteils 1 der TU Chemnitz abbildet, funktioniert diese Idee nur, wenn der Flur auch in Teilräume eingeteilt wird.

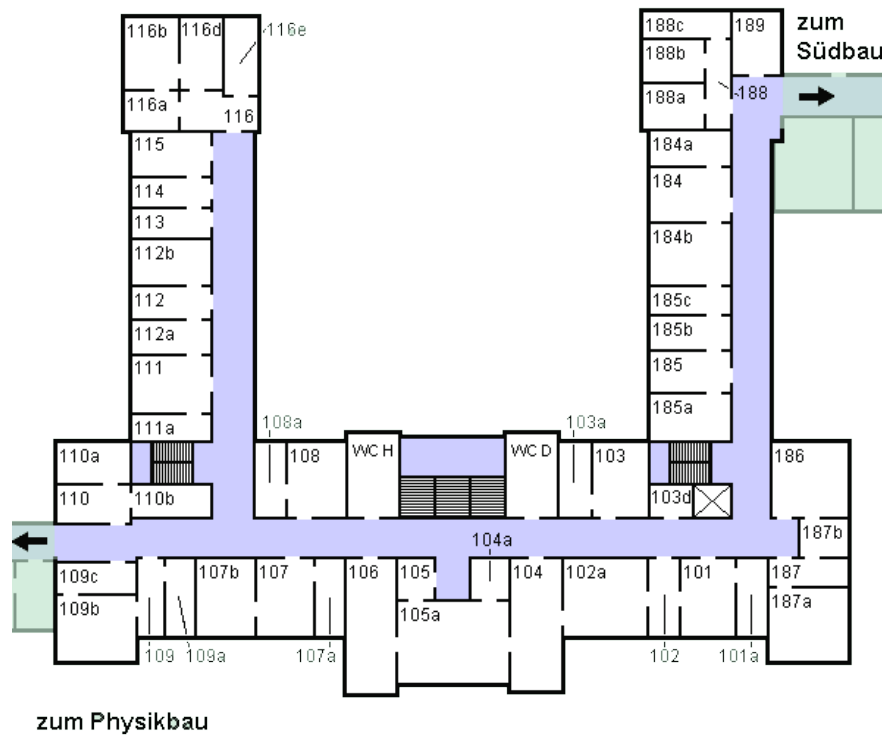


Abbildung 1: Einteilung der Räume im Campusfinder

Da aber in der Realität sowohl aus Kosten- als auch Patentrechtsproblemen nie so viele RFID-Antennen zur Verfügung stehen, war eine Realisierung derart, dass an jeder Abbiegung des Flures eine Antenne steht, nicht möglich. Somit konnte dem Passanten der in Abbildung 2 eingezeichnete grüne Pfeil nicht angezeigt werden.

2.1 Ursprünglicher Ansatz

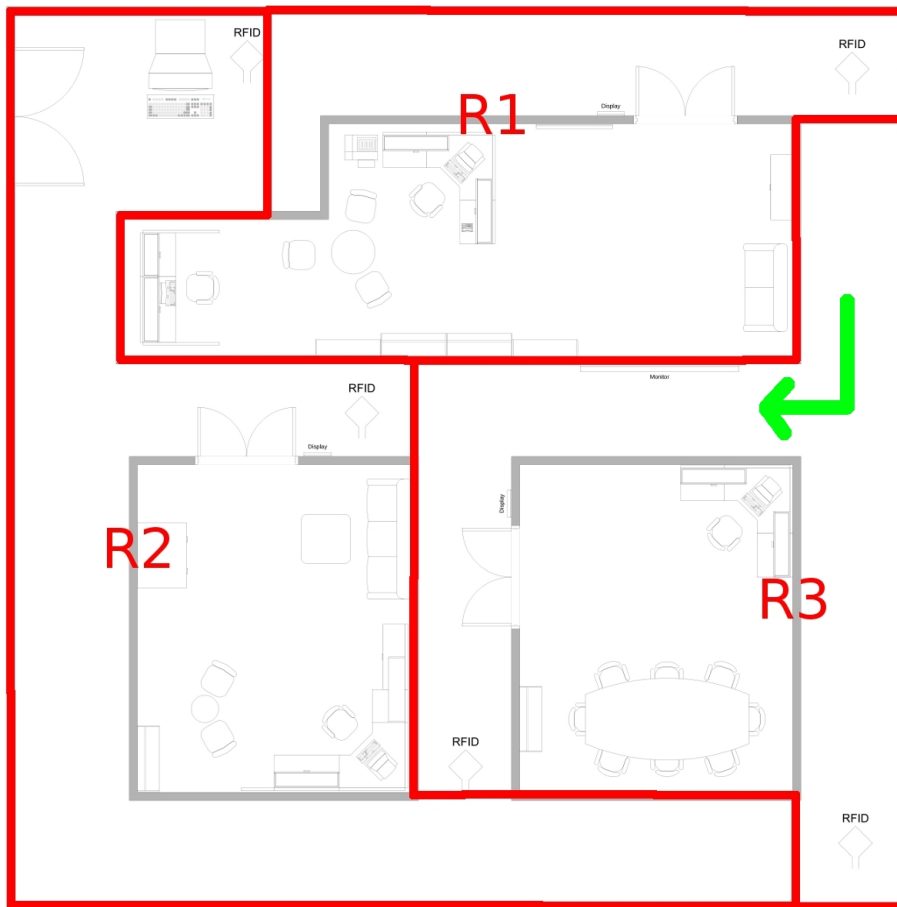


Abbildung 2: Problemfall mit ursprünglichem Ansatz

2.2 Kostengünstiger Ansatz

Zur Lösung dieses Problems wurde ein intelligenterer Ansatz gefunden, der je nach Anforderungen deutlich kostengünstiger ist. Die Idee besteht darin, virtuelle Räume einzuführen, die nur zur Berechnung der Pfeile benutzt werden. Die virtuellen Räume werden über Nord-, Ost-, Süd- und Westverbindungen miteinander verknüpft.

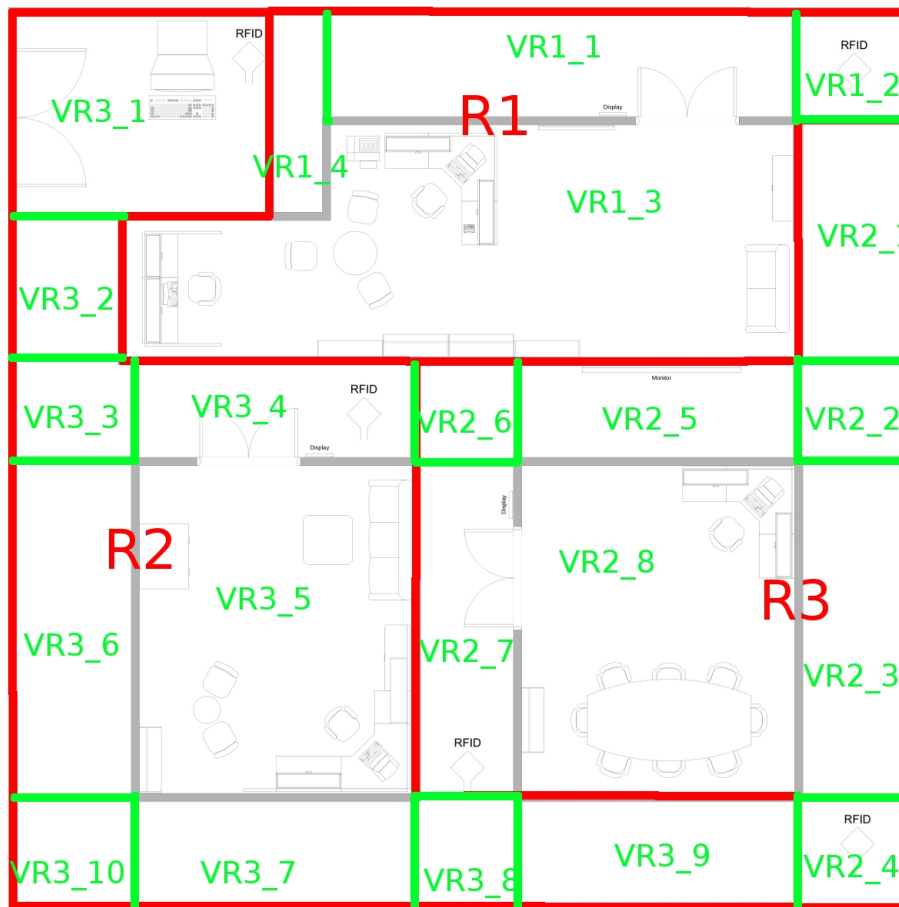


Abbildung 3: Virtuelle Räume

Nachdem der Besucher sein Ziel angegeben hat, wird ein Kürzester-Wege-Algorithmus über die realen Räume durchgeführt und danach ein Kürzester-Wege-Algorithmus über die virtuellen Räume der realen Räume des ersten Durchlaufes. Somit wird garantiert, dass der Besucher auch auf dem kürzesten Weg geleitet wird.

3 Realisierung

Zur Umsetzung des oben genannten Ansatzes wurde eine verteilte Softwarearchitektur konzipiert, welche wie in Abbildung 4 ersichtlich im Wesentlichen aus vier zentralen Elementen besteht.

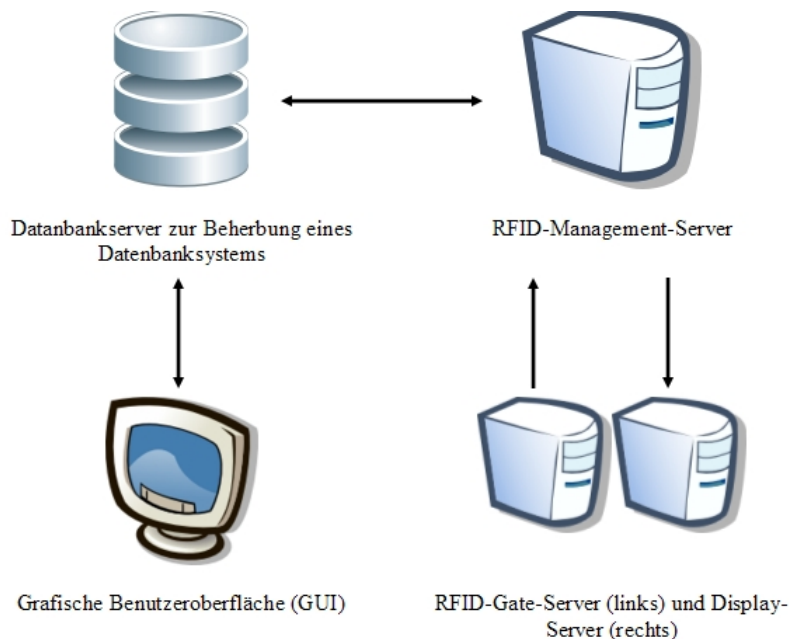


Abbildung 4: Softwarearchitektur

Die Datenbank zusammen mit dem Datenbank-Management (DBMS) dient dabei zur persistenten Speicherung sowie als Abfrage-, Verwaltungs- und Manipulationschnittstelle von sowohl personenbezogene Daten zur Displayanzeige als auch Daten im Kontext des Gebäudeleitsystems.

Zusammen mit dem RFID-Gate-Server, welcher bereits zur Verfügung stand und die Aufgabe übernimmt, alle RFID-Events der Tore aufzuzeichnen, und der Datenbank, ermittelt der RFID-Management-Server die notwendigen Informationen zur Displayanzeige. Für die letztendliche Ansteuerung der Displays sorgt ein ebenfalls als bestehend angenommener Server.

Über die grafische Benutzeroberfläche können mithilfe von Menüs und Formularen, neue Daten zur Datenbank hinzugefügt bzw. bereits Existierende angezeigt und bearbeitet werden. Möglich wird dies durch Nutzung der Schnittstellen des DBMS im Datenbanksystem.

In folgenden Abschnitten wird näher auf die Realisierung der einzelnen Komponenten eingegangen.

3.1 Datenbank

Für die Datenbank stand der Datenbankserver `ce.informatik.tu-chemnitz.de` mit der Datenbank `RFIDLocation` und dem relationalen DBMS (RDBMS) MySQL in der Version 4.2 zur Verfügung. Neben vielen weiteren Einschränkungen dieser Version, auf die an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden soll, da diese nicht direkt relevant für die Umsetzung waren, seien hier im Besonderen Zwei genannt, die es zu berücksichtigen galt:

- keine Beachtung von Fremdschlüssel-Beziehungen der verwendeten Speicher-Engine – zwar wird die Verwendung von Unterabfragen (Subqueries/Subselects) prinzipiell unterstützt, jedoch sind diese innerhalb der FROM-Klausel eines SQL-Statements nicht möglich
- Nachdem die grundlegenden Anforderungen und Schwerpunkte der zu lösenden Aufgabe bestimmt wurden, konnte die Struktur der Datenbank auf logischer Ebene mithilfe der konzeptuellen Modellierungskonzepte des Entity-Relationship-Modells (ER-Modell) entworfen werden.

Abbildung 5 zeigt das entstandene ER-Diagramm mit seinen enthaltenen Entitäten *Karte*, *Objekt*, *Tor*, *Raum* und *Display*. Unter *Objekte* werden sowohl Personen als auch Gegenstände, wie bspw. Notebooks verstanden. Jedes dieser Objekte ist einem Raum zugeordnet und jeweils mit einem eindeutigen RFID-Tag versehen. Die Entität *Raum* fasst reale und virtuelle Räume zusammen. Dabei wird jeder reale Raum von einer nicht leeren, endlichen Menge virtueller Räume gebildet. Diese sind jeweils über das Attribut *superraum* genau einem realen Raum zugeordnet. Weiterhin dienen die Richtungs-Attribute *N*, *O*, *S* und *W* zur Festlegung der gegenseitigen Lage unter den virtuellen Räumen damit eine spätere Ermittlung der anzuzeigenden Pfeile möglich wird. Der virtuelle Raum, welcher den realen Raum selber beschreibt, wird als *targetraum* deklariert. Beispielsweise würde in Abbildung 3 der virtuelle Raum **VR1_3** der virtuelle Zielraum von Raum **R1** sein. Zu jedem Raum können mehrere Displays gehören, deren jeweilige Lage im Raum für die angezeigte Pfeilrichtung entscheidend ist und mithilfe des *direction*-Attributs angegeben wird. Die Entität *Tor* repräsentiert die RFID-Antennen, welche durch einige spezifische Attribute definiert sind und prinzipiell immer zwischen zwei Räumen aufgestellt werden.

Dieses ER-Diagramm wurde dann in einem weiteren Schritt in ein entsprechendes relationales Datenbankschema abgebildet. Nach einer Analyse dieses resultierenden Relationenschema auf Grundlage der funktionalen Abhängigkeiten sowie Primärschlüssel, konnten die typisch wünschenswerten Eigenschaften, d.h. minimale Redundanz und Minimierung der Einfüge, Löscho- und Update-Anomalien geschaffen werden. Diesem Prozess der Normalisierung folgte dann im letzten Schritt die Implementation des Schemas in das physische DBMS.

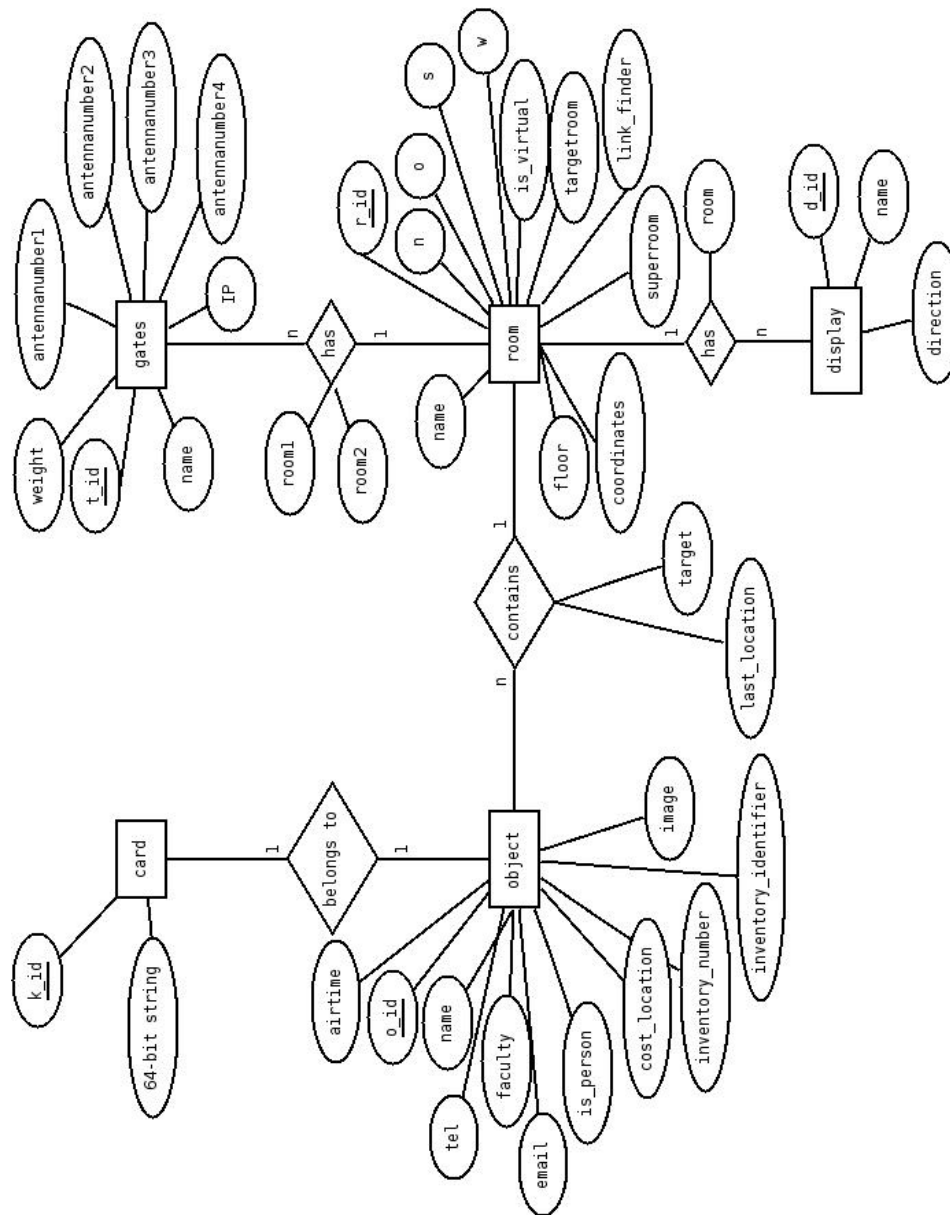


Abbildung 5: ERD des Datenbankentwurfes

3.2 Administrationsoberfläche

Mithilfe einer grafischen Administrationsoberfläche sollte es unter Nutzung von Menüs und Formularen möglich sein, alle relevanten Daten zu pflegen. Eine weitere grundlegende Anforderung war, dass der Zugang über eine Benutzeranmeldung mit Passwort erfolgt und für jeden Benutzer individuelle Schreib- und Lesezugriffsrechte auf Teilmengen der Daten einstellbar sind.

Zur Umsetzung dieser Anforderungen wurde sich für eine Lösung als Webapplikation entschieden. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass die Nutzung der GUI nach einmaliger Installation auf einem entsprechendem Webserver flexibel von überall aus mithilfe eines Webbrowsers möglich ist. Auch Vorteile bezüglich der Wartung der Applikation ergeben sich analog. Nachteilig gegenüber anderen Lösungen, wie z.B. dem Ansatz Windowsapplikation, sind vor allem die geringere Performanz, die Browserabhängigkeit sowie evtl. kritische Sicherheitsprobleme.

Die Implementierung der Webapplikation erfolgte mit der serverseitigen Skriptsprache PHP 5. Zusätzlich wurde zur Unterstützung des DOM-Scripting für dynamische Anzeigeeffekte JavaScript bzw. das JavaScript-Framework JQuery 1.2.6 verwendet. Dabei ist auch ohne clientseitige JavaScript-Unterstützung problemlos die volle Funktionalität der GUI nutzbar.

Der Aufbau der GUI lässt sich in die drei Bereiche einteilen: **Hauptnavigationsebene** (dauerhaft sichtbar), **Subnavigation** (spezifische Datenübersicht) und **Eingabemaske**. Die Hauptnavigationsebene, welche in Abbildung 6 rot markiert ist, ist entsprechend der Zugriffsrechte des eingeloggten Benutzers mit Navigationspunkten gefüllt. In Abhängigkeit des ausgewählten Punktes wird eine entsprechende Eingabemaske (blau) angezeigt und zusätzlich die bereits in der Datenbank eingetragenen Daten (orange). Durch die Auswahl „Bearbeiten“ eines Datensatzes werden dessen Daten in der Eingabemaske angezeigt. Dieser Datensatz kann nun bearbeitet werden und mithilfe des Buttons „Übernehmen“ in der Datenbank aktualisiert werden. Ist hingegen kein Datensatz ausgewählt, wird durch den „Übernehmen-Button“ nach erfolgreicher Prüfung der Daten in den Eingabemasken ein neuer Datensatz zur Datenbank hinzugefügt.

Room - Admin

Mein Profil

- Profil anzeigen
- Profil bearbeiten
- Nutzer verwalten
- Rechte verwalten

Objekte

- Karten verwalten
- Objekte verwalten

Tore & Räume

- Räume verwalten
- Tore verwalten
- Raum<->Tor
- Displayverwaltung

Objekte verwalten

Name:

Fakultät:

Raum:

Ziel:

Karte:

Person

Inventarnummer:

Inventarbezeichnung:

Kostenstelle:

Bild (PNG/JPEG):

eingetragene Objekte

Name	Fakultät	letzter Standort	Ziel
Andreas	Informatik	unbekannt	unbekannt
dadsad		unbekannt	unbekannt
Daniel Duesenrieb	Physik	unbekannt	unbekannt
Onkel Dagobert	WiWi	unbekannt	unbekannt
qweqweq		unbekannt	unbekannt
Schuesselhaenger	PhilFak	unbekannt	unbekannt
Tobias	IF	unbekannt	unbekannt

Logout | TU Chemnitz Professur Technische Informatik

Abbildung 6: Administrationsoberfläche

3.3 RFID Management Server

Die im vorigen Abschnitt vorgestellte Administrationsoberfläche deckt den kompletten Administrationsbereich ab. Um der verwalteten Technik jedoch zu sinnvoller Funktionalität zu verhelfen, bedarf es einer weiteren Softwarekomponente, welche stets über aktuellen Zustand des Systems wacht und dieses beim Eintritt entsprechender Ereignisse in Folgezustände überführt. Diese Aufgaben erfüllt der eigens für dieses Projekt entwickelte RFID Management Server, im Folgenden auch einfach kurz Server genannt.

Für die Entwicklung des Servers wurde die Programmiersprache C++ sowie das Framework Qt4 ² gewählt. Qt4 erlaubt es, mit minimalen Aufwand leistungsstarke plattform-übergreifende Anwendungen zu entwickeln. Qt4 besteht aus verschiedenen Modulen, die jeweils ein entsprechendes Funktionsgebiet abdecken. Für den RFID Management Server wurden die Module *QtCore*, *QtNetwork* sowie *QtSql* genutzt. Das sonst übliche Modul *QtGui* wird nicht benötigt, so dass das Programm inkl. verwendeter Bibliotheken schlank bleibt.

Der Server nimmt eine Reihe von Parametern entgegen:

- `-rfidserverport <port>`
- `-dbserver <hostname>`
- `-dbname <name-of-db>`
- `-dbuser <db-user>`
- `-dbpass <db-pass>`
- `-displayserverport <port-to-listen-on-for-display-client>`

Der RFID Management Server baut beim Start eine dauerhafte TCP/IP-Verbindung zum *RFID Gate Server* auf, um entsprechende RFID-Events in Form von XML-Chunks entgegenzunehmen. Die empfangenen XML-Daten werden mittels regulärer Ausdrücke auf ihre Gültigkeit hin überprüft und bei bestandener Prüfung weiterverarbeitet.

Wenn ein RFID-Chip *c* an einem bestimmten RFID-Tor *t* erkannt wurde, wird eine Verbindung zum Datenbank-Server aufgebaut und nachgeschaut, ob der RFID-Chip *c* sowie das RFID-Tor *t* bereits registriert sind. Ist dies der Fall, wird die zu *c* gehörige Person bzw. das zu *c* gehörige Objekt aus der Datenbank ermittelt und deren letzter Standort *l* sowie das zuletzt passierte Tor *g* ausgelesen. Anhand dieser Informationen kann im Regelfall der neue Standort bestimmt werden. Die der RFID-Technologie inhärente Fehlerquote zwingt jedoch zur Unterscheidung folgender Fälle.

²<http://www.qtsoftware.com>

- Fall 1: Es wurde bisher kein Standort/Tor gespeichert, da die Person/das Objekt neu ist. In diesem Fall wird lediglich der letzte Standort und das letzte Tor in der Datenbank gespeichert und die weitere Verarbeitung abgebrochen.
- Fall 2: Der letzte Standort ist einer der zwei Knoten k_1 , k_2 an der zum Tor t gehörigen Kante. Der jeweils gegenüberliegende Knoten ist dann der neue Standort.
- Fall 3: Der in Fall 2 formulierten Anforderung kann nicht genügt werden. Es wurde also mindestens ein Tor verpasst. Es wird nun überprüft, ob das zuletzt passierte Tor g über einen Knoten (Raum) k_3 mit dem aktuell passierten Tor verbunden ist. Ist dies der Fall, wird der k_3 gegenüberliegende Knoten als neuer Standpunkt gewählt.
- Fall 4: Alle bisherigen Strategien waren nicht erfolgreich. Es werden nun die kürzesten Pfade zwischen k_1 und l sowie k_2 und l bestimmt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wurde der kürzere von beiden Pfaden zurückgelegt, so dass der dem kürzesten Pfad gegenüberliegende Knoten der neue Standort ist.
- Fall 5: Die Pfade in Fall 4 sind gleich lang. Es wird wie in Fall 1 verfahren.

Diese diffizile Vorgehensweise zur Bestimmung des neuen Standortes sollte sich jedoch in der Praxis als ausreichend robust erweisen.

Die zweite wichtige Aufgabe des RFID Management Servers besteht darin, die im Gebäude angebrachten Displays zu aktualisieren. Beim Passieren eines RFID-Tores sollen alle sich im aktuellen Raum befindlichen Displays entsprechende Navigationsinformationen anzeigen, während die zur aktuellen Person zugehörigen Informationen auf den Displays des verlassenen Raumes nicht mehr erscheinen sollten. Weiterhin sollen Informationen bezüglich der Anwesenheit von Personen, die im zugehörigen Raum ihren Sitz haben, angezeigt werden. In beiden Fällen sorgen an dieser Stelle nicht näher beschriebene Algorithmen für die gewünschte Informationsdarreichung für den Display-Server. Details können dem beigefügtem Quellcode entnommen werden.