Kapitel 1

Problem-Lösungsdokumentation

1.1 Organisatorische Information

Dieses Dokument wurde von Marco Heide, Ralf Klein, Andreas Schank, Angela Schmidt und Axel Seck im Rahmen des SE-I Praktikums im SS 1996, das von Antje von Knethen und Alfred Bröckers betreut wurde, erstellt. Es wurde später von Christiane Differding und Matthias Gutheil für die Verwendung in der Vorlesung überarbeitet.

Im Rahmen einer Projektarbeit wurde das Dokument von Marco Heide hinsichtlich der Dokumentationsprinzipien aus der Vorlesung überarbeitet. Anschließend wurde das Dokument von Wolfgang Wagenbichler von der Notation OMT auf die Notation UML übertragen. Im Rahmen einer Projektarbeit überarbeitete Wolfgang Wagenbichler das Dokument, so daß nun Teile der Systemdokumentation generiert werden können. Für die Verwendung im SE-I Praktikum im SS 1999 wurde das Dokument von Wolfgang Wagenbichler, Antje von Knethen, Raimund Feldmann, Jürgen Münch und Stefan Vorwieger erneut überarbeitet.

1.2 Problembeschreibung

Die folgende Problembeschreibung ist eine Anpassung der Problembeschreibung für ein Gebäudeautomationssystem aus dem SFB 501 [Tea99]. Sie bildet die Grundlage für das Praktikum Software-Engineering I im Sommersemester 1999.

Ein Haus besteht aus vielen Subsystemen (z.B. Zimmer, Flure, Treppenhäuser und Heizungen), die über Türen und Wände miteinander in Beziehung stehen. In Verbindung mit der Außenwelt stehen Häuser über Außentüren und Fenster. Ein Haus besteht also aus einem komplexen Gewebe von Subsystemen, die stark miteinander interagieren. Im Rahmen von Praktika soll nun ein Software-System entwickelt werden, dass dieses komplexe System kontrolliert und steuert. Das zu erstellende System soll die Kontrolle klimatischer Bedingungen, Lichtanlagen, und von Sicherheitsbedingungen (z.B. kritische Zustände von Heizungen, Wettereinflüsse) übernehmen.

Gegenstand des Praktikums SE-I ist ein Ausschnitt dieses Systems. In diesem werden die klimatischen Bedingungen in den Zimmern sowie die Lichtverhältnisse in den Zimmern und im Flur eines Abschnitts eines Universitätsgebäudes geregelt. Im folgenden wird der Begriff System stellvertretend für diesen Ausschnitt verwendet.

Control Panel in den Zimmern zur Ein- und Ausgabe der Zimmerparameter sind Bestandteil des Systems. Sie bilden ein eigenes Teilsystem „Benutzungsschnittstelle" und werden als gegeben vorausgesetzt.

1.2.1 Problem

Es existiert ein Temperaturregelungssystem für ein Einfamilienhaus. Dieses System soll für die Regelung von Temperatur und Licht in einem Universitätsgebäude angepaßt werden.

Das existierende System regelt die Temperatur einer Reihe von Räumen in einem Haus. Das System erlaubt dem Benutzer eines Raumes gewünschte Klimaanforderungen individuell für jedes Zimmer über ein Control Panel einzugeben. Hierbei kann er eine Reihe von Parametern eingeben: eine gewünschte Zimmertemperatur (AnwesenheitsTempNormal), eine Minimaltemperatur (AbwesenheitsTempNormal), Zeitspannen, bis das Kontrollsystem auf eine Personenanwesenheit und Personenabwesenheit reagiert (ZeitspanneEintrittNormal und ZeitspanneVerlassenNormal) und eine Aufheizzeit (ZeitspanneAufheizenNormal). Für alle Parameter existieren voreingestellte Defaultwerte, die der Benutzer ebenfalls auswählen kann. Anhand der eingegebenen Parameter sowie der gemessenen Werte im Raum und außerhalb des Gebäudes bestimmt das System, ob geheizt oder gekühlt werden muß und übernimmt die Regelung der Heizkörper oder kippt das Fenster. Darüber hinaus wird bei Regen das geöffnete Fenster geschlossen und die Kesseltemperatur im Haus geregelt, um Energieverschwendung weitestgehend zu vermeiden.

1.2.2 Erwartete Systemfunktionalität

Das zu entwickelnde Kontrollsystem soll die Temperatur- und Lichtregelung für eine „section" innerhalb des Universitätsgebäudes (Gebäude 32, Flur 4 der Universität Kaiserslautern) übernehmen. Dafür verfügt diese „section" über eine Reihe von Installationen (Sensoren und Aktoren). Das Kontrollsystem soll für verschiedene Benutzergruppen ausgelegt sein. Es wird zwischen einem Hausmeister und Benutzern von Zimmern unterschieden. Diese sollen unterschiedliche Funktionalitäten des Systems nutzen können.

Das zu entwickelnde System unterscheidet sich vom existierenden System durch die Gebäudearchitektur, durch die Art der Temperaturregelung in den Zimmern und durch neue Funktionalitäten, wie Lichtregelung in den Räumen und im Flur. Die erwartete Temperaturregelung unterscheidet sich von der existierenden durch eine Reihe von Zeiten, die der Benutzer vorgeben können soll. Eine Möglichkeit, das Fenster anzusteuern (im Falle von Kühlen oder Regen), soll es nicht mehr geben.

Verschiedene Benutzergruppen

Jedes Zimmer hat eine verantwortliche Person (einen Benutzer oder den Hausmeister), die die Anforderungen für diesen Raum festlegt. Das System kennt den verantwortlichen Benutzer in einem Raum nicht. Den Hausmeister soll das System über Fehlfunktionen per Email informieren.

Der Hausmeister ist für eine energiesparende Temperatur- und Lichtregelung in allen Räumen verantwortlich. Seine Verantwortlichkeiten stehen über denen des Benutzers. Er übernimmt die Einstellungen aller öffentlichen Räume, wie Flure oder Konferenzräume. Er gibt Defaultwerte und Akzeptanzintervalle für die verschiedenen Zimmerparameter für die Benutzer der verschiedenen Räume vor.

Temperaturregelung

Die Temperaturrregelung hängt von bestimmten Operationsmodi und Anwesenheitsmodi in einem Raum ab. Temperaturoperationsmodi sind abhängig von verschiedenen Zeitintervalltypen (vgl. zusätzliches Dokument “Zeitreferenzmodell”). Die Temperaturanwesenheit ist abhängig von verschiedenen Verweildauern von Personen im Raum. Temperaturoperationsmodi und -anwesenheitsmodi werden im folgenden beschrieben.

Temperaturoperationsmodi

Allen Intervalltypen (vgl. zusätzliches Dokument “Zeitreferenzmodell”) ist ein Operationsmodus (operation mode) der Heizungsregelung zugeordnet. Die Lichtregelung ist unabhängig von diesen Zeitintervallen.

<table>
<tr><th colspan="4">Intervalltypen</th><th rowspan="2">Operations-modus</th></tr>
<tr><th colspan="2">Jahreszeit</th><th>Wochentag</th><th>Tageszeit</th></tr>
<tr><td>non heating period</td><td>*</td><td>*</td><td>*</td><td>non-heating</td></tr>
<tr><td>heating period</td><td>holidays</td><td>*</td><td>*</td><td>off</td></tr>
<tr><td rowspan="4">heating period</td><td rowspan="4">non-holidays</td><td>non-working-days</td><td>*</td><td>off</td></tr>
<tr><td rowspan="3">working-days</td><td>off-time</td><td>off</td></tr>
<tr><td>standby-time</td><td>standby</td></tr>
<tr><td>comfort-time</td><td>comfort</td></tr>
</table>

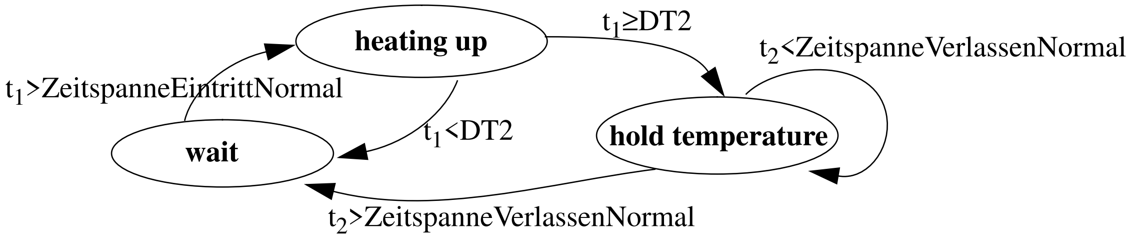
Table 1: Operationsmodi $\leftrightarrow$ Zeitintervalltypen

Das Heizverhalten des Systems wird u.a. durch die Temperaturoperationsmodi bestimmt. Dabei wird im Operationsmodus *non-heating* niemals geheizt. Im Operationsmodus *comfort* hält das System die jeweils voreingestellte Temperatur *AnwesenheitsTempNormal*. Für die beiden Operationsmodi *off* und *standby* benötigt das System zur Heizungsregelung die Temperaturanwesenheitsmodi, die im nächsten Abschnitt beschrieben werden.

Temperaturanwesenheitsmodi und Heizverhalten

Es werden drei Temperaturanwesenheitsmodi unterschieden, die durch die Verweildauer von Personen in einem Raum bestimmt werden. Die Lichtregelung ist unabhängig von diesen Anwesenheitsmodi.

Das System protokolliert verschiedene Zeiten: Die Anwesenheitszeit t_1, die beschreibt, wie lange der Raum gerade besetzt ist, und die Abwesenheitszeit t_2, die beschreibt, wie lange ein Raum gerade nicht besetzt ist. T_1 wird zurückgesetzt, wenn eine Abwesenheit registriert wird, t_2 wird zurückgesetzt, wenn



eine Anwesenheit registriert wird.

Folgende Temperaturanwesenheitsmodi des Systems werden unterschieden: *wait*, *heating up* und *hold temperature*. Die drei Modi werden durch drei Zeitspannen (Verweildauern von Personen im Zimmer) gebildet: *ZeitspanneEintrittNormal*, *DT2* und *ZeitspanneVerlassenNormal*.

Wenn eine Person kürzer als *ZeitspanneEintrittNormal* Minuten im Zimmer anwesend ist (Zustand *wait*), reagiert das Kontrollsystem nicht auf die Personenanwesenheit. Wenn eine Person das Zimmer länger als *ZeitspanneEintrittNormal* Minuten belegt (Zustand *heating up*), versucht das Kontrollsystem, die *AnwesenheitsTempNormal* zu erreichen. Dabei werden die Temperaturoperationsmodi unterschieden: Im *off mode* versucht das System, die *AnwesenheitsTempNormal* in der *ZeitspanneAufheizenNormal - ZeitspanneEintrittNormal* zu erreichen; im *standby mode* versucht das System, die *AnwesenheitsTempNormal* in der *ZeitspanneAufheizenStandbyNormal - ZeitspanneEintrittNormal* zu erreichen.

Wenn eine Person das Zimmer vor *DT2* Minuten verläßt, befindet sich das System wieder im Zustand *wait*. Wenn eine Person das Zimmer länger als *DT2* Minuten belegt (Zustand *hold temperature*), hält das Kontrollsystem die *AnwesenheitsTempNormal*, bis die Person das Zimmer länger als *ZeitspanneVerlassenNormal* Minuten verläßt.

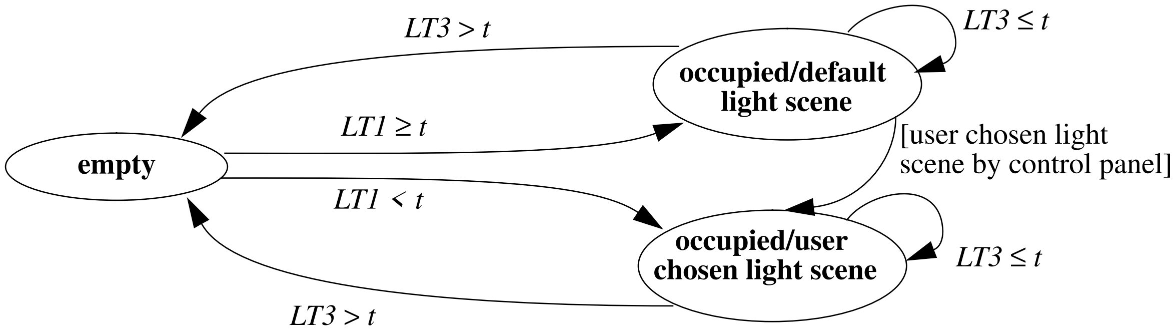
Für die verschiedenen Zeitspannen *ZeitspanneEintrittNormal*, *DT2* und *ZeitspanneVerlassenNormal* für ein Zimmer sind verschiedene Belegungen erlaubt, abhängig vom Operationsmodus (*non heating*, *off*, *standby* oder *comfort*). Defaultwerte und Akzeptanzintervalle für die verschiedenen Zeitspannen werden durch den Hausmeister vorgegeben. Individuelle Belegungen werden vom verantwortlichen Benutzer des Zimmers festgelegt.

Lichtanwesenheitsmodi für das Zimmer

Es wird zwischen drei Lichtanwesenheitsmodi im Zimmer unterschieden, die durch das Eintreten einer Person in den Raum und durch die Abwesenheitszeiten *LT1* und *LT3* bestimmt werden. Dabei beziehen sich *LT1* und *LT3* auf die Zeit *t*, die beschreibt, wie lange das Zimmer gerade nicht besetzt ist; t wird zurückgesetzt, wenn nach einer Abwesenheit wieder Anwesenheit registriert wird.

LT3 legt dabei die Zeit fest, nach der das Licht im Raum ausgeschaltet wird. *LT1* bestimmt den Zeitpunkt, ab wann von einer durch eine Person festgelegten *light scene* (*user chosen light scene*) zurück auf die *default light scene* umgeschaltet wird.

Folgende Lichtanwesenheitsmodi des Systems werden unterschieden: *empty, occupied/user chosen light scene* und *occupied/default light scene*.

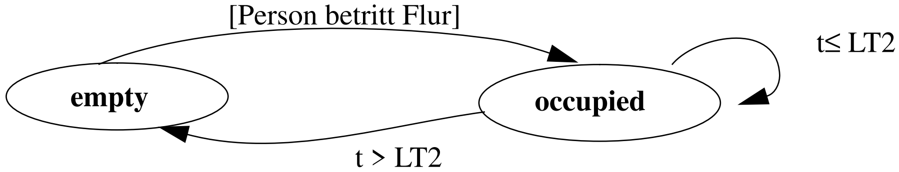


Wenn eine Person das Zimmer betritt, ändert das System seinen Lichtanwesenheitsmodus von *empty* zu *occupied/user chosen light scene* bzw. *occupied/default light scene* in Abhängigkeit von *LT1* und der verstrichenen Zeit *t*, seit dem die letzte Person den Raum verlassen hat. Das Zimmer wird ggf. beleuchtet. Im Modus *occupied/user chosen light scene* hält das Kontrollsystem die gewünschte *"light scene"* des verantwortlichen Benutzers. Im Modus *occupied/default light scene* hält das Kontrollsystem die durch den Hausmeister vorgegebene *"default light scene",* es sei denn der verantwortliche Benutzer bestimmt eine "*user chosen light scene*" am "control panel". Verläßt eine Person das Zimmer für länger als *LT3* Minuten wird das Licht ausgeschaltet. Betritt eine Person das Zimmer vor *LT1* Minuten wieder, wird die *user chosen light scene"* wieder hergestellt.

Für die Zeitspannen *LT1* und *LT3* gibt es voreingestellte Werte für jedes Zimmer, die der Hausmeister jederzeit verändern kann. Dabei ist zu beachten, daß der Wert für *LT1* nie kleiner als der Wert für *LT3* gewählt werden kann! Die Benutzer im Zimmer haben keinen Zugriff auf die Werte.

Lichtanwesenheitsmodi für den Flur

Es werden zwei Lichtanwesenheitsmodi im Flur unterschieden, die durch die Verweildauer von Personen im Flur bestimmt werden.



Folgende Anwesenheitsmodi des Systems werden unterschieden: *empty* und *occupied*. Die zwei Modi werden durch das Eintreten einer Person in den Raum und durch die Zeitspanne *LT2* gebildet. Dabei bezieht sich *LT2* auf die Zeit *t*, die beschreibt, wie lange der Flur gerade nicht besetzt ist; t wird zurückgesetzt, wenn nach einer Abwesenheit wieder Anwesenheit registriert wird.

Wenn eine Person den Flur betritt, ändert das System seinen Anwesenheitsmodus von *empty* zu *occupied* und im Flur wird das Licht eingeschaltet. Im Modus *occupied* bleibt das Licht angeschaltet. Verläßt eine Person das Zimmer für länger als *LT2* Minuten, wird das Licht ausgeschaltet.

Für die Zeitspanne *LT2* gibt es einen voreingestellten Wert für jedes Zimmer, den der Hausmeister jederzeit verändern kann. Die Benutzer im Zimmer haben keinen Zugriff auf den Wert.

1.2.3 Umgebungscharakteristika

Die Charakteristika der Umgebung, in der das System arbeiten soll, werden in dem separaten Dokument „Building Architecture SE-I" vorgestellt.

1.3 Anforderungen / Spezifikation

Im folgenden werden die Anforderungen an das System festgehalten. Dabei wird eine Aufteilung in Benutzer- und Entwickleranforderungen vorgenommen. Die Analyse des zu erstellenden Systems erfolgt nach der objektorientierten Methode OMT (Object Modelling Technique). Als Notation wird UML (Unified Modelling Language) verwendet. Die UML-Diagramme zur Beschreibung der Anforderungen werden teils den B-Anforderungen und teils den E-Anforderungen zugeordnet. Die Zuordnung erfolgt dabei nach dem Grad der Verständlichkeit der Modelle aus der Sicht des Benutzers. Zu den B-Anforderungen gehören die Use Cases und die zugehörigen Szenarien. Die übrigen UML-Modelle (Klassendiagramm, Sequenzdiagramme, Kollaborationsdiagramme und Statediagramme) befinden sich bei den E-Anforderungen in Kapitel 1.3.2.4. Es wurde eine Modellierung der statischen und der dynamischen Sicht vorgenommen.

1.3.1 B(enutzer)-Anforderungen / B(enutzer)-Spezifikation

Im folgenden werden zunächst die funktionalen, nichtfunktionalen und inversen B-Anforderungen beschrieben. Im Anschluß daran werden die Entwurfsentscheidungen des Benutzers beschrieben. Abschließend werden die Use Cases zusammen mit den Szenarien aufgeführt, die auf den B-Anforderungen aufbauen.

1.3.1.1 Funktionale B-Anforderungen

Die funktionalen B-Anforderungen wurden aus der Problembeschreibung (s. Kapitel 1.2) abgeleitet und durch Aspekte ergänzt, die sich aus Interviews mit den Benutzern ergaben.

BA-F	Abkürzung	Beschreibung der Anforderung
Temp-BA-F1	Eingeben der *AnwesenheitsTempNormal*	Der Benutzer kann eine Temperatur *AnwesenheitsTempNormal* in ˚C angeben. This value is valid only if it is an element of a preselected acceptance interval given by the facility manager, otherwise the nearest possible value of this interval is used.
Temp-BA-F2	Eingeben der *AbwesenheitsTempNormal*	Der Benutzer kann eine Temperatur *AbwesenheitsTempNormal* in ˚C angeben. This value is valid only if it is an element of a preselected acceptance interval given by the facility manager, otherwise the nearest possible value of this interval is used.
Temp-BA-F3	Eingeben der *ZeitspanneAufheizenNormal*	Der Benutzer kann eine Zeitspanne *ZeitspanneAufheizenNormal* in Minuten angeben. This value is valid only if it is an element of a preselected acceptance interval given by the facility manager, otherwise the nearest possible value of this interval is used.
Temp-BA-F4	Eingeben der *ZeitspanneVerlassenNormal*	Der Benutzer kann eine Zeitspanne *ZeitspanneVerlassenNormal* in Minuten angeben. This value is valid only if it is an element of a preselected acceptance interval given by the facility manager, otherwise the nearest possible value of this interval is used.
Temp-BA-F5	Eingeben der *ZeitspanneEintrittNormal*	Der Benutzer kann eine Zeitspanne *ZeitspanneEintrittNormal* in Minuten angeben. This value is valid only if it is an element of a preselected acceptance interval given by the facility manager, otherwise the nearest possible value of this interval is used.

Tabelle 2: Funktionale B-Anforderungen, Temperaturregelung

BA-F	Abkürzung	Beschreibung der Anforderung
Temp-BA-F6	Erreichen und Halten der *AnwesenheitsTempNormal*	Die *AnwesenheitsTempNormal* aus Temp-BA-F1 soll im Zimmer gehalten werden, wenn eine Person im Zimmer anwesend ist und die *ZeitspanneEintrittNormal* aus Temp-BA-F5 verstrichen ist. During *off mode* and *heating up state*, the *AnwesenheitsTempNormal* shall be reached in "*ZeitspanneAufheizenNormal-ZeitspanneEintrittNormal*. During *standby mode* and *heating up state*, the *AnwesenheitsTempNormal* shall be reached in "*ZeitspanneAufheizenStandbyNormal-ZeitspanneEintrittNormal*. The *AnwesenheitsTempNormal* shall be maintained during the *hold temperature state* as good as possible. During *comfort mode* the *AnwesenheitsTempNormal* shall be maintained. Occupancy of a room is not considered.
Temp-BA-F7	Halten der *AbwesenheitsTempNormal*	Die *AbwesenheitsTempNormal* aus Temp-BA-F2 soll im Zimmer mindestens gehalten werden, wenn das Zimmer leer und die *ZeitspanneVerlassenNormal* aus Temp-BA-F4 verstrichen ist. The *AbwesenheitsTempNormal* is maintained during the *off mode* and the *wait* state.
Temp-BA-F8	Definition der *ZeitspanneAufheizenNormal*	Die *ZeitspanneAufheizenNormal* aus Temp-BA-F3 gibt an, nach wieviel Minuten die *AnwesenheitsTempNormal* aus Temp-BA-F1 nach Betreten des Zimmers durch eine Person erreicht sein muss. The *ZeitspanneAufheizenNormal-ZeitspanneEintrittNormal* defines the duration in which the system should reach the *"AnwesenheitsTempNormal*" during *heating up state* and *off mode*.
Temp-BA-F9	Definition der *ZeitspanneVerlassenNormal*	Die *ZeitspanneVerlassenNormal* aus Temp-BA-F4 gibt an, wie lange die *AnwesenheitsTempNormal* aus Temp-BA-F1 nach Verlassen aller Personen noch gehalten werden soll.
Temp-BA-F10	Definition der *ZeitspanneEintrittNormal*	Die *ZeitspanneEintrittNormal* aus Temp-BA-F5 gibt an, wie lange sich eine Person im Zimmer befinden muss, bis das System regelnd eingreift.
Temp-BA-F11	Beschränkung für *ZeitspanneAufheizenNormal*	Die *ZeitspanneAufheizenNormal* aus Temp-BA-F3 muss mindestens 5 Minuten größer sein als die *ZeitspanneEintrittNormal* aus Temp-BA-F5.

Tabelle 2: Funktionale B-Anforderungen, Temperaturregelung

BA-F	Abkürzung	Beschreibung der Anforderung
Temp-BA-F12	Default-Werte	Für jeden Wert der B-Anforderungen Temp-BA-F1, Temp-BA-F2, Temp-BA-F3, Temp-BA-F4 und Temp-BA-F5 existieren Defaultwerte. There are also default values for the values described in Temp-BA-F29, BA-F-30, BA-F-33, BA-F-35. The facility manager sets all default values, which can be entered by the users. The user can override this values for his/her room, if his/her settings are element of the range of acceptance, otherwise the nearest possible values element of this range are used.
Temp-BA-F13	Temperaturregelung bei geöffneten Fenster	~~Bei geöffnetem Fenster hält das System die Zimmertemperatur auf mindestens AbwesenheitsTempNormal, egal ob sich eine Person im Zimmer befindet oder nicht.~~
Temp-BA-F14	Kippen des Fensters bei Regen	~~Beginnt es bei vollständig geöffnetem Fenster zu regnen, so wird das Fenster vom System automatisch in die regensichere Position gekippt.~~
Temp-BA-F15	Verringern der Raumtemperatur	~~Wenn die Zimmertemperatur bei Anwesenheit einer Person die Temperatur aus Temp-BA-F1 überschreitet und die Außentemperatur kleiner als die Zimmertemperatur ist, kippt das System das Fenster in diesem Zimmer.~~ For reducing the room temperature, the sun blinds should be moved down in an appropriate way to reduce solar radiation.
Temp-BA-F16	Genauigkeit der Regelung	Die Regelung der *AnwesenheitsTempNormal* geschieht mit einer Abweichung von +/- 1 ˚C. Die *StandbyTempNormal* und die *AbwesenheitsTempNormal* dürfen maximal um 1˚C unterschritten werden.
Temp-BA-F17		~~Das System ist für die auf Seite 6 beschriebenen Zimmer ausgelegt.~~
Temp-BA-F18		~~Die am Heizkessel eingestellte Temperatur soll immer identisch mit dem Maximum der von den Zimmern geforderten Heizkörpertemperaturen sein, um Energieverschwendung zu vermeiden.~~
Temp-BA-F19	Eingeben von individuellen Arbeitszeiten	The user can enter manually his/her preferred *working days* valid for his/her room in advance of one year. During the *working days,* the system is in *comfort, standby or off mode*.
Temp-BA-F20	Löschen von individuellen Arbeitszeiten	The user can delete manually his/her preferred *working days* valid for his/her room in advance of one year. The *working days* deleted are defined to be *non-working days.*
Temp-BA-F21	Eingeben von Komfortzeiten	The user can enter manually his/her preferred *comfort times* valid for his/her room in advance of one year. During the *comfort time,* the system is in *comfort mode*.

Tabelle 2: Funktionale B-Anforderungen, Temperaturregelung

BA-F	Abkürzung	Beschreibung der Anforderung
Temp-BA-F22	Löschen von Komfortzeiten	The user can delete manually his/her preferred *comfort times* valid for his/her room in advance of one year. The *comfort times* deleted are defined to be *off-times.*
Temp-BA-F23	Eingeben von Standbyzeiten	The user can enter manually his/her preferred *standby times* valid for his/her room in advance of one year. During the *standby time,* the system is in *standby mode*.
Temp-BA-F24	Löschen von Standbyzeiten	The user can delete manually his/her preferred *standby times* valid for his/her room in advance of one year. The *standby times* deleted are defined to be *off-times.*
Temp-BA-F25	Eingeben von Ferien	The user can enter manually his/her *holidays* valid for his/her room in advance of one year. During the *holidays,* the system is in *off mode*.
Temp-BA-F26	Löschen von Ferien	The user can delete manually his/her *holidays* valid for his/her room in advance of one year. The *holidays* deleted are defined to be *non-holidays.*
Temp-BA-F27	Eingeben von Heizperioden	The facility manager can enter manually a *heating period* for the whole building in advance of one year. During the *heating period,* the system is in *off, standby or comfort mode*.
Temp-BA-F28	Löschen von Heizperioden	The facility manager can delete manually a *heating period* for the whole building in advance of one year. The *heating periods* deleted are defined to be *non-heating periods*.
Temp-BA-F29	Eingeben der *StandbyTempNormal*	The user can enter manually a *StandbyTempNormal* in ˚C . This value is valid only if it is an element of a preselected acceptance interval given by the facility manager, otherwise the nearest possible value of this interval is used.
Temp-BA-F30	Eingeben einer *ZeitspanneAufheizenStandbyNormal*	The user can enter manually a *ZeitspanneAufheizenStandbyNormal*. This value is valid only if it is an element of a preselected acceptance interval given by the facility manager, otherwise the nearest possible value of this interval is used.
Temp-BA-F31	Definition der *ZeitspanneAufheizenStandbyNormal*	The *ZeitspanneAufheizenStandbyNormal-ZeitspanneEintrittNormal* defines the duration in which the system should reach the "*AnwesenheitsTempNormal*" during *heating up state* and *standby mode*.
Temp-BA-F32	Beschränkung für die *ZeitspanneAufheizenStandbyNormal*	The *ZeitspanneAufheizenStandbyNormal* has to be 5 min longer than the *ZeitspanneAufheizenNormal*.
Temp-BA-F33	Eingeben einer Zeitspanne *DT2*	The user can enter manually a duration *DT2*. This value is valid only if it is an element of a preselected acceptance interval given by the facility manager, otherwise the nearest possible value of this interval is used.

Tabelle 2: Funktionale B-Anforderungen, Temperaturregelung

BA-F	Abkürzung	Beschreibung der Anforderung
Temp-BA-F34	Definition der Zeitspanne *DT2*	If a person is longer than *DT2* minutes in a room, the control system should maintain the *AnwesenheitsTempNormal*.
Temp-BA-F35	Belegungen für verschiedene Zeitspannen	The user can enter manually different values for the different durations (*ZeitspanneEintrittNormal, DT2, ZeitspanneVerlassenNormal)* depending on the various operation modes of a room (*non-heating, off, standby and comfort).*
Temp-BA-F36	Manuelle Bedienung der "sun blinds"	The user can enter manually for each sun blind the instruction to move up or down. This instruction is valid until he/ she leaves the room for *ZeitspanneVerlassenNormal* minutes.
Temp-BA-F37	solar radiation and heating storage	The use of solar radiation for heating during all times if heating is required should always be preferred against the usage of the central heating unit.
Temp-BA-F38	Setzen von Akzeptanzintervallen	The facility manager have to set acceptance intervals for the different values that can be set by the user.
Temp-BA-F39	Definition der *non-heating period*	During the *non-heating period*, the system is in the *non-heating mode.*
Temp-BA-F40	Definition des *non-heating modes*	During the *non-heating mode*, the use of heating devices is not allowed normally. If the room temperature falls short of non-freeze temperature, the system should use the heating devices to avoid freezing of pipes.
Temp-BA-F41	Modes during *heating period*	During the *heating period*, one can distinguished among different operation modes: During holidays, the system is in off mode. During non-holidays and non-working days, the system is in off-mode, too. During non-holidays and working days, three time intervals can be chosen: - off-time: the system is in off mode - standby time: the system is in standby mode - comfort time: the system is in comfort mode
Temp-BA-F42	Halten der *StandbyTempNormal*	In *standby mode* the *StandbyTempNormal* is maintained by the system.

Tabelle 2: Funktionale B-Anforderungen, Temperaturregelung

BA-F	Abkürzung	Beschreibung der Anforderung
LichtF-BA-F1	sufficient hallway light	When a hallway section is occupied by a person, the light in this hallway section has to switched on to move safely (i. e., the light must be ≥ 14 LUX).

Tabelle 3: Funktionale B-Anforderungen, Lichtregelung Flur

BA-F	Abkürzung	Beschreibung der Anforderung
LichtF-BA-F2	entered_section light	Before a person enters a hallway section from another one, the light in the entered section has to be turned on if the light in the entered section is not sufficient.
LichtF-BA-F3	desired light by use of daylight	Use daylight to achieve the desired light whenever possible.
LichtF-BA-F4	hallway light off by LT2	Lights in a hallway section have to be switched off when the section has been unoccupied for more than LT2 min
LichtF-BA-F5	time LT2	The value LT2 can be set for each hallway section separately by the facility manager.
LichtF-BA-F6	light on by FM	The facility manager can turn on any light in a hallway section that is not occupied.

Tabelle 3: Funktionale B-Anforderungen, Lichtregelung Flur

BA-F	Abkürzung	Beschreibung der Anforderung
LichtR-BA-F1	sufficient room light	If a person occupies a room, the light might have to be switched on to move safely (i. e., the light must be ≥ 14 LUX). Each default and user chosen light scene must provide enough light to move safely, otherwise the light scene can not be accepted.
LichtR-BA-F2	occupied light scene	As long as the room is occupied, and no other light scene is chosen on the control panel, the current chosen light scene has to be maintained.
LichtR-BA-F3	re-established light scene	If the room is reoccupied in less than LT1 minutes after the last person has left the room, the last chosen light scene has to be re-established.
LichtR-BA-F4	reoccupied light scene	If the room is reoccupied after LT1 minutes (or later) since the last person has left the room, the standard light scene has to be established.
LichtR-BA-F5	light scenes by control panel	The light scenes can be determined by the user by using the control panel in a room.
LichtR-BA-F6	ambient light level	For each room, the current ambient light level can be set by the user using the control panel.
LichtR-BA-F7	default light scene	For each room a default light scene can be set by the fascility manager.
LichtR-BA-F8	default ambient light level	For each room a default ambient light level can be set by the facility manager.
LichtR-BA-F9	time LT1	The value LT1 can be set for each room separately by the facility manager.

Tabelle 4: Funktionale B-Anforderungen, Lichtregelung Raum

BA-F	Abkürzung	Beschreibung der Anforderung
LichtR-BA-F10	ceiling lights	The ceiling lights should be maintained by the control system depending on different light scenes. (default light scene or user chosen light scene)?
LichtR-BA-F11	desired light by use of daylight	Use daylight to achieve the desired light whenever possible.
LichtR-BA-F12	Room light off by T3	If a room is unoccupied for more than LT3 minutes, all lights must be switched off.
LichtR-BA-F13	Time LT3	The value LT3 can be set for each room separately by the facility manager.
LichtR-BA-F14	Light on by FM	The facility manager can turn on any light in a room that is not occupied.
LichtR-BA-F15	LT3 vs. LT1	LT1 can not be set to a value less then the value of LT3.
LichtR-BA-F16	minimum ambient light level	Each ambient light level (default value or user chosen value) can not be set to less than 14 LUX to provide enough light so that one can move safely!

Tabelle 4: Funktionale B-Anforderungen, Lichtregelung Raum

BA-F	Abkürzung	Beschreibung der Anforderung
Fehler-BA-F1	malfunction for FM	If a malfunction of a sensor or an actor occurs, the facility manager has to be informed by email.
Fehler-BA-F2	malfunction manually	Malfunctions of sensors or actors have to be entered manually by a user or the facility manager.
Fehler-BA-F3	malfunction of sensors	If a sensor does not work correctly, the control system should submit the default value of the sensor.
Fehler-BA-F4	default values	For each sensor, the facility manager have to enter a default value that should be submitted in the case of malfunctions.

Tabelle 5: Funktionale B-Anforderungen, Fehlerbehandlung

1.3.1.2 Nichtfunktionale B-Anforderungen

Das System soll neben den funktionalen Anforderungen folgenden Anforderungen genügen:

BA-NF	Abkürzung	Beschreibung der Anforderung
BA-NF1	flexibility	Das System soll leicht änderbar sein.
BA-NF2	energy save	Energy consumption should be reduced as far as possible during maintaining of comfortable working conditions for all users.

Tabelle 6: Nichtfunktionale B-Anforderungen

1.3.1.3 Inverse B-Anforderungen

Folgende Situationen sollen ausgeschlossen werden

BA-Inv	Abkürzung	Beschreibung der Anforderung
BA-Inv1		~~Wenn sich keine Person im Zimmer befindet und die Zimmertemperatur größer als die Zieltemperatur ist, wird das Fenster nicht zum Kühlen gekippt.~~
BA-Inv2		~~Öffnet der Benutzer das Fenster, obwohl es regnet, wird das Fenster nicht durch das System in die regensichere Position gekippt.~~
BA-Inv3	non-freeze temperature	The room temperature must not fall short of non-freeze temperature. The system should guarantee that this will not happen.

Tabelle 7: Inverse B-Anforderungen

1.3.1.4 Entwurfsentscheidungen

Folgende Entscheidungen werden bereits an dieser Stelle getroffen:

EE	Beschreibung der Anforderung
EE1	Das System wird objektorientiert entwickelt.

Tabelle 8: Entwurfsentscheidungen

1.3.1.5 Analyse / B-Anforderungen

Von den UML-Modellen wurden, wie in der Einleitung zu Kapitel 1.3.1 erwähnt, die Szenarien und das Klassendiagramm den B-Anforderungen zugeordnet.

1.3.1.5.1 Use Cases

Use Cases dienen dazu, typische Interaktionssequenzen zwischen externen Aktoren und dem System aus sicht des Benutzers zu beschreiben. Die Interaktion zwischen den Aktoren und dem System wird durch das Versenden eines initialen Events von einem Aktor an das System gestartet und endet, wenn das System die aus dem initialen Event resultierende Reaktion logisch abgeschlossen hat.