Abschlussbericht

Verbundprojekt

„Kontrollierte-Energie-Haushalts-Lösungen“ (KEHL)

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Zuwendungsempfänger/Projektleitung: **ACTIMAGE GmbH & Co. KG**	Förderkennzeichen: **01LY0823A**
Titel des Teilprojektes: **Entwicklung eines Softwareframeworks zur Konfiguration und Modellierung der Energieversorgung sowie Erfassung und Analyse des Energieverbrauchs in Haushalten**	
Projektleiter: **Dr. Marc Lott**	Tel.: **07851/89973-10** Email: **marc.lott@actimage.com**
Zuwendungsempfänger/Kooperationspartner: **FZI Forschungszentrum Informatik**	Förderkennzeichen: **01LY0823B**
Titel des Teilprojektes: **Methodik zur Analyse und Visualisierung des Energieverbrauchs in Haushalten**	
Laufzeit des Projektes: von: **01.05.2009** bis: **31.10.2010**	
Berichtszeitraum: von: **01.05.2009** bis: **31.10.2010**	Datum: **16.06.2011**

Das diesem Bericht zugrundeliegende Projekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 01LY0823A und 01LY0823B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

1 Aufgabenstellung

Der stetig steigende Energiebedarf sowie die damit einhergehende Verknappung und Verteuerung von energetischen Ressourcen zwingt Unternehmen wie auch Privatpersonen immer mehr dazu ihr Handeln energieeffizient zu gestalten. Ein Blick auf das Betreiben von Gebäuden im Privat- und auch Geschäftsbereich belegt die Vielzahl an technischen Möglichkeiten, um den Energieverbrauch zu senken, wie es auch in der Europäischen Richtlinie 2002/91/EG zur Gesamtenergieeffizienz in Gebäuden gefordert wird.

Ein wesentlicher Aspekt sind hierbei Gebäudeautomationssysteme, welche zunehmend an Bedeutung gewinnen. Allerdings bedeutet das Vorhandensein von Gebäudeautomationssystemen nicht gleichzeitig eine optimale Ausnutzung des Energieverbrauchs, da diese bislang aus Komfort- und Sicherheitsgründen eingesetzt werden. Dadurch bestehen oftmals große Defizite bzgl. eines systemoptimalen Einsatzes dieser und deren zusätzliche Nutzung zur signifikanten Senkung des Energieverbrauchs. Es ist daher Entscheidend die vorhandenen Systemlösungen unter dem Fokus Energieeinsparung anzupassen und zu erweitern. Darüber hinaus kann kurz- und mittelfristig nicht sofort von einer flächendeckenden Verbreitung von Gebäudeautomationssystemen ausgegangen werden, so dass zusätzlich auch Möglichkeiten geschaffen werden müssen, um mit einfachen Mitteln und Maßnahmen Energieeinspareffekte in Haushalten zu erzielen.

Ziel des geplanten Projektvorhabens „KEHL“ ist daher die Entwicklung eines anwenderspezifischen Softwareframeworks, welches die unterschiedlichen technischen Infrastrukturen der Haushalte berücksichtigt (ohne und mit Gebäudeautomatisierung). Auf Basis einer Konfiguration und Modellierung der jeweiligen Energieversorgung, welche entsprechend der vorhandenen Infrastruktur in einer unterschiedlichen Detaillierung und Qualität erfolgen kann, soll es dem Nutzer ermöglicht werden, einen Gesamtüberblick über seinen Energieverbrauch innerhalb der Wohnung, des Büros sowie auch des gesamten Gebäudes in dem er sich bewegt zu erhalten. Hierbei muss es möglich sein derartige Auswertungen in Abhängigkeit vom Nutzungsverhalten durchzuführen. Das bedeutet, dass beispielsweise der Energieverbrauch für ein Privathaus in verschiedenen Nutzungsphasen, wie Urlaub, Arbeitswoche, Wochenende etc. ausgewertet werden kann.

In diesem Zusammenhang ist es erforderlich, dass nicht nur eine aggregierte Übersicht des Gesamtverbrauchs, wie es bislang Stand der Technik ist, angezeigt wird, sondern zusätzlich auch eine Darstellung der jeweiligen Energieverbraucher mit ihrer räumlichen Zugehörigkeit gewährleistet wird. Dadurch wird es erstmals möglich den Energieverbrauch in Abhängigkeit der individuellen Konfiguration und des spezifischen Nutzerverhaltens detailliert zu erfassen. Auf Basis einer Visualisierung wird somit der Energieverbrauch transparent gemacht und der Nutzer sensibilisiert. Durch die Ableitung individueller Maßnahmen und die Identifikation von Schwachstellen in der Konfiguration der Energieversorgung und des Nutzerverhaltens, kann eine signifikante Energieeinsparung erzielt werden.

Aufgaben und Arbeiten ACTIMAGE GmbH & Co. KG:

- Konzeption und Entwicklung eines Softwaremodul zur geometrischen und logischen Konfiguration
  - Schaffung einer Skalierbarkeit und Flexibilität hinsichtlich unterschiedlicher Infrastrukturen und Voraussetzungen von Gebäudeautomatisierung
  - Benutzerfreundlicher und einfacher Gebrauch
- Konzeption und Entwicklung eines Daten- und Aggregationsmodul zur Erfassung der Energieverbrauchsinformationen
  - Bereitstellung von Möglichkeiten zur manuellen Eingabe
  - Schnittstellen zur automatisierten Erfassung
- Konzeption und Entwicklung eins Softwaremoduls zur Datenauswertung und Analyse
- Konzeption und Entwicklung eines Visualisierungsmoduls zum Energiemonitoring und zur Steuerungskonfiguration
- Entwicklung eines Datenschutzkonzepts für das Portal zur Gewährleistung der Datensicherheit kundenbezogener Daten
- Aufbau des Demonstrators und Validierung
  - Darstellung der Machbarkeit
  - Ermittlung der Kostenvorteile anhand eines Beispielszenarios
  - Erprobung der Akzeptanz und Usability

Aufgaben und Arbeiten FZI Forschungszentrum Informatik

- Entwicklung einer Methodik zur Auswertung der Energienutzung aus heterogenen Datenquellen
  - Auswertungsmethode von Sensordaten
  - Methode zur manuellen Abschätzung der Verbrauch von Energiegeräten
  - Harmonisierung der unterschiedlichen Erfassungsmethoden anhand der Angaben zum Gesamtenergieverbrauch im Haushalt
- Entwicklung einer Methode zur durchgängigen Verwaltung der logischen Geräte-konfigurationen in Haushalten
  - Konzept zur Datenübername von Konfigurationen von Drittsysteme (z.B. via XML-System Description Files)
  - Konzept einer Methode zum manuellen Einpflege von logischen Konfigurationsmodellen
  - Durchgängiges Konzept zur redundanzfreien Änderungsmanagement
- Methode zur Übername von geometrischen Daten aus digitalen 2D-Gebäudeplänen/CAD-Zeichnungen
  - Erstellung von Schemas und Regelwerken zur semantischen Interpretation der 2D Gebäudepläne/CAD-Zeichnungen
  - Konzept zur Überprüfung der Konsistenz und die Datenqualität von den generierten Modellen
  - Konzept einer Benutzerschnittstelle zur Kontrolle und Verbesserung des Übernahmeprozesses

2 Voraussetzungen, unten denen das Vorhaben geführt wurde

Das Vorhaben wird im Rahmen der BMBF-Bekanntmachung zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „KMU-innovativ Ressourcen- und Energieeffizienz“ eingereicht.

Das Vorhaben zielt auf neue Produkte und Dienstleistungen im Themenfeld der Ressourcen- und Energieeffizienz ab. Die geplante Lösung des Projektes kann von einem breiten Spektrum möglicher Anwender insbesondere im privaten als auch im gewerblichen Bereich genutzt werden.

Durch die Skalierbarkeit und Flexibilität von KEHL, d.h. es können unterschiedliche Ausbaustufen von Gebäudeautomatisierung berücksichtigt werden, kann ein breiter Markt adressiert werden und für die Nutzung des Frameworks sind nur geringe Kosten erforderlich. Weiterhin besteht die Möglichkeit für einen stufenweisen Ausbau bis hin zu einer umfangreichen Gebäudeautomatisierung.

Betrachtet man den Bereich der Gebäudeautomationssysteme stellt man fest, dass diese bislang eher unter der Zielstellung Komfort und Sicherheit im höherpreisigen Segment eingesetzt werden. Durch „KEHL“ entsteht ein zusätzlicher Aspekt, welcher die immer bedeutender werdende Energieeffizienz mit berücksichtigt und dadurch diese Systeme attraktiver macht. Dadurch kann von höheren Stückzahlen, sinkenden Preisen und einem großen Wachstum ausgegangen werden.

Insgesamt entsteht mit dem Dienstleistungsmodell und dem Framework „KEHL“ ein nachhaltiges Gesamtkonzept, welches den technologischen Vorsprung am Standort Deutschland sichern und ausbauen kann.

Darüber hinaus wird durch die Nutzung der geplanten Lösung in privaten Haushalten und der Industrie ein enormes Energieeinsparpotential erschlossen und dadurch ein hoher Umwelteffekt erzielt.

Energieeinsparung kann primär durch Anschaffung energieeffizienter Geräte erzielt werden. Dennoch wird die flächendeckende Substitution des Gerätebestandes noch mehrere Jahrzehnte benötigen. Durch die in „KEHL“ verfolgte Betrachtung der Raum-, Zeit-, Ereignis-Beziehung kann das Nutzerverhalten einbezogen werden. Es können sofort Maßnahmen ergriffen bzw. Schwachstellen in dem individuellen Energieverbrauch beseitigt werden.

Zur Bearbeitung der Problemstellung hat sich eine Kooperation zwischen einem Systemhaus und einem Forschungsinstitut gebildet, um das Thema „Kontrollierte-Energie-Haushalts-Lösungen“ (KEHL) zu bearbeiten.

Um die Zielsetzung dieses Verbundes zu erreichen, ist eine ideale Konstellation gegeben, da die Kooperationspartner alle erforderlichen Kompetenzen abdecken, um zielgerichtet Lösungen zu erarbeiten.

So ist die Actimage GmbH & Co. KG spezialisiert auf die Entwicklung innovativer Portale im Bereich der Informations- und Kommunikationssysteme. Weiterhin besteht fundiertes Know-How im Bereich der embedded systems und Firmware allgemein und im Speziellen in der Gebäudeautomatisierung. Das FZI Forschungszentrum Informatik hat große Erfahrung und Know-how im Bereich der Grundlagen und Methoden hinsichtlich der Modellierung und Erstellung des erforderlichen Workflows, Systemkonfiguration anhand einer Interpretation von 2D Zeichnungen und Auswertungsroutinen heterogener Daten.

Die im Vorhaben zu bearbeitende Thematik ist von hohem technischem und wirtschaftlichem Risiko geprägt und wäre ohne eine Förderung in der geplanten Zeit und Konstellation nicht möglich. Ein schneller Transfer der erarbeiteten Entwicklung in die praktische Anwendung ist jedoch, aufgrund des hohen innovativen Potentials und der Umweltrelevanz, von großer Bedeutung.

Nach Abschluss des Projektes ist eine umfangreiche Verwertung der Forschungsergebnisse angedacht, welche allen Partnern zugute kommen wird. Insbesondere wird die Actimage GmbH & Co. KG durch die Schaffung einer neuen Technologie, welche im Anschluss des Projektes zur Marktreife weiterentwickelt werden soll, durch das Forschungs-vorhaben profitieren. Das FZI Forschungszentrum Informatik kann durch das Verbundprojekt die Forschungskompetenz im Bereich der Energietechnik weiter ausbauen und das Renommee steigern. Weitere Anschlussprojekte können daraus entstehen und der Forschungseinrichtung zugute kommen.

Insgesamt ist eine hohe wirtschaftliche Relevanz des Projektes gegeben, da die geplante Lösung ein erhebliches Markt- und Umweltpotential in einem breiten Anwenderspektrum eröffnet.

3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Firma Actimage und das FZI haben Ihre Arbeitspakete relativ planmäßig wie beantragt abgearbeitet. Dadurch konnten insgesamt die Arbeitspakete vollständig abgearbeitet werden.

4 Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde

Hinsichtlich der geometrischen und funktionalen Planung der Gebäudeautomation stehen bislang verschiedene Softwarewerkzeuge zur Verfügung. Für den geometrischen Entwurf einer Anlage werden 2D oder auch 3D CAD Programme eingesetzt. Die meisten sind AutoCAD basiert und decken alle Domänen der GA, wie Lüftung, Heizung, Beleuchtung, Zutrittskontrolle, Photovoltaik ab. Darüber hinaus gibt es domänenspezifische Software (z.B. Elaplan von ElektraSoft, Vaillant WinSoft von Vaillant, Simatic Automation Designer von Siemens), welche weitere Funktionen zur Gebäudeautomation wie Bestandführung, Kabelverlegung und Erzeugen von

Schemabildern für Regel- und Steuerungstechnik anbieten. Sie arbeiten auf CAD Basis oder verfügen über Schnittstellen zu CAD-Systemen und gängigen Berechnungsprogrammen über Import/Export Funktionen. Jedoch beschränken sich diese Systeme auf die Datenerzeugung und -verwaltung und verfügen weitestgehend über keine intelligente Verknüpfung der Datenarten. Sie ermöglichen somit keine durchgängige Übertragung der räumlichen Positionierung von Komponenten zur automatisierten Interpretation dieser, weshalb sie sich auch nicht dafür eignen, eine räumliche Konfiguration der Gesamtautomatisierung, gemäß der Projektzielsetzung, zu erstellen.

Ähnliches trifft auch für Überwachung und Steuerung von Automatisierungskomponenten und anderer im Projektvorhaben zu berücksichtigender Geräte zu. Derzeitiger Stand für die Ansteuerung von Automationssystemen ist die Verwendung sog. SCADA Werkzeugen. Dabei bieten einige dieser SCADA-Softwaresysteme in ihrem Umfang Schnittstellen zu CAD-Systemen an. Bspw. konvertiert WizCAD als Modul von Wizcon Supervisor AutoCAD-Pläne in Wizcon-spezifische SCADA Dateien. Bei PVSS II werden aus den CAD Plänen XML-basierte PVSS Anlagenbilder erstellt. Das sind anwendungsspezifische Schnittstellen, welche allerdings oftmals auf in sich geschlossenen, proprietären Mechanismen basieren. Zusätzliche Erweiterungen oder gar Kopplungen mit weiteren Systemen sind wenn überhaupt nur noch bedingt möglich, so dass eine Berücksichtigung zusätzlicher energieverbrauchender Geräte als äußerst kritisch anzusehen ist.

Bezüglich eines energieoptimierten Betreibens von Gebäuden, Büro- und/oder Wohnräumen, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Ereignis-/Steuerungszustände, eignen sich spezielle Softwarewerkzeuge aus dem Bereich des Facility-/Gebäudemanagements. Derartige Software bewertet die Störungen durch Kopplung mit Managementsystem/Gebäudeautomation, überwacht periodische Vorgänge für präventive Maßnahmen und besitzt diverse Softwareschnittstellen, so dass hierüber rein theoretisch bestimmte Regeln konfiguriert und ausgeführt werden können, die ein energieoptimiertes Betreiben von Gebäuden erlauben. Nachteilig ist jedoch der enorme Aufwand bei der Konfiguration und Implementierung derartiger Mechanismen, da der Datenaustausch der Anlagen mit anderen Anwendungen über proprietäre Schnittstellen erfolgt und zudem spezifisches Fachwissen erfordert.

Im Hinblick auf Möglichkeiten zur energiebezogenen Nutzersensibilisierung sowie für Energieeinsparungen in Gebäuden, Büros und Wohnungen werden im Internet verschiedene Portale angeboten. Diese geben einerseits Aufschluss über verschiedene Maßnahmen, die durch geringfügige Veränderungen bisheriger Verhaltensweisen, zu nicht zu unterschätzenden Energieeinsparungen führen. Dabei werden teilweise Werkzeuge angeboten, die es in einem begrenzten Umfang erlauben, die in Räumen befindlichen energieverbrauchenden Geräte mit ihren Energieverbrauchswerten zu erfassen und hierzu das konkrete Einsparpotential zu beziffern.

Ein großer Schwachpunkt dieser Portale in Bezug auf das geplante Projektvorhaben ist die Pauschalisierung von Energieeinsparungsmöglichkeiten, die sich nicht auf das individuelle Verhalten und die Wünsche des Nutzers beziehen. Stattdessen wird von einem verallgemeinerten Verhalten ausgegangen. Daher spiegeln die

Energieeinsparungspotentiale nicht die tatsächlichen Möglichkeiten wieder. Außerdem fehlt es an einer detaillierten Raum-, Zeit-, und Ereignisgebundenen Auflistung der Energieverbrauche, da nur so eine zielgerichtete energiebezogenen Nutzersensibilisierung erreicht werden kann.

Fazit:

Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass das angestrebte Projektvorhaben „KEHL“ einen innovativen Beitrag zur Energieeinsparung sowie einem nutzereffizienten Betreiben von Gebäuden und den dort integrierten Automationssystemen leisten wird. Das Alleinstellungsmerkmal dieses Frameworks zeigt sich in einer bislang einzigartigen Darstellungs- und Analysemöglichkeit von Energieverbrauchen, auf Basis einer Raum-, Zeit-, Ereignis-Relation. Nutzer können somit einen Überblick über ihren verhaltensspezifischen Energieverbrauch bekommen und werden hierdurch hinsichtlich eines energieoptimierten Verhaltens sensibilisiert. Zusätzlich bieten sich auch für KMUs im Bereich der Gebäudeautomation neuartige Möglichkeiten einer vereinfachten Inbetriebnahme und Anpassung von Automatisierungssystemen. Dies wird durch die einzigartige Funktionalität des Interpretationsmoduls gewährleistet, indem informationstechnische Objekte anhand von 2D-CAD-Zeichnungen interpretiert und automatisch in die Steuerungslogik überführt werden.

5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen des Projektes hat eine Zusammenarbeit mit folgenden Firmen stattgefunden:

- digitalSTROM
- CISCO
- HAGER
- Landis+Gyr
- EnOcean
- Watteco
- Mivune

6 Ergebnisse

Das Projekt wurde im Wesentlichen entsprechend der Planung durchgeführt. Dabei wurden folgende Arbeitspakete bearbeitet:

AP 1: Organisation

AP 1.1 Projektleitung und Koordination

Das Projekt konnte zügig gestartet werden und hat keine große Anlaufphase gehabt.

Mehrere Treffen haben zwischen den Projektpartnern stattgefunden:

- Projektmeetings um die Projektleitung und Koordination zu überprüfen
- Technische Meetings um die technischen Aufgaben zu kontrollieren

Telefonate wurden gleichzeitig ausgeübt um:

- die Durchführung der Konzeptions- und Realisierungsaufgabe zu prüfen,
- die eventuell technischen Fragen zu besprechen und zu lösen.

AP 1.2 Einrichtung eines Steuerkreises zum internen Controlling sowie zur Vermittlung bei evtl. Konflikten

Der Steuerkreis wurde eingerichtet und bestand aus Vertretern der Projektpartner. Durch klar definierte regelmäßige Reports an die Geschäftsleitung, wurde die zielgerichtete Abarbeitung sichergestellt.

AP 2: Analyse

AP 2.1 Definition von Anwendungsfällen aus Hersteller- und Kundensicht

Stand der Ergebnisse:

- Die ermittelten Anwendungsfälle waren vielversprechend und wurden durch Interviews der betroffenen Hersteller analysiert.
- Aus Herstellersicht waren die Anwendungsfälle noch zu verfeinern, um die Alternativlösungen berücksichtigen zu können.

Durchgeführte Arbeiten Actimage:

- Die Definition der Anwendungsfälle unterschiedlicher Hersteller wurde erstellt
- Die Analyse der bestehenden Ansätze aus Herstellersicht ist vervollständig worden
- Die Durchführung der Herstellerbefragung die im Gange war – d.h. Befragung von digitalSTROM, CISCO, HAGER, Landis+Gyr, EnOcean, Watteco, mivune - wurden durchgeführt
- Die Ergebnisse basierend auf den Antworten der befragten Hersteller wurden ergänzt.

Durchgeführte Arbeiten FZI:

- Die typischen Problemfelder sowie Handlungsbedarfe wurden durch die systematische Analyse bestehender Ansätze in Literatur und Praxis ermittelt.
- Die Befragung von Endnutzern zur Analyse von deren Bedürfnissen wurde durchgeführt
- Die Anwendungsfälle der KEHL-Plattform aus Kundensicht wurden definiert.

Um den Kapazitäts- und Zeitplan des Projektes einhalten zu können, haben wir nur die relevanteren Anwendungsfälle ausgewählt. Diese Auswahl wurde im Rahmen des Demonstrators der Plattform-KEHL implementiert.

AP 2.2 Analyse und Dokumentation von Methoden und Werkzeugen zur Erfassung des Energieverbrauchs in den Haushalten

Stand der Ergebnisse:

- Die Vergleichsanalysen der verschiedenen verfügbaren Technologien im Bereich des Energieverbrauchs haben die Relevanz der folgenden Technologien hervorgehoben: digitalStrom (power Line Technologie), Zigbee, Z-wave und EnOcean. Diese Technologien wurden untersucht und waren noch Gegenstand einer separaten Studie/Analyse.
- Diese Technologien sind aus folgenden Gründen interessant:
    - ihre einfache Integration an einer bestehenden Einrichtung ohne Änderungen des Lebensraums
    - ihre geringen Investitionskosten
- Softwarelösungen, die die Verbindung der verschiedenen Technologien erlauben, wurden ebenfalls analysiert, um einen breiten Anwendungsbereich anzubieten (z.B. mivune).

Durchgeführte Arbeiten Actimage:

- Patentanalyse
- Anbieter- und Portfolioanalyse
- Analyse der öffentlich zugänglichen Anwendungsberichte
- Vergleichsanalyse der Softwarewerkzeuge
- Vergleichsanalyse Hardwarelösungen

Durchgeführte Arbeiten FZI:

- Analyse der Ansätze zur Erfassung des Energieverbrauchs in den Haushalten
- Analyse wissenschaftlicher und technologischer Trends von Methoden zur Verbesserung der Energieeffizienz in Haushalten
- Analyse von Standardisierungsaktivitäten
- Analyse von Datenschutzaspekten
- Analyse wirtschaftlicher Potentiale

Die oben aufgelisteten Aktivitäten sind vervollständigt worden, um die gesamten alternativen Lösungen/Wechsellösungen zu berücksichtigen, die während der vorigen Analysephase identifiziert wurden.

Dazu wurde in enger Zusammenarbeit zwischen den Partnern Actimage und FZI eine Analyse basierend auf der identifizierten Alternativlösung durchgeführt, um folgende Punkte zu verfeinern:

1. Analyse der Schwellentechnologien und deren verbundenen Standards (Energywise, 6LowPAN, digitalSTROM …)
2. Analyse der geplanten Ansätze (Verwendung der Ontologie-Technik, um ein virtuelles Modell des Haus und der Energie zu schaffen) – z.B. die Hydra und DOG Projekte.
3. Im Anschluss an die Ergebnisse der vorigen Recherchen- und Analysen haben wir uns für die Technologie digitalSTROM entschieden.

AP 2.3 Analyse des Nutzungsverhaltens der Kunden auf Basis von realen Steuerungskonfigurationen

Durchgeführte Arbeiten Actimage:

Nach mehreren Treffen wurde schließlich die Partnerschaft mit DigitalStrom vereinbart. Weitere technische Besprechungen haben stattgefunden, um die Konzepte und die durch die digitalSTROM Technologie verfügbaren Informationen zu bestimmen. Diese wurden für die Analyse des Energieverbrauchs sowie die Lebensweise des Benutzerverhaltens verwendet. Basierend auf der durch digitalSTROM verteilten Informationen, bezüglich der vom System angebotenen Möglichkeiten, wurde die Analyse des Benutzerverhaltens sowie die Definition der Energieverwendungskriterien verfeinert.

Durchgeführte Arbeiten FZI:

- Konzeption einer Systematik für die Analyse des Nutzerverhaltens
- Analyse des Nutzungsverhaltens der Kunden auf Basis ausgewählter Steuerungskonfigurationen.
- Analyse von Ansätzen zur semi-automatischen Erkennung des Nutzungsverhaltens von Kunden mittels Gebäudeautomationstechnologie.
- Erstellung eines Katalogs über das Nutzungsverhalten der Kunden

Stand der Ergebnisse:

Es wurden die Standardkonfigurationen festgelegt und eine Analyse des Benutzerverhaltens realisiert, basierend auf einer vorläufigen ELV-Lösung. Schließlich wurde ein Katalog über das Nutzungsverhalten der Kunden verfasst.

Diese Analyse wurde noch mit der Umsetzung der digitalSTROM Technologie-Lösung ergänzt, nachdem die Zusammenarbeit mit diesem Hersteller geschlossen wurde.

Die relevanten Dateninputs, die für die spätere Datenakquise wichtig sind, wurden von Actimage und FZI definiert und mit den Analysenkriterien verknüpft.

Diese Phase hat zwei Analysenkriterien hervorgebracht:

- Statische Kriterien zur Analyse des Energieverbrauchs: Die analysierten Daten werden direkt aus Datenbank ermittelt.
  - Globaler Energieverbrauch pro Energiequelle (Strom, Gas, Wasser)
  - pro Haushaltgerät, pro Gerätetyp
  - pro Gruppe, Raum, Zone
  - pro Zeiteinheit (Tag, Monat, Jahr)
  - Energieverbrauch pro Tarif oder Energiekosten
- Dynamische Kriterien zur Analyse des Energieverbrauchs: Die Kriterien werden mittels des vom FZI entwickelten Lernalgorithmus (Data Mining) ermittelt.
  - Energieprofile von der Analyse der energetischen Klassifizierung der Geräte.
  - Betriebszustand der Haushaltsgeräte basierend auf deren Energieverbrauch
  - Energieprofile von Benutzerereignissen (Frühstück, Urlaub, Mittagessen, usw.)
  - Ereignisse der Benutzer mittels der Daten von den installierten Gebäudeautomatisierungsgeräte (Tür- und Fensterkontakte, Bewegungssensoren, Gerätestatus: On/Off) und Räumlichkeitsdaten.
  - Abhängigkeiten zwischen die Benutzerereignisse, die Umgebungsparameter, und die Energieverbrauchsprofilen.

Die digitalSTROM Technologie wurde entwickelt. Daraus resultierte, dass die Analyse sowie die Extraktion der o.g. Kriterien mit den Geräten im realen Betrieb validiert werden mussten.

AP 2.4 Ableitung von Anforderungen an die KEHL-Lösungsbausteine

<u>Stand der Ergebnisse:</u>

Die Spezifikationen der verschiedenen Module und Komponenten der KEHL-Plattform wurden und auf Basis der ausgewählten Anwendungsfälle definiert, damit sie im Rahmen des Demonstrators der KEHL-Plattform implementiert werden konnte.

Wesentliche Anforderungen waren:

- Erfassung der heterogenen Daten.
- Konfiguration des Systems.
- Auswertung der Energienutzung

Erfreulicherweise haben wir die alternativen Lösungen zu HAGER (welche schließlich als nicht geeignet eingestuft wurden) ausgearbeitet.

<u>Durchgeführte Arbeiten Actimage:</u>

Die Spezifikationen der Plattform sowie deren Komponente wurden bestimmt. Diese sollen ein breites Spektrum abdecken, damit die Funktionalitäten, die zur Realisierung der kompletten Plattform im Rahmen der Industrialisierung führen, berücksichtigt werden können.

Die Verwendungsszenarien der Plattform wurden definiert, damit die zu implementierenden Funktionen dem Rahmen des Demonstrators für das Projekt KEHL entsprechen. Die Liste der geeigneten Funktionen wurde unter anderen angegebenen Funktionen gewählt.

Durchgeführte Arbeiten FZI:

Dieser Arbeitsschritt hat die Anwendungsfälle, die in Schritt AP 2.1 erkannt wurden, analysiert und daraus die KEHL-Lösungsbausteine abgeleitet. Dabei wurden nur die relevanten Anwendungsfälle berücksichtigt. Die Anwendungsfälle wurden in funktionale Anforderungen umgewandelt. Nicht funktionale Anforderungen, die für das KEHL-System relevant sind, wurden in diesem Arbeitsschritt ebenfalls definiert. Die hieran geknüpften Anforderungen sind:

1. Energieverbrauchsdaten, Umgebungs- und Wetterdaten, Gerätestatus (On/Off), und Sensordaten (Bewegung, Tür- und Fensterkontakt, usw.) sollen erfasst werden. Die Analyse hat ergeben, dass die optimale Lösung zur Datenerfassung aus heterogenen Quellen über ein Gebäudeautomatisierungs-Netzwerk zu bewerkstelligen ist.
2. Konfiguration der strukturellen Elemente der Gebäude, z.B. Raum, Zone, Tür, Fenster und installierte Haushaltgeräte werden kundenspezifisch konfiguriert. Es gibt drei Methoden, um die strukturellen Elemente der Gebäude zu konfigurieren:
    a. manuell über GUI
    b. automatisches Auffinden über die SmartBox des Gebäudeautomationsnetzwerks (z.B. digitalStrom DSS, HagerBox)
    c. mittels der Interpretierung von 2D-Gebäudeplänen/CAD-Zeichnungen
3. Auswertung der Energienutzung mit folgenden Funktionalitäten:
    a. Erstellung des globalen Strom-, Gas-, und Wasserverbrauchsprofils
    b. Analyse nach Kriterien (Fest- und gelernte Kriterien)
    c. Filtern, Anzeigen, Vergleichen und Archivieren der Energieverbrauchsdaten

AP 3: Konzeptionelle Grundlagen

AP3.1 Konzeption der Methoden zur logischen und geometrischen Gerätekonfiguration im Haushalt

Stand der Ergebnisse:

Innerhalb dieses Arbeitspaketes wurde festgelegt, dass zur durchgängigen Verwaltung der logischen Gerätekonfiguration im Haushalt und zur Übernahme von geometrischen

Daten aus 2DGebäudeplänen/CAD-Zeichnungen ein eigenständiges Framework-Modul geschaffen wird. Diesbezüglich wurde in enger Zusammenarbeit mit dem FZI ein generisches Datenmodell für das erforderliche erstellt. Dieses generische Datenmodell bildet das Herzstück des Moduls, das eine Konfiguration anstelle einer Implementierung der Typen von Informationsobjekten ermöglicht

Das Framework-Modul sollte zwei wesentliche Anwendungsfälle abbilden können:

- Modelltransformation zur Konfiguration von Drittsystemen: Das Framework-Modul erlaubt eine Interpretation von 2D Zeichnungen in beliebigen Zielformaten, die auch von Drittsystemen verwendet werden können. So können diese Zeichnungen als Konfigurationsgrundlage für andere Systeme angewendet werden, um Zeit und Ressourcen für die manuelle Eingabe der Daten einzusparen.
- Generische Überwachung und Steuerung von Energieverbrauchern: Mit der internetbasierten Benutzeroberfläche wird beabsichtigt, auch unabhängig vom Gesamt-Framework KEHL Überwachungs- und Steuerungsaktionen auf heterogenen Typen von Energieverbrauchern über eine einheitliche Oberfläche vornehmen zu können.

Durchgeführte Arbeiten Actimage:

- Unterstützung bei der Auswertung der ersten Konzeptentwürfe
- Durchführung von Tests mit realen Daten mittels Forschungsdemonstratoren

Durchgeführte Arbeiten FZI:

- Spezifikation des Domänenmodells für Informationen über die Umgebung, in der das Modul zur Interpretation von 2D Planungszeichnungen und der Steuerungslogik eingesetzt wird.
- Spezifikation des logischen Modells als Instanz des Domänenmodells mit konkreten Objekten (Nodes) und deren Attributen.
- Spezifikation des graphischen Modells für die visuelle Repräsentation der Objekte.
- Entwicklung eines Konzepts der Javascript-basierten Regeln zur Intepretierung der 2D-Planungzeichnungen.

AP3.2 Konzeption einer Methode zur Auswertung der Energienutzung aus heterogenen Datenquellen

Stand der Ergebnisse:

Ein „Domain Model“, welches die Konfigurationsdaten des Hauses sowie die Energieverbrauchsdaten und Benutzung der Geräte darstellt wurde erstellt. Weiterhin wurde eine Darstellung eines virtuellen Hausmodells, welches unabhängig von der entsprechenden Technologie ist, erarbeitet. Damit werden das Haus, seine strukturellen Elemente sowie die Geräte (Lampen, Elektrogeräte, usw.) unabhängig von der für die Vernetzung verwendeten Technologie dargestellt. Dieses Modell ermöglicht es auch die

verschiedenen Gerätetypen, die mit mehreren Netzen verbunden sind, zu berücksichtigen. Die notwendigen Daten zur Energieanalyse. Diejenigen wurden im virtuellen Modell des Hauses integriert.

Das technologieunabhängige Modell zur Darstellung der strukturellen (Wände,...) und funktionsfähigen (Elektrogeräte, Lampen, Laden, usw.) Elemente stützt sich auf Ontologien, was die wesentliche Forschungsherausforderung des Forschungspartners FZI darstellte. Das ontologiebasierte Modell bildet die Basis für die Konfiguration des Hauses und die Analyse des Energieverbrauchs. Dabei können auch Regeln zur Identifizierung von Störungen oder Abweichungen von Geräten integriert werden. Dieses Modell wurde zur Gesamtarchitektur der KEHL-Plattform integriert.

Die Studie der Alternativlösung zur Hager Lösung sowie eine ausführliche Studie der für die Energieverbrauchs-Analyse verfügbaren Tools und Methoden haben Folgendes deutlich herausgestellt: Die KEHL-Plattform sollte die Möglichkeit anbieten, verschiedene Technologien- und Gerätetypen die in der Wohnung verfügbar sind zusammen zu vernetzen. Die Konzeptionsphase musste diese neuen Elemente berücksichtigen, damit die Infrastruktur und die Architektur dem Bedarf entsprechen.

Durchgeführte Arbeiten Actimage:

- Definition einer Gesamtinfrastruktur für die KEHL-Plattform, welche die Rahmenbedingungen zwischen den verschiedenen Gebäudeautomationstechnologien des Hauses berücksichtigt, um die Energieverwaltung aller Geräte-Typen zu gewährleisten.
- Definition der Gesamtarchitektur der Plattform in System (Schichtverteilung)- und Funktion.
- Unterstützung bei der Auswertung der ersten Konzeptentwürfe
- Definition des „Domain model“
- Definition des „Parameter model“
- Definition einer ersten abstrakten Version des Datenmodells.
- Studie und Definition eines virtuellen Wohnungsmodells (Haus, Geräte und Energie)
- Integration dieses Konzepts zur Gesamtarchitektur
- Durchführung von Tests mit realen Daten mittels Forschungsdemonstratoren
- Entwicklung von Bedienkonzepten für die Konfiguration und für unterschiedliche Datenqualitäten (vollautomatische Datenerfassung, manuelle Eingabe)

Durchgeführte Arbeiten FZI:

- Definition einer Gesamtinfrastruktur für die KEHL-Plattform, welche die Rahmenbedingungen zwischen den verschiedenen Gebäudeautomations-technologien des Hauses berücksichtigt, um die Energieverwaltung aller Geräte-Typen zu gewährleisten.
- Definition der Gesamtarchitektur der Plattform in System (Schichtverteilung) und Funktionen.
- Definition des „Domain model“ und des „Parameter model“.
- Entwiclung eines Konzepts zur Abbildung des Wohnungsmodells in einer Ontologie.

- Entwicklung eines lernbasierten Ansatzes mittels Data Mining Algorithmen für dynamische/gelernte Analysekriterien.
- Entwicklung einer Methode zur semi-automatischen Wissensakquise mittels Data Mining Algorithmen und Intepretation von 2D-Zeichnungen.
- Entwicklung eines Konzepts zur Integration von akquirieten Wissenskomponenten in der Ontologie.
- Entwicklung einer Methode zur wissensbasierten Auswertung von Energieverbrauchsdaten.
- Integration des Konzepts zur Gesamtarchitektur

AP 3.3 Konzeption des KEHL-Frameworks und seiner Schnittstellen

Stand der Ergebnisse:

Die Architektur und das Feindesign mussten verfeinert werden, um die Schnittstellen zwischen den System-Komponenten zu festlegen.
Die Tätigkeiten dieses Arbeitspakets haben auch zur Implementierung von Prototypen geführt. Diese erlauben es eine Methode vom virtuellen Hausmodell und deren Installation zu validieren. Die Realisierung von diesem Prototypen hat sich auf die Studie der Projekte Hydra und DOG gestützt.

Ziel dieser Prototypen war es, die Machbarkeit einer vom FZI umzusetzenden Ontologie-Benutzung und die damit verbundenen Standards im Rahmen des Demonstrators zu identifizieren.

- eine umfassende Plattform-Architektur wurde definiert, basierend auf der Analyse der Spezifikationen (Anforderungen).
- die Architektur der unterschiedlichen Komponenten der Plattform und deren Kommunikations-Schnittstelle wurden ebenfalls definiert.
- Das virtuelle Modell des Hauses sowie das „Domain-Model“ wurden in der Architektur integriert.

Die Implementierung der unterschiedlichen festgesetzten Teile durch diese Architektur wurde in Hinsicht auf den Demonstrator bestimmt.

In dieser Projektphase wurde ein KEHL-Home-Gateway entwickelt. Der KEHL-Home-Gateway erfasst die Daten aus Gebäudeautomationssystem-Gateway durch eine Webservice-Schnittstelle. Die Daten werden in dem Data-Processing-Server beim Systemanbieter übertragen. Dort werden die Daten durch am FZI entwickelten Data-Mining-Preprocessing-Verfahren weiterbearbeitet und die Data-Mining-Algorithmen durchgeführt. Die Ergebnisse der Data-Mining-Algorithmen lassen sich in der Ontologie speichern. Die Ontologie wird im KEHL-Home-Gateway synchronisiert, und dort als die Basis der wissensbasierten Auswertung verwendet. Die sich aus der wissensbasierten Auswertung ergebenen Informationen werden vom KEHL-Home-Gateway an das Gebäudeautomationssystem-Gateway weitergegeben, um die automatische Gerätesteuerung zu ermöglichen.

Durchgeführte Arbeiten Actimage:

- Analyse der Anforderungen und grobes Konzept

- Technologietest und Machbarkeitanalysen
- Architekturdesign
- Kommunikationsschnittstellen zwischen den Lösungsbausteinen
- Datenmodelle der Lösungsbausteine
- Design der Benutzerschnittstellen
- Design der Hardwareschnittstellen
- Gemeinsame Erarbeitung von Bewertungskriterien
- Konzepterstellung mit Fokus Softwarearchitektur, Kommunikationsstruktur und Schnittstellen
- Gemeinsame Bewertung der Alternativen und Auswahl des Lösungskonzepts

Durchgeführte Arbeiten FZI:

- Unterstützung bei der Konzeption des SW Frameworks
- Definition von Tests für die Lösungsbausteine
- Definition von Integrationstests
- Priorisierung der Anwendungsfälle
- Erstellung von Datenmodellen und Sequenzdiagrammen
- Gemeinsame Erarbeitung von Bewertungskriterien
- Konzepterstellung mit Fokus Softwarearchitektur, Kommunikationsstruktur und Schnittstellen
- Gemeinsame Bewertung der Alternativen und Auswahl des Lösungskonzepts

AP 4: Realisierung

Stand der Ergebnisse:

Die Implementierung der verschiedenen Teile der Plattform für die Entwicklung des Demonstrators wurde abgeschlossen.

Ziel des Hausservers war es, die erreichbaren Gesamtdaten durch das virtuelle Modell zu sammeln, welches das Haus und die vernetzten Geräte darstellt sowie die Analyse der energetischen Daten durchzuführen.

Das iterative Vorgehen, bzw. die SCRUM Methode, erlaubte es nicht, den Ablauf sowie die ursprünglichen Arbeitsplanung zu verfolgen (s. Vorhabenbeschreibung), da die Entwicklungs- und Tests (insbesondere die Integrationstests) für jede Iteration durchgeführt werden mussten, um die gesamten (oder einen Teil) Bestandteile der Plattform zu implementieren. Jedoch wurde hierdurch ein effizientes Vorgehen bei der Abstimmung und Ausführung der einzelnen Implementierungsaufgaben zwischen Actimage und dem FZI erzielt.

Die Entscheidung für die digitalSTROM Technologie sowie die Vereinbarung einer Partnerschaft mit der Gründungsgesellschaft der Technologie hat zu weiteren zusätzlichen Aufgaben geführt wie z.B. das Erarbeiten der erforderlichen Kenntnissen zur Nutzung der Technologie.

Obwohl die digitalSTROM Technologie große Vorteile bietet, was die Möglichkeiten zur Energieverbrauchmessung (Messung pro Gerät) und Integration von unzähligen Hausfunktionen betrifft, handelt es sich um eine Technologie, die noch in der Entwicklung ist und die aus der Forschung stammt.

Daraus resultieren folgende Abhängigkeiten:

- Lieferungsfrist der Geräte zur Durchführung der Tests und Validierung der Implementierung.
- Realisierung der zusätzlichen Aufgaben, wie die Implementierung von Simulatoren, um die Verspätung in der Lieferung der Geräte oder die Funktionen, die noch nicht funktionsfähig sind, zu kompensieren.

Durchgeführte Arbeiten Actimage:

- Realisierung von Unit Tests
- Koordination von SCRUM Implementierungstreffen
- Use Case basierte Realisierung der Lösungsbausteine
- Integration der Algorithmen in die Gesamtarchitektur
- Integration des Frameworks
- Funktionstests und Verbesserung der Integration
- Vernetzung und Installation der notwendigen Hardwarebauteile
- Konfiguration und Anpassung der relevanten Softwarebausteine
- Durchführung der Inbetriebnahme und Sicherstellung der Funktionen für die Validierung

Durchgeführte Arbeiten FZI:

- Realisierung der Algorithmen für die Datenauswertung
- Realisierung der Algorithmen für die logische Konfiguration
- Realisierung der Algorithmen zur Übernahme von Geometriekonfigurationsdaten aus 2D Planungszeichnungen
- Unterstützung bei der Integration der Algorithmen in die Lösungsbausteine
- Unterstützung bei der Integration des Frameworks
- Funktionstests und Verbesserungstätigkeiten bei der Integration
- Unterstützung bei dem Aufbau des Demonstrators
- Kontrolle der Datenqualität der gesammelten Daten

AP 5: Tests und Validierung

Stand der Ergebnisse:

Die Tests der unterschiedlichen Module sowie die Integrationstests wurden im Verlauf des Projektes durchgeführt. Dabei testeten Actimage und das FZI die in ihrer Verantwortlichkeit liegenden Module einerseits eigenständig als auch gemeinsam innerhalb der Gesamtlösung.

Die Validationstests des Home Gateways (Haustechnikservers) konnten durchgeführt werden, basierend auf den Simulationselementen aus dem digitalStrom Server, welcher den Datenzugang zu den Hauselementen (generell Wohnort) zentralisiert.

Die Thematik «Services durch Home Gateway» wurde auch mit einem HMI-Prototyping getestet, um die durch das Home Gateway verarbeiteten Informationen zu prüfen.

Diese Tests haben zur Validierung des Hausmodelles unabhängig von der Technologie (KNX, digitalSTROM, ..) geführt.

Durchgeführte Arbeiten Actimage:

- Durchführung von Modul- Integrationstests der KEHL Lösung
- Verifikation der Lösungsbausteine mittels einer Gegenüberstellung mit den Anforderungen
- Validierung der KEHL Lösung anhand der Anwendungsfälle
- Ermittlung der wirtschaftlichen und technischen Parameter der neuen Lösung
- Durchführung von Benchmarks
- Definition von Verbesserungsmaßnahmen
- Fertigstellung der Lösungsbausteine
- Fertigstellung des KEHL-Frameworks
- Testen, Validierung und Verifikation
- Rückführung der Testergebnisse in den Entwicklungsprozess und Durchführung von Iterationsschleifen im Rahmen der Tests

Durchgeführte Arbeiten FZI:

- Durchführung von Modul- Integrationstests der KEHL-Lösung
- Verifikation der Methoden anhand realer Daten aus den Demonstratoren
- Validierung der Methoden anhand der Anwendungsfälle
- Verbesserung der Methoden
- Festlegung von Anknüpfungspunkten für weiterführende Forschungsarbeiten
- Fertigstellung der Algorithmen
- Tests, Validierung und Verifikation

AP 6: Öffentlichkeitsarbeit und Verwertung der Ergebnisse

Stand der Ergebnisse:

Eine Partnerschaft mit Herstellern sowie eine Kontaktaufnahme mit verschiedenen Unternehmern wie z.B. CISCO, AIZO, digitalSTROM, Landis+Gyr wurde eingeleitet, um eine Arbeitsgruppe zu bilden. Die Suche nach Partnern wurde weitergeführt, insbesondere mit dem Abschluss der Partnerschaft mit digitalSTROM, und wurde auch durch eine Kontaktaufnahme mit T-Mobile und IEqualize erweitert.

Die Partnerschaft mit digitalSTROM wurde zum Abschluss gebracht. Daraus resultierte die Durchführung der Validierungstests und des Home Gateways aufgrund der

versorgten Simulationsfunktionen, da die Geräte noch nicht betriebsbereit, ggf. zertifiziert (die müssen sich auf Europäischen Normen für elektrische Ausrüstung beziehen).

Durch Fachzeitschriften und Konferenzen wurden erlangte Erfahrungen und neue Erkenntnisse sowie wichtige erreichte Ziele und Teilziele von KEHL einer interessierten internationalen Fachwelt zur Verfügung gestellt und diskutiert. Diese Publikationsaktivitäten wurden besonders stark vom FZI vorangetrieben, wobei hier ebenfalls Projekterkenntnisse einem internationalen Publikum vorgestellt wurden. Damit verbunden gründen sich hierauf weitergehende Forschungsimpulse, die dem internationalen Publikum ebenfalls vorgestellt wurden und weiterhin, ergänzt um weiterführende Erkenntnisse, präsentiert werden sollen.

Zu diesem Zweck wurden bereits während der Projektlaufzeit folgende Aktivitäten durchgeführt (sofern gewünscht kann bei Bedarf jeweils eine Kopie der aufgeführten Beiträge vorgelegt werden):

- KEHL-Präsentation auf der Konferenz **IEEE IPEC 2010** am 27.-29.10.2010 in Singapur. In dieser Konferenz wurde die intelligente wissensbasierte Energieauswertungsmethode vorgestellt. Die IPEC Konferenz wurde zum neunten Mal erfolgreich abgehalten. Die Konferenz wurde von mehr als 200 Wissenschaftlern, Experten aus Industrie und Entscheidungsträgern im Bereich Energie sowie Umweltschützer aus ca. 30 Ländern besucht. Daher bot sich die Konferenz als eine sehr gute Möglichkeit zum Austausch und zur Diskussion über aktuelle verschiedene Probleme und Entwicklungen im Bereich Energie auf der ganzen Welt. Durch die diskutierten Themen und gewonnenen Kontakte werden gegenwärtig die Projektpartner neue Idee und Kooperationsmöglichkeiten für weitere Forschungsaktivitäten im Bereich Energiemanagement evaluieren.
- KEHL-Präsentation auf der Konferenz **IEEE ICIEBM 2010** am 12.-13.10.2010 in Yogyakarta, Indonesien. Auf dieser Konferenz wurde die Methode zum Management von Ontologien als die Standardrepräsentation der Wissensbasis, die im Rahmen des Projekts KEHL entwickelt wurde, vorgestellt. Die ICIEBM Konferenz wurde von mehr als 100 Wissenschaftlern und Experten im Bereich Wissensmanagement, Produktion, und Facility-Management aus mehr als 15 Ländern in Asien, Europa, Australien und Afrika besucht. Durch den Vortrag wurde die KEHL-Methodik vor Experten im Bereich Produktion und Facility-Management vorgestellt. Durch den stattgefundene Austausch und die erfolgten Diskussionen mit den Experten kam die Idee von den Partnern zur Weiterentwicklung der KEHL-Methodik im Bereich Produktion (Energiemanagement von Produktionsanlagen und –einrichtungen).

- Beitrag in der Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF) 06/10 , Hanser Verlag mit dem Titel **„Wissensbasierte Energieanalyse – Verbesserte Energieeffizienz in Gebäuden des Privat- und Geschäftsbereichs**“. Die Zeitschrift wendet sich an Führungskräfte im Unternehmen sowie an Fachleute in Forschung und Lehre.

Innerhalb der Projektlaufzeit wurden Forschungsdemonstratoren von Projektpartnern entwickelt. Eine Version von Demonstrator mit dem Schwerpunkt Visualisierung und komplexe IT-Infrastruktur wurde bei der Actimage zur Verfügung gestellt. Ein Forschungsdemonstrator mit dem Zweck zur die Weiterentwicklung der KEHL-Forschungsansätze wurde am FZI bereitgestellt.

Weiterhin wurden die Aktivitäten zur Verbreitung des Vorhabens eingeleitet und eine Homepage aufgebaut. Diese ist unter http://kehl.actihome.de erreichbar (vgl. Abbildung 1). Weiterhin erfolgte die Erstellung eines Newsletters.

Abbildung 1 KEHL-Homepage

Zusammenfassung aller erreichten wesentlichen Ergebnisse:

- Definition einer Plattform zur Analyse der Haustechnikdaten im Haushalt, insbesondere die Daten zum elektrischen Energieverbrauch. Die möglichen Anwendungsfälle, die Benutzer mit der Hilfe des KEHL-Platforms erreichen können, sind in KEHL-Use-Case-Diagramm veranschaulicht (vgl. Abbildung 2).

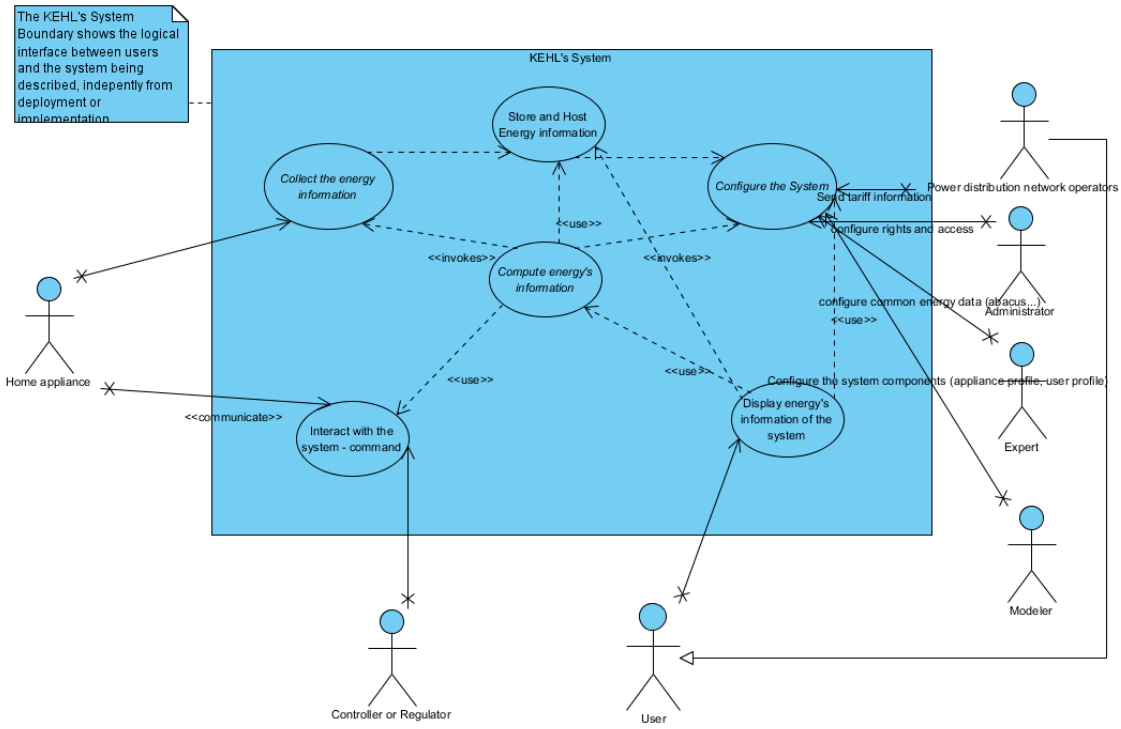

Abbildung 2 KEHL Use-Case Diagramm

- Analyse der verfügbaren Gebäudeautomationstechnologien, um die wesentlichen Informationen für die Analysen zum Energieverbrauch zu geben (KNX, Zigbee, EnOcean, digitalSTROM). Die Analyse ergibt, dass die Energieverbrauchsdaten lassen sich durch Gebäudeautomationstechnologien erfassen. Die Darstellung der Energieverbrauchsdaten allein ist nicht ausreichend. Die Energieverbrauchsdaten sollen in Zeit-Raum-Ereignis-Relation veknüpft werden, um die Möglichkeit der Energievebrauchsanalyse zu verbessern. Allerdings kann jede Gebäudeatuomationstechnologie nicht vollständige Energieverbrauche in dem Gebäude messen. Deswegen soll KEHL-Platform die verschiedenen Gebäudeautomationstechnologien integrieren, um eine volständige Energieverbrauchsanalyse im Gebäude zu ermöglichen.

- Definition der Plattform-Gesamtarchitektur (Software-Architektur und Infrastruktur).

  In Rahmen des Projekts KEHL wurden vier Hauptmodule definiert (vgl. Abbildung 3).
  - Modul zur geometrischen und logischen Konfiguration. Das Modul zur geometrischen und logischen soll der automatisierten Übernahme der Topologie und der geometrische Konfiguration von Gebäudeplänen aus 2D CAD Zeichnungen, mit den dort vermerkten raumbezogenen Energieverbrauchsgeräten dienen.
  - Daten- und Aggregationsmodul zur Erfassung der Energieverbrauchsinformationen. Die erfassten Energieverbrauchsdaten werden über das Modul erfasst und aggregiert. Mittels des Import-Engines werden die

Massendaten aus verschiedenen Quellen (Text, csv, dbf, Excel, und XML) in die Datenbank importiert.

- Präsentationmodul zum Energiemonitoring und zur Steuerungskonfiguration
- Modul zur Datenauswertung und Analyse. Dieses Untermodul ist verantwortlich für das maschinelle Lernenverfahren (Data-Mining), ontologiebasierte Wissensbasis, und Algorithmen zur wissensbasiserten Auswertung, z.B. Erkennung der Energieverbrauchsanomalien und Klassifierung der Geräte, Raum, oder Ereignisse nach ihrem Energieverbrauch.

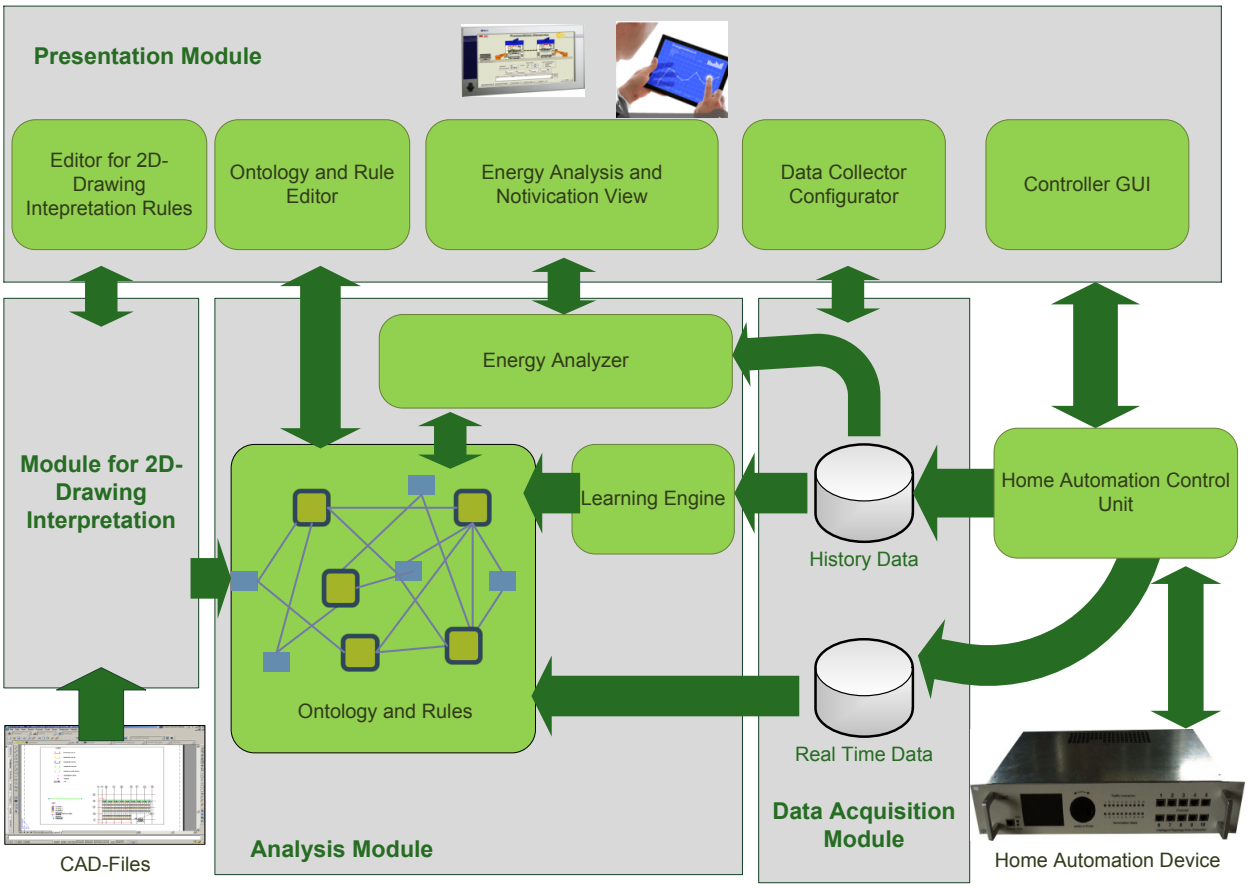

Abbildung 3 KEHL-Lösung-Architektur

In Rahmen der Projektlaufzeit wurde eine umfassende Infrastuktur-Architektur basierend auf der Analyse und Ableitung von den Anforderungen erstellt. Abbildung 4 zeigt die erstellte KEHL-Infrastruktur-Architektur.

Der KEHL-Home-Gateway erfasst die Daten aus Gebäudeautomationssystem-Gateway durch eine Webservice-Schnittstelle. Die Daten werden in dem Data-Processing-Server beim Systemanbieter übertragen. Dort werden die Daten durch Data-Mining-Preprocessing-Verfahren weiterbearbeitet und die Data-Mining-Algorithmen durchgeführt. Die Ergebnisse der Data-Mining-Algorithmen lassen sich in der Ontologie speichern. Die Ontologie wird im KEHL-Home-Gateway synchronisiert und dort als die Basis der wissensbasierten Auswertung verwendet. Die sich aus der wissensbasierten Auswertung ergebenen Informationen werden vom KEHL-Home-Gateway an das

Gebäudeautomationssystem-Gateway weitergegeben, um die automatische Gerätesteuerung zu ermöglichen.

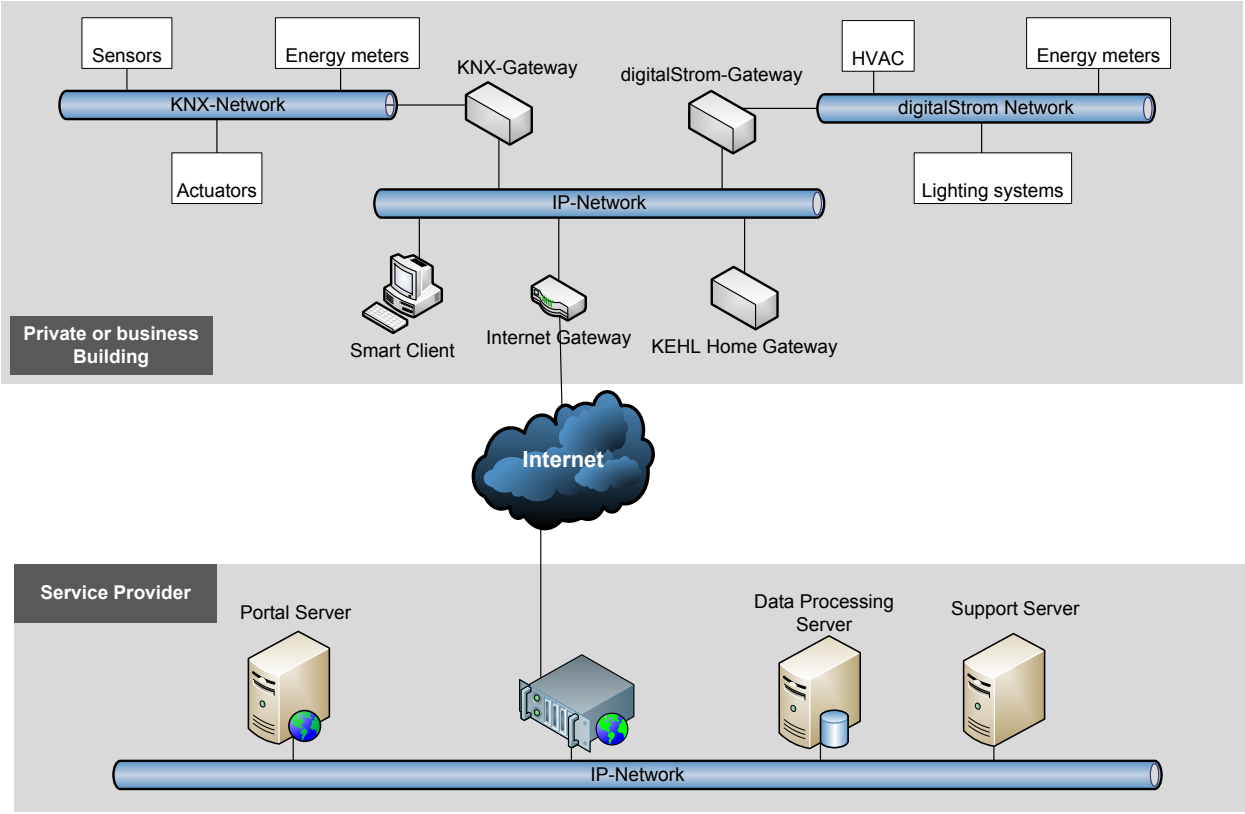

Abbildung 4 KEHL-Infrastruktur-Architektur

- Definition des Hausmodelles, welches eine ortsbezogene Darstellung und Datenverarbeitung unabhängig von der verwendeten Technologie ermöglicht. Dieses Modell berücksichtigt auch die Definition der Regel zur «logisches Denken und Benutzung» der Energie im Haushalt (Local reasoning - zurzeit als statische Regel definiert). Das Modell wurde auf Ontologien aufgebaut, was ihm erlaubt, unabhängig von der verwendeten Technologie zu sein und sich einfach anpassen oder dynamisch erweitern kann, um die Weiterentwicklung des Systems zu berücksichtigen, wie zum Beispiel Definition von neuen Regeln, Anreicherung der Regeln durch lernende Algorythmen

- Das Modell zur Definition der Hauselemente stellen auch die «passiven» Elemente des Haushalts, wie zum Beispiel die Architektur-Elemente (Wand, Tür, Fenster,..) dar, welche dann die Integration der Konfigurationselemente aus dem 2D oder 3D Plan erlauben können.

- Implementierung eines Haustechnikservers, welcher Informationen aus dem Haustechniksystem zur Analyse der Verbrauchdaten und Weiterleitung der Ergebnisse an dem Benutzer sammelt. Der verwendete Haustechnikserver stützt sich auf dem für die Hauselemente definierten Modell.

- Definition von Algorithmen zur Analyse- und Identifikation der energetischen Nutzungsverhalten: Klassifikation der Hauselemente, Identifizierung der Energieverbrauchpatterns, Prüfung der als Modell dargestellten Regeln.

- Der Haustechnikserver - Home Gateway- wurde als Simulation getestet basierend auf einem Konfigurationsserver von digitalSTROM.

- Die Klassifikations- und «Reasoning»-Algorythmen wurden anhand simulierter Daten und/oder unabhängiger Geräte getestet.

Aufgetretene Herausforderungen im Projekt:

- Die Daten messen zu können, die zur Analyse des Energieverbrauchs im Haushalt notwendig sind. Eine Reihe von noch nicht optimalen Technologien existieren, welche es erlauben eine oder mehrere Größe zur Analyse des Energieverbrauchs zu messen.
- Eine Technologie zu finden, welche in den meisten Haushalten integriert und verwendet sein kann, sei es in Neu- oder Sanierungswohnungen.
- Eine Lösung zu finden, die selbst keine stromfressende Lösung ist und die finanziell akzeptabel ist, da die Benutzer bereit sind Ihren Energieverbrauch zu messen aber darauf achten, dass es nicht zu kostenaufwändig ist.

Eingesetzte Lösungen als Antwort auf die Heruasforderungen:

- Eine Studie der unterschiedlichen Technologien sowie eine Suche nach Partnerschaften wurde durchgeführt. Daraus resultiert die Auswahl einer innovativen aber noch zu entwickelten Technologie: digitalSTROM.
    - Vorteile dieser Lösung:
        - stützt sich auf dem CLP, d.h. kann sich auch bei Renovierungswohnungen integrieren lassen.
        - kostengünstig: der Port sollte weniger als 3€ kosten (gegenüber 15€ für einen KNX Port).
        - vorinstallierte Energiemessung auf jeder Komponente (Licht, Laden,..) und niedriger zusätzlicher Systemverbrauch
    - Nachteile dieser Lösung:
        - Technologie, die noch in der Entwicklung und in Test ist
        - Noch keine Zertifizierung auf dem europäischen Markt
        - Verfügt nicht über alle vorgesehenen Funktionalitäten (integrierte Energiemessung auf allen Komponenten) und besorgt nicht die gesamte Haustechnik-Produktpalette (Laden, Klimaanlage/Heizung, usw. im Gegensatz zu KNX)
- Einsetzung eines Modelles, welches sich auf Ontologien stützt und das Haus sowie deren unterschiedliche Komponenten definiert, insbesondere diejenigen die Energie verbrauchen. Ziel dieses vom FZI entwickelten Modells ist es, die Definition der

Interaktionsregeln zwischen den Komponenten, d.h. die «stromfressenden» Verhalten, die Alarme automatisch generieren.

- Verwendung einer modularen Architektur mit dem Ziel diverse Technologien zu unterstützen, um alle physischen Elemente die zur Informationssammlung notwendig sind integrieren können.

Ergebnisse bezüglich des technischen und wissenschaftlichen Fortschritts:

- Definition und Einsetzung von Klassifikationsalgorythmen und Identifikation der Energieverbrauchmuster.
- Definition eines Modelles der Hauskomponente, welche von der Technologie unabhängig ist und die passiven Hauselemente berücksichtigt.
- Definition einer modularen Architektur mit dem Ziel diverse Technologien zu integrieren, um den Energieverbauch des Hauses zu analysieren.

Noch offene Arbeiten nach Projektabschluss:

- Die Kommunikation/Schnittstelle zwischen dem Haustechnikserver intern zum Haus und dem Internetportal. Zurzeit bietet die Lösung nur Services, die innerhalb des Hauses zugänglich sind.
- Die Integration ins Portal der Klassifikationsalgorythmen und Identifikation der Energieverbrauchsmuster.
- Die nachweisbare Lösung, die implementiert wurde besteht aus einem Haustechnikserver, welcher die Kommunikation mit den digitalSTROM Haustechnikaustattungen ermöglicht. Diese Lösung berücksichtigt das Hausmodell sowie die Regel und stellt die internen Services des Hauses dar, welche von den Kunden in dem LAN des Hauses verwendet werden aber enthält folgende Punkte noch nicht:

    - Zugang zu diesen Informationen via WebPortal
    - Zugang zu diesen Informationen via mobilen Clients
    - Verbindung mit den Servern, die die Klassifikation und das Learning der Energiedaten des Hauses durchfühen.

Die Konfigurationsservices der Algorythmen und des Modells wurden noch nicht implementiert, d.h. es handelt sich zurzeit um eine manuelle Konfiguration.

Aktionsplan - Weiterverfolgung des Projektes

- Implementierung einer mobilen Anwendung zur Analyse der Services im Haushalt und Darstellung der Energieverbrauchswerte der verschiedenen Komponenten für eine Musterwohnung. Das Modell für die Anwendung existiert bereits (applications_iphone.zip).

- Implementierung der Kommunikation zwischen dem «Haus» und dem entfernten Server, welcher das Portal sowie die Verarbeitungsservices der Klassifikationsalgorythmen und Identifikation der Energieverbrauchpatterns hostet. Die Architektur plant die Implementierung der Austauschservices des Hausmodelles zwischen dem Haustechnikserver des Hauses und dem anwendbaren Server. Ziel ist die Verarbeitung durch die von der FZI definierten und implementierten «Reasoning» und Klassifikationsalgorythmen.

- Suche nach Partnerschaften mit weiteren Lieferanten von Haustechnikkomponenten, um das definierte Hausmodell zu vervollständigen und den wirklichen Verbrauch zu messen/abzuschätzen: z.B Hager (aber da gibt es Wettbewerb mit dem Produkt Domovea), EnOcean. Zurzeit liegt das Problem darin, dass digitalSTROM nicht in der Lage ist, Geräte zu besorgen, die über alle Funktionen (z.B. Messen auf jedem Gerät) verfügen, dazu ist die Anzahl von verfügbaren anerkannten Geräten noch sehr beschränkt.

- Implementierung der Konfigurationsservices:
  - aus Sicht des Haustechnikservers
  - aus Sicht des anwendbaren Servers (durch Actimage gehostet oder in der Cloud).

- Implementierung eines Clients oder eines Konfigurationsportals.

7 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Kosten- und Zeitplanung wurde im wesentlichen wie im Antrag geplant eingehalten.

8 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die einzelnen im Projekt durchgeführten Arbeiten gingen deutlich über die Kernkompetenzen des Unternehmens hinaus. Durch die Ausführung dieses Vorhabens im Rahmen eines Verbundprojekts wurde durch intensive Diskussion und Kooperation der Partner untereinander die Kompetenz entsprechend erweitert. Die Realisierung des geplanten Vorhabens stellte ein deutliches wirtschaftliches Risiko für das Unternehmen dar und erforderte ein erhebliches Mehr an Kosten und Investitionen sowie Verwaltungsaufwand über das Projektvolumen hinaus. Die Risiken und die damit verbundenen Schwierigkeiten konnten durch die Zuwendung gemildert werden. Insgesamt kann eingeschätzt werden, dass die geleistete Arbeit den Zielstellungen des Projektes angemessen war.

9 Voraussichtlicher Nutzen/Verwertbarkeit der Ergebnisse

9.1 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten, wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten

Das Forschungsprojekt KEHL leistet einen wesentlichen Beitrag zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft im Bereich Gebäudemanagement, -sanierung oder -automation und aufgrund der damit zu erreichenden Energieeinsparungen von hoher volkswirtschaftlicher Bedeutung. Wettbewerbsvorteile entstehen durch flexible und adaptive Lösungen für das Energiemanagement. Die Nutzenpotentiale des Projekts sind als überaus gut einzuschätzen, da die Projektpartner für sich alleine, in bilateralen Kooperationen und in der Projektkonstellation insgesamt kurz-, mittel- und langfristige Verwendungsmöglichkeiten sehen und deren Erschließung konsequent verfolgen:

Kurzfristig entstehen Nutzenpotentiale zunächst in der umfassenden intelligenten Lösung zur Analyse von Energieverbrauchen und Energieverbrauchsmustern in Gebäuden liegen. Hierdurch werden für Nutzer und Betreiber von Gebäuden Energieverbräuche transparent (sichtbar) und Energieverschwendungen aufgezeigt..

Aus mittelfristiger Sicht profitiert das KEHL-Konsortium durch das gesammelte Know-how im Bereich intelligenter Energiemanagementlösungen für Gebäude, die aus dem Einsatz der KEHL-Methodik und des KEHL-Frameworks resultieren. Hierduch werden klarere Profilierungen in den dafür relevanten Marktsegmenten ermöglicht, was bspw. der Firma Actimage einerseits die Festigung der eigenen Marktposition in bestehenden Segmenten erlaubt und andererseits neue zu erschließen hilft. Dies verspricht nachhaltige Umsatzsteigerungen.

Langfristig streben Projektpartner die dauerhafte Verwertung der Projektergebnisse an. Ein gemeinsames Vermarktungsmodell der Partner Actimage und FZI wird über die Anpassung des Softwareframeworks an konkrete domänenspezifische Bedürfnisse der Endanwender geplant.

Fazit:

Die Ergebnisse des Projektes sind positiv und ermutigend und haben die Machbarkeit eines solchen Projektes hiermit bewiesen. Aus der Sicht von ACTIMAGE soll noch das ganze Jahr 2011 in das Projekt investiert werden, um Anfang 2012 ein marktfähiges Produkt vorstellen zu können.

Wie schon erwähnt hat ACTIMAGE sich für die Technologie von digitalSTROM entschieden, da diese am Besten dem Messgenauigkeitswunsch entsprach. Leider waren die Technologien zu diesem Zeitpunkt noch nicht marktreif und haben deshalb eine Verspätung in der Verwertung verursacht.

Infolgedessen plant ACTIMAGE noch eine Integrationsarbeit der BUS Technologien durch das ACTIMAGE Team in 2011, um vollständig in der Lage zu sein, eine marktfähige Lösung für 2012 zu erbringen. Aus technologischer Sicht sollen noch die Modelleaspekte optimiert und die Schnittstelleneinstellung mit der Technologie durchgeführt werden.

ACTIMAGE geht also davon aus, dass die Verwertung in ein marktfähiges Produkt ab 2012 möglich ist. Die Verkaufsplanung geht von folgenden Planzahlen in den ersten 3 Jahren nach Markteinführung aus (vgl.
Tabelle 1). Hierbei wird eine jährliche Lizenzgebühr für die Nutzung des Frameworks von 150 € veranschlagt. Weiterhin wird von einem Anteil der zusätzlich zu verkaufenden Servicedienstleistungen von 20% in Bezug auf den Lizenzumsatz ausgegangen.

Jahr nach Markteinführung	1	2	3	Kumuliert:
Verkaufte Lizenzen [Stk.]	400	1.200	3.600	5.200
Umsatz durch Lizenzen [€]	60.000	180.000	540.000	780.000
Umsatz durch Service [€]	12.000	36.000	108.000	156.000
Summe Umsatz [€]	72.000	216.000	648.000	936.000

Tabelle 1: Zusammengefasste Übersicht

9.2 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die Realisierung des Demonstrators im Rahmen dieses Projektes stellt eine wesentliche Grundlage für die Weiternutzung der Erkenntnisse in diesem Projekt dar. Dieser liefert eine wesentliche Rückkopplung über die Praxistauglichkeit. Bereits Teilelemente dieses Projektes lassen sich ggf. sinnvoll in die Entwicklung neuer oder verbesserter Produkte umsetzen und tragen somit zur Steigerung der Systemlösungskompetenz bei.

Die im Projekt erarbeiten Ansätze und Teilergebnisse können neben dem oben beschriebenen Markt im Bereich der Lösungen zur Energieeinsparung in weiteren Feldern verwertet werden.

So können durch die erstmalig vollständige Vernetzung vom Portal bis hin zum Endgerät neue innovative Lösungen entstehen wie z.B. die im Szenario beschriebene Sicherheitsfunktion.

Weiterhin kann die Basistechnologie der Konfiguration und Modellierung auch den Anbietern von Gebäudeautomationslösungen in Form einer schnellen Planung zu Gute kommen.

Dadurch ist ein sehr breiter Markt gegeben, in welchem die entstehenden Produkte eingesetzt werden könnten.

10 Ergebnisse Dritter

Uns sind keine Wettbewerbslösungen welche die gleichen Funktionalitäten wie die der KEHL-Plattform bereitstellen.

11 Veröffentlichung der Ergebnisse

Die Projektergebnisse wurden während der Projektlaufzeit folgendermaßen veröffentlicht:

- KEHL-Präsentation auf der Konferenz IEEE IPEC 2010 am 27.-29.10.2010 in Singapur.
- KEHL-Präsentation auf der Konferenz IEEE ICIEBM 2010 am 12.-13.10.2010 in Yogyakarta, Indonesien.
- Beitrag in der Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF) 06/10 , Hanser Verlag mit dem Titel „Wissensbasierte Energieanalyse – Verbesserte Energieeffizienz in Gebäuden des Privat- und Geschäftsbereichs“.
- Informationshomepage http://kehl.actihome.de errichtet.

Kehl, den 16.06.2011

_____
Ort, Datum

_____
Unterschrift + Firmenstempel