

Energy Efficiency and Risk Management in Public Buildings (EnRiMa)

M. Stadler

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

40/2014

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Energy Efficiency and Risk Management in Public Buildings (EnRiMa)

Dr. Michael Stadler
Zentrum für Energie und innovative Technologien
(Center for Energy and innovative Technologies, - CET)

EU ProjektpartnerInnen:
Stockholm Universität (SU), Schweden
University College London (UCL), Großbritannien
IIASA, Laxenburg, Österreich
Universidad Rey Juan Carlos (URJC), Spanien
Minerva Consulting & Communication (MCC), Belgien
SINTEF, Norwegen
Tecnalia Research and Innovation, Spanien
HC Energia (HCE), Spanien

Wien, Mai 2014

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse www.HAUSderZukunft.at Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Aktualisierte Kurzfassung	3
Abstract	9
1 Inhalte und Ergebnisse des Projekts.....	15
1.1 Beschreibung des Vorhabens	15
1.1.1 Zentrale Ziele des EU Projektes EnRiMa	16
1.1.2 Aufgaben aller EnRiMa Partner	16
1.2 CET EnRiMa Aufgaben und Erfüllungsgrad	18
1.3 Abweichungen zum Projektantrag	20
1.4 Highlights von EnRiMa	20
1.4.1 Methodische Vorgehensweise.....	20
1.4.2 Benutzeroberfläche	23
1.4.3 Energie Audit Ergebnisse – Einsparungen mit EnRiMa	26
2 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	27
2.1 Zielgruppen und weiterführende Arbeiten.....	28
2.1.1 INNOSPIRIT (CET)	28
2.1.2 Erweiterte Energie Audits (CET)	28
2.1.3 EU Horizon 2020 Projektantrag (TECNALIA, SU, UCL, HCE, CET)	28
2.1.4 VINNOVA (SU).....	28
2.1.5 Spanish Technological Platform for Energy Efficiency (TECNALIA und HCE) ..	29
2.1.6 Zusammenfassung.....	29
3 Darstellung von Verbreitungs- und Verwertungsmaßnahmen	29
3.1 Publikationen und Meetings	29
3.2 Markt und Ökonomische Potential	30
4 Ausblick und Empfehlungen	31
5 Literaturverzeichnis	32
6 Abbildungsverzeichnis	35
7 Anhang, E-nova 2013 Programm	36

Aktualisierte Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

Für die Abdeckung des Energiebedarfs von Gebäuden ist im europäischen Durchschnitt ein Drittel der verwendeten Energie notwendig. Der Energiebedarf im Gebäude- und Dienstleistungssektor wird zukünftig weiter steigen. Es ist mit einem Anstieg von derzeit 32,5 auf 39,3 Milliarden MWh/a (2030) zu rechnen (Exxon Mobil, 2010). Die Europäische Kommission versucht mit der Verabschiedung und der Umsetzung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz (EU, 2010) von Gebäuden einen Gegentrend einzuleiten. Die Reduktion des konventionellen Energiebedarfs soll durch die Reduktion des Energieverbrauchs selbst und durch eine steigende Verwendung von Erneuerbaren Energien andererseits erfolgen.

Inhalte und Zielsetzungen

Das übergeordnete Ziel von EnRiMa war es, ein Entscheidungsfindungssystem (Decision-Support-System, DSS) für Betreiber von Gebäuden im öffentlichen Bereich zu entwickeln. Durch die Anwendung eines „multi-objective“ Optimierungsansatzes, ermöglicht das EnRiMa-DSS die Verbesserung der Energieeffizienz auf kostengünstigste Art und Weise, unter Berücksichtigung von Komfort und finanziellem Risiko. EnRiMa berücksichtigt oftmals in Widerspruch stehende Ziele, wie Kostenminimierung, die Deckung des Energiebedarfs, die Effizienzsteigerung, Emissionsminderung, oder Reduzierung des finanziellen Risikos. Das EnRiMa-DSS ermöglicht auch eine langfristige Planung zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebereich, insbesondere eine Analyse zur Nachrüstung und/oder Erweiterung der vor Ort befindlichen Energiesysteme. Folgende Technologien finden in EnRiMa Berücksichtigung: passive Gebäudetechnologien wie energieeffiziente Fenster und Gebäudehüllen, PV, solar thermische Anlagen, elektrische und thermische Speicher, Brennstoffzellen und andere dezentrale Kraft-Wärme-Kopplungssysteme. Das System kann jederzeit um neue Technologien erweitert werden.

Methodische Vorgehensweise

Nach eingehender Bestandsaufnahme und Modellierung der Energieflüsse, wurde das EnRiMa-DSS entwickelt und getestet. Die Laboranlage KUBIK in Bizkaia, Spanien diente dazu, den Betrieb und die Funktionsfähigkeit des DSS zu testen, während in einem Gemeindezentrum in Siero, Nordspanien und dem Campus Pinkafeld in Österreich das EnRiMa-DSS im Echtbetrieb getestet wurde. ENERGYbase in Österreich diente aufgrund der hochwertigen Messinfrastruktur als Kalibrierungsgebäude.

Im Projekt EnRiMa wurde einerseits ein Operatives DSS und andererseits ein Strategisches DSS erstellt. Beim Operativen DSS wird die operative Optimierung des nächsten Tages betrachtet. Das Strategische EnRiMa-DSS bestimmt mögliche Investitionsentscheidungen für das Gebäude. Beim Operativen DSS ist der Benutzerkomfort das zentrale Qualitätskriterium, das zu gewährleisten ist. Im Vergleich dazu, verfolgt das Strategische

DSS eine reine Kosten- bzw. Emissionsminimierung für die nächsten Jahre. Im Falle des Strategischen EnRiMa-DSS handelt es sich um ein stochastisches Optimierungsmodells, das Unsicherheiten in den Energiepreisen, etc. berücksichtigt. Im Falle eines unabhängigen Energieaudits in Pinkafeld wurde das Operative EnRiMa-DSS getestet.

Die erzielbaren Energieeinsparungen seitens EnRiMa wurden durch unabhängige Auditoren getestet. Für Campus Pinkafeld ergeben sich durchschnittliche Energieeinsparungen von ca. 8% ohne jegliche Technologieinstallationen. Der durchgeführte operative EnRiMa Audit zeigt aber starke Schwankungen an den verschiedenen Testtagen und Einsparungen bis zu 16% sind möglich, durch optimierten Betrieb, am Campus Pinkafeld. Audits am Strategischen EnRiMa am Gemeindezentrum in Siero in Spanien, durchgeführt vom spanischen Projektpartner und Applus Norcontrol, S.L.U., zeigen CO₂ Einsparungspotentiale von bis zu 17%.

Ressourcen, Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Arbeitspaket 1: Requirement Analysis

Im Zuge dieses Arbeitspaketes wurden sowohl relevante Daten der Referenzgebäude als auch die regulatorischen Rahmenbedingungen sowie die Marktbedingungen evaluiert. Dazu wurden sowohl die genutzten Energiequellen und die auftretenden Lasten der beiden Referenzstandorte in Österreich und Spanien sowie deren ökonomische und technische Parameter, als auch die vorherrschende Marktsituation, evaluiert. Die Informations- und Kommunikationstechnologie jedes Standortes wurde hinsichtlich der Kompatibilität mit dem zu entwickelnden DSS analysiert. Ziel dieses Arbeitspaketes war es alle ökonomischen und regulatorischen Rahmenbedingungen der Standorte und die möglichen auftretenden Unsicherheiten und Probleme zusammenzufassen.

Arbeitspaket 1 wurde wie geplant fertiggestellt und die notwendigen Daten für Campus Pinkafeld und ENERGYbase erhoben und in einem Bericht zusammengefasst (Groissböck et al., 2011 und Edlinger et al., 2011)

Arbeitspaket 2: Modelling Energy Flows

Ziel dieses Arbeitspakets war es, die Energieflüsse der Referenzstandorte darzustellen, um daraus mathematische Bedingungen, basierend auf Energieübertragungsmechanismen, zu entwickeln. Dazu wurden, basierend auf den Ergebnissen aus dem Arbeitspaket 1, diejenigen Punkte in den Referenzsystemen evaluiert, in denen Energieumwandlungen zwischen Energieformen, zum Beispiel elektrische Energie in Licht und Wärme, stattfinden. Im nächsten Schritt wurden die auftretenden Energieflüsse evaluiert und zusammen mit den ermittelten Energieumwandlungspunkten Sankey Diagramme, auch Energieflussdiagramme genannt, erstellt. Mithilfe dieser Diagramme können die Lasten jedes Referenzstandortes den jeweiligen Energiequellen zugeordnet werden. Basierend auf den gesammelten Daten von Energieverbrauch und Energiebereitstellung wurden die Übertragungseffizienzen auf jeder Ebene im Sankey Diagramm berechnet. Ergebnis dieser Berechnung ist eine

Datenbank von Übertragungseffizienzen, auf welche das zu entwickelnde stochastische Optimierungsmodell im Berechnungsfall zugreifen kann.

Arbeitspaket 2 wurde wie geplant fertiggestellt und die Energieflüsse in den Gebäuden analysiert und die Effizienzen der Energieumwandlung wurden bestimmt. Energieflüsse von ENERGYbase finden sich auf http://www.cet.or.at/enrima/sankey_de.php.

Arbeitspaket 3: Scenario Generation Tool for Energy Prices and Loads

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, ein Werkzeug zu entwickeln, welches Energiepreise und Lasten für verschiedene Szenarios generieren kann. Im ersten Schritt wurden historische Daten von Strompreisen und Gaspreisen des Spotmarktes und des Future Marktes von Österreich und Spanien gesammelt. Im Anschluss wurden die gesammelten historischen Daten analysiert und basierend auf dieser Analyse wurden mathematische Modelle entwickelt, um sowohl kurzzeitige als auch längerfristige Prognosen für finanzielle Parameter und Verbrauchsparameter zu generieren. Neben den historischen Daten von Strompreisen und Gaspreisen flossen in die Modellentwicklung auch Wetterdaten ein.

CET hat keine Rolle im Arbeitspaket 3 von EnRiMa.

Arbeitspaket 4: DSS for Energy-Efficient Facilities under Uncertainty

Dieses Arbeitspaket vereint alle vorherigen EnRiMa Arbeitspakete zu einem modellbasierten DSS Modell, welches von Betreibern von Energiesystemen zur stochastischen Optimierung dieser Systeme verwendet werden kann. In diesem Arbeitspaket wurde das stochastische mathematische Modell entwickelt.

CET hat keine Rolle im Arbeitspaket 4 von EnRiMa.

Arbeitspaket 5: Seamless GUI for DSS and Installation at Laboratory Facility

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, eine grafische Benutzeroberfläche (Graphic User Interface) für das DSS zu entwickeln und das DSS in einem Referenzgebäude zu integrieren. Im ersten Schritt wurden das Design der Benutzeroberfläche sowie die Ansprüche an die Benutzeroberfläche, sowohl aus technischer Sicht, als auch aus dem Blickwinkel der Anwender betrachtet und spezifiziert. Basierend auf diesen Spezifikationen wurden sowohl die Architektur der graphischen Benutzeroberfläche als auch die Spezifikationen für das technische Design der einzelnen Module der graphischen Benutzeroberfläche definiert. Im nächsten Schritt wurde ermittelt, welche Dienste und End-user-Tools in die graphische Benutzeroberfläche implementiert werden. Das um das GUI erweiterte DSS wurde im Anschluss an die Programmierarbeiten am Referenzstandort in Spanien und Österreich getestet, und basierend auf dem gewonnenen Feedback Verbesserungen durchgeführt.

Im Arbeitspaket 5 war CET verantwortlich für:

- das Programmieren der Kommunikation und Web-Service Dienstes zwischen den Wetterdiensten, des Desigo™ Gebäudemanagementsystems und dem EnRiMa Server in Stockholm
- CET programmierte maßgeblich das Web-User Interface in Kooperation mit der Stockholm Universität (SU)
- CET testete das Interface am Campus Pinkafeld.

Bei dem EnRiMa-DSS handelt sich um eine Browser Anwendung, welche ohne Installation eines lokalen Programmes auskommt und die Optimierung über das Internet bei einem EnRiMa-Server durchführt¹. Um unabhängig von jeglichen Betriebssystemen zu sein, wurde im Projekt EnRiMa die Programmiersprache Java verwendet.

Das Arbeitspaket wurde wie geplant fertiggestellt und das Interface ist voll einsatzbereit und kann auf andere Gebäude übertragen werden. So wurde z.B. mit Hilfe der Ko-Finanzierung seitens des bmvits ein Vertrag mit Campus Pinkafeld über ein Nachfolgeprojekt ausgearbeitet, der EnRiMa in einem Gebäude in Österreich oder Ungarn, im Rahmen des EU-Projekts INNOSPIRIT, installiert und getestet. Es wird ein EnRiMa Verwertungsplan im Zuge von INNOSPIRIT erstellt (INNOSPIRIT, 2014).

Arbeitspaket 6: GUI and DSS Validation at Test Facilities

Dieses Arbeitspaket schloss die Entwicklung des DSS mit einem Testlauf in den Referenzgebäuden unter realen Arbeitsbedingungen ab. Dazu wurde das entwickelte Decision Support System in das bestehende Building Management System (BMS) der Referenzgebäude implementiert. Der erste Schritt des Arbeitspaketes bestand aus einer Neubewertung der Referenzumgebungen, um die Anforderungen an das DSS zu aktualisieren bzw. zu bestätigen. Danach wurde das Modell entsprechend der Neubewertung angepasst, um es anschließend in die bestehende Informations- und Kommunikationsstruktur der Referenzgebäude zu integrieren. Anschließend wurde die Integration des implementierten Systems bewertet und getestet, und aus dem gewonnenen Feedback gegebenenfalls Verbesserungen abgeleitet.

Das Arbeitspaket 6 wurde wie geplant fertiggestellt und Informationen von den Tests an den Testobjekten direkt in EnRiMa eingebaut. Diese Tests führten dazu, dass CET ein verbessertes mathematisches/physikalisches Zonenmodell vom Campus Pinkafeld entwickelte, welches als Basis für ein in Arbeit befindliches Journal Paper dient.

Arbeitspaket 7: Recovery-of-Investment Analysis

¹ Für die direkte Einbindung der Ergebnisse in ein Building Management Systems ist das EnRiMa Kommunikationsmodul auf der Client Seite notwendig. Dieses Modul ist jedoch auch in java entwickelt worden, sodass es unabhängig vom verwendeten Betriebssystem ist.

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, den wirtschaftlichen Nutzen des Optimierungsprogramms zu bewerten. Dazu wurden im ersten Schritt basierend auf den technischen, regulatorischen und den Marktbedingungen der Referenzstandorte Business-as-usual-Szenarien definiert, welche in weiterer Folge zur Bewertung des Optimierungsmodells herangezogen wurden. Mithilfe des Optimierungsmodells wurden vordefinierte Zukunftsszenarien simuliert, welche den optimierten Betrieb des Gebäudes repräsentieren. Die Ergebnisse dieser Simulationen wurden mit denen des Business-as-usual-Szenarios verglichen und analysiert. Basierend auf diesem Ergebnisvergleich konnten der quantitative wirtschaftliche Nutzen und die realisierten Energieeinsparungen bewertet werden.

Das Arbeitspaket 7 wurde wie geplant fertiggestellt und CET war maßgeblich an der Entwicklung einer Auditstruktur für das Operational EnRiMa-DSS beteiligt. Aufgrund der innovativen Natur von EnRiMa, war es dem Energieauditor TechnologieOffensive Burgenland nicht möglich einen Audit auf Basis von bestehenden Regelwerken durchzuführen. Deshalb wurde eine extensive Struktur in Zusammenarbeit mit der TechnologieOffensive Burgenland entwickelt und in einem realen Audit am Campus Pinkafeld verwendet. Diese Prozedur wurde im März 2014 von der TechnologieOffensive Burgenland in einem unabhängigen Energieaudit am Campus Pinkafeld angewendet und ergibt ca. 8% Einsparung ohne jegliche Technologieinstallation. Ein Testtag zeigt 16% Einsparungen.

Arbeitspaket 8: Dissemination and Exploitation

Dieses Arbeitspaket behandelte die Erschließung des Gebäudemarktes und die Verbreitung und den Vertrieb des DSS. Ziel dieses Arbeitspaketes war es, die potentiellen Nutzer des DSS über die Ergebnisse und den Nutzen des Programmes zu informieren, beziehungsweise zu überzeugen.

CET hatte keine offizielle Rolle im Arbeitspaket 8 von EnRiMa, beteiligte sich aber an einer Vielzahl von Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse.

CET's Beitrag:

- 16 EU-Berichte und interne EnRiMa Berichte wurden verfasst (in Zusammenarbeit mit den anderen EnRiMa Partnern)
- Kooperationsvertrag mit Campus Pinkafeld im Rahmen vom Projekt INNOSPIRIT um weitere Gebäude mit dem EnRiMa-DSS zu testen und Erstellung von Verwertungsplan für INNOSPIRIT Partners.
- Kooperationsvertrag mit Siemens
- CET organisierte zwei EnRiMa Sessions bei der e-nova 2013 Konferenz. Das bmvit und Haus der Zukunft unterstützen die e-nova Konferenz (siehe Anhang 7, siehe auch Stadler et al. 2013, Berger et al. 2013, Berger et al. 2013a)
- Teilnahme an einem nationalen Haus der Zukunft Plus Workshop am 22 Mai 2012
- Präsentation der EnRiMa Ergebnisse bei der e-nova 2011, e-nova 2012 und e-nova 2013 (Groissböck et al. 2011, Groissböck et al. 2012, Rocha et al., 2013)

- Präsentation von EnRiMa bei den World Sustainable Days 2013 in Wels (Groissböck et al. 2013)
- Eine EnRiMa Präsentation bei einer internationalen Konferenz (Henkel et al. 2013)
- Ein EnRiMa Fachbeitrag in einer Fachzeitschrift (Stadler et al. 2012)
- Zwei Journal Artikel wurden publiziert (Perea et al. 2013, Groissböck et al. 2013a, Groissböck et al. 2013b)
- Zwei Journal Artikel sind derzeit in Vorbereitung (für *Energy* von IAAE und *Energy and Buildings* von Elsevier)

Arbeitspaket 9: Management and Coordination

Das Arbeitspaket 9 (Projektmanagement) diente zur Kommunikation und Abstimmung mit den internationalen Projektpartnern.

Ausblick

Verwertung von EnRiMa innerhalb vom Projekt INNOSPIRIT durch CET

Beim Projekt INNOSPIRIT handelt es sich um ein von der Europäischen Union gefördertes Projekt im Rahmen der Europäischen territorialen Kooperation zwischen Ungarn und Österreich. Ziel ist es, den Einsatz von verfügbaren Technologien in Städten und Regionen konsequent zu verbessern. Insbesondere steht die klare Organisation des Wissens über verfügbare Stadttechnologien, sowie die Ermittlung notwendiger Rahmenbedingungen zu deren erfolgreicher Transferierung im Vordergrund.

Durch das Projekt soll unter anderem der Technologieeinsatz und *Technologietransfer* in den teilnehmenden Städten der Programmregion optimiert und harmonisiert werden.

Entsprechende neue Methoden und Dienstleistungen sollen entwickelt und umgesetzt, die Technologienutzung für städtische Aufgabenfelder in den teilnehmenden Städten analysiert und ein Strategieplan für potentielle Folgeprojekte entwickelt werden. Weiteres sollen mindestens vier aufbereitete Good Practice-Beispiele ausgearbeitet werden (INNOSPIRIT, 2014).

Campus Pinkafeld und CET haben einen Kooperationsvertrag unterzeichnet um EnRiMa in einem Gebäude in Österreich oder Ungarn zu installieren und einen Verwertungsplan zu erstellen.

Verwertung von EnRiMa durch die anderen EU Projektpartner

Das EnRiMa Konsortium hat im Arbeitspaket 7 einen detaillierten Verwertungsplan mit 4 detaillierten Business Cases entwickelt (siehe auch EnRiMa 2014).

Abstract

Starting point/Motivation

On average, one-third of Europe's use of energy is required to supply the energy demand in buildings. Annual energy demand in households and services is expected to rise from currently 32.5 PWh to 39.3 PWh in 2030 (Exxon Mobil, 2010). With the adoption and implementation of directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings, the European Union (EU) attempts to initiate a counter-trend (EU, 2010). The goal is to reduce conventional energy consumption by reducing energy demand itself and by increasing the use of renewable energy sources in buildings.

Contents and Objectives

The overall objective of EnRiMa was to develop a decision-support system (DSS) for operators of public buildings. By providing integrated management of conflicting goals such as cost minimisation, meeting energy demand, efficiency, and emission-reduction requirements as well as risk management, the DSS enables operators to improve building energy efficiency in the most cost-effective manner based on their tolerances for comfort and risk. The DSS enables long-term planning aimed at increasing energy efficiency, specifically analyses of retrofits and/or expansion of on-site energy sub-systems, in order to meet forthcoming EU targets for reducing CO₂ emissions. Following technologies are considered: passive building measures as highly insulating windows and building shells, PV, solar thermal, electric and thermal storage, fuel cells and other decentralized combined heat and power (CHP). EnRiMa can be extended by new technologies.

Methods

After a careful analysis of the existing energy systems at four sites in Austria and Spain the DSS was designed. A laboratory facility in Bizkaia, Spain served for laboratory testing of the DSS, while a community centre in Siero, northern Spain and the University of Applied Science Burgenland, Campus Pinkafeld were the venues for the real-world validation exercise. Due to the state-of the art data collection system at ENERGYbase in Austria it was used for the EnRiMa DSS calibration.

Within the project EnRiMa an Operative and a Strategic DSS has been created. The Operative DSS performs the operational optimization for the next day(s). The Strategic DSS determines feasible investment decisions for a given building. Within the Operative DSS the user comfort is the main criterion, which has to be guaranteed. By comparison the Strategic DSS is a pure cost and/or emission minimization algorithm for the next years. In the case of the Strategic DSS, a stochastic optimization, which considers uncertainty as e.g. energy prices is available.

Finally, the EnRiMa savings were measured by independent energy auditors. For Campus Pinkafeld average savings of 8% can be achieved by using the operative EnRiMa, which

does not require any new technology to be adopted at the site. However, the results show considerable deviations between the different test days and one day shows even 16% savings, by operating the building in an optimized way. The Strategic audit at the community center in Spain, performed by the Spanish project partner and Applus Norcontrol, S.L.U. indicates up to 17% CO₂ emission reductions.

Resources, Results, and Conclusions

Work package 1: Requirement Analysis

The main goal of this work package was to collect data, identify key uncertainties, evaluate market and regulatory environments, and access information and communication technology requirements at the test sites. Therefore, the used energy sources and the occurring energy loads of the test sites in Austria and Spain were evaluated and analyzed in terms of both ecological and technical parameters. The information and communication technology of every test site was analyzed regarding the compatibility with the DSS being developed. The main result of this work package was a compendium of all market and regulatory conditions and key uncertainties as a base for the mathematic modelling of the DSS.

Work package 1 was finished as planned and all needed data for Campus Pinkafeld and ENERGYbase was collected and is summarized in two reports (Groissböck et al., 2011 und Edlinger et al., 2011).

Work package 2: Modelling Energy Flows

The goal of this work package was to map the dependencies of the energy flows from the test sites in order to create mathematical constraints based on energy transfer efficiencies. Therefore, the points in the reference system, where energy transfer between energy forms such as electricity, light or heat occur, were evaluated. The next step was to evaluate occurring energy flows and to show them in a Sankey diagram. By using this diagram it is possible to link the energy loads of every test site to their energy sources. Based on the collected data concerning energy sources and loads, the energy transfer efficiency in every level of the Sankey diagram was calculated. The result of this calculation was an energy transfer efficiency data warehouse used in the stochastic optimization model.

Work package 2 was finished as planned and all building energy flows were analyzed and the according energy conversion efficiencies calculated. The energy flows for ENERGYbase can be found at http://www.cet.or.at/enrma/sankey_de.php.

Work package 3: Scenario Generation Tool for Energy Prices and Loads

The goal of this work package was to develop a scenario generation tool for energy prices and loads. The first task of this work package was to collect data of historical electricity and gas prices in spot and future markets from Austria and Spain. Based on the analysis of the collected data mathematical models for short-term and long-term forecasting concerning the energy prices and the loads were developed. Beside the historical energy prices also historical weather data was used for the development of the forecasting models.

CET had no project role in this work package.

Work package 4: DSS for Energy-Efficient Facilities under Uncertainty

This work package combines the results of all previous work Packages of EnRiMa to a model based DSS engine used by operators of energy facilities to optimize these facilities. The algorithms for the solution of the stochastic optimization were selected and implemented into the DSS engine.

CET had no project role in this work package.

Work package 5: Seamless GUI for DSS and Installation at Laboratory Facility

The main goal of this work package was to create a Graphic User Interface (GUI) for the DSS engine and to integrate and test the EnRiMa DSS at a real test site. In the first step the design of the user interface and the technical requirements as well as the requirements concerning the end user of the DSS were defined. Based on these specifications the architecture and the technical design of the different GUI-modules were defined. The GUI-enabled DSS was tested and improved based on the feedback generated at the reference building in Spain and Austria, where the DSS was implemented.

In work package 5 CET was specifically responsible for:

- programming the web-service communication between weather sites, the existing Desigo™ Building Management System (BMS), and the EnRiMa server in Stockholm
- programming of the EnRiMa web-user interface in cooperation with Stockholm University (SU)
- testing of the web-services and user interface at the test site Campus Pinkafeld.

The EnRiMa-DSS is accessed via a web-browser application, which does not require any installation on the local computer². The optimization is executed on the EnRiMa server in Stockholm and the input data as well results are sent via the internet to the local browser. To be independent from the local operating system java has been used as the programming language.

The work package has been finished as planned and the interface is ready for usage. It can be applied easily to another building. With help of the co-funding from the bmvit a cooperation with the EnRiMa test site Campus Pinkafeld was initiated and a contract signed that allows testing it at another building in Hungary or Austria. This will be done within the project INNOSPIRIT. In course of INNOSPIRIT a dissemination plan will be designed (INNOSPIRIT, 2014).

² If the results of the optimization should be directly channeled into a BMS then the EnRiMa client communication module needs to be installed on the client site. However, this is also programmed in java and operating system independent.

Work package 6: GUI and DSS Validation at Test Facilities

This work package concluded the second and final phase of testing the DSS at the real world sites under real world conditions. Therefore, the developed DSS was implemented and connected to an existing Building Management System (BMS) in a reference building. The first task of the implementation was a reassessment of the site environment to verify and confirm the site requirements defined in WP1. After this re-assessment the model was adapted and then integrated in the information and communication structure of the reference building. Afterwards the integration of the implemented system was analyzed, and based on these results improvements concerning the system were derived and carried out.

The work package has been finished as planned and information collected in the building site tests have been incorporated in EnRiMa. These tests resulted in an improved thermodynamic model of the test site Pinkafeld that allows more accurate modelling of zonal temperatures within EnRiMa. This work will result in a Journal paper that pushes the science in this area.

Work package 7: Recovery-of-Investment Analysis

The goal of this work package was to evaluate the economic benefit of the optimization program EnRiMa. Therefore, based on the technical conditions, the market, and regulatory environment of the test sites, business-as-usual cases were defined. These business-as-usual cases represented the base for further evaluations. Using the optimization models, future cases representing the optimized working mode of the building were simulated. A comparison between the results of the future cases and the business-as-usual cases was executed to rate the quantitative economic benefit and the achieved energy savings.

The work package has been finished as planned and CET was the lead institution for designing a new audit structure which can be applied to the Operational EnRiMa-DSS and similar future buildings using EnRiMa. Because of the innovative nature of EnRiMa the auditor TechnologieOffensive Burgenland was not able to perform an energy audit based on the existing standards and norms.

A short presentation of this procedure can be found at Stadler et al., 2013. The March 2014 energy results in proven 8% energy cost savings at the site without any new investment. One test day even shows 16% savings.

Work package 8: Dissemination and Exploitation

This work package consisted of activities aimed at disseminating EnRiMa activities. The main goal of this work package was to inform potential user of the EnRiMa DSS about the results and the benefits of the program.

CET had no official role in this work package. However, also because of the co-funding from the bmvit CET had a leading role in the publication and dissemination processes.

CET's contribution:

- 16 EU reports and internal reports were written (together with the other project partners)
- Collaboration agreement with Campus Pinkafeld in course of the project INNOSPIRIT to research more buildings with the EnRiMa-DSS. Dissemination plan for INNOSPIRIT partners will be designed together with Campus Pinkafeld.
- Cooperation agreement with Siemens
- CET organized two special EnRiMa sessions at the e-nova 2013 conference. The bmvit and House of the Future are supporters of that conference (see also Anhang 7, Stadler et al. 2013, Berger et al. 2013, Berger et al. 2013a)
- Participation at one national House of the Future workshop, May 22nd 2012
- Presentation of the EnRiMa work and results at the e-nova 2011, e-nova 2012 and e-nova 2013 (Groissböck et al. 2011, Groissböck et al. 2012, Rocha et al., 2013)
- Presentation of EnRiMa at the World Sustainable Days 2013 in Wels (Groissböck et al. 2013)
- Presentation of EnRiMa at an international conference (Henkel et al. 2013)
- One EnRiMa trade journal article (Stadler et al. 2012)
- Three published journal papers (Perea et al. 2013, Groissböck et al. 2013a, Groissböck et al. 2013b)
- Two journal publications are in preparation (for *Energy* from IAEE and *Energy and Buildings* from Elsevier)

Work package 9: Management and Coordination

Work package 9 ensured effective communications between the project partners and CET team members.

Prospects / Suggestions for Future Research

Dissemination of EnRiMa within INNOSPIRIT by CET

The coordinator of the e-nova congress, Campus Pinkafeld, is a part of a project team that deals with technology transfer to Hungary and product development. This is part of the EU-financed project INNOSPIRIT (INNOSPIRIT, 2014). Furthermore, they are looking for developed systems and are trying through technology transfer to establish those systems in the local market. By the support of this project, further EnRiMa commercial activities will be available.

The objective of the INNOSPIRIT project is to improve technology transfer of innovations to cities and regions in parts of Austria and Hungary. INNOSPIRIT is funded through the EU's European Regional Development fund to improve collaboration between regions to enable economic convergence.

The INNOSPIRIT project started in January 2013. Besides the coordinator TINA Vienna Urban Technologies & Strategies GmbH, the Austrian partners are the University of Applied Science Burgenland, Campus Pinkafeld and Bad Radkersburg Beteiligungsgesellschaft m.b.H. On the Hungarian side is Pannon Business Network a partner. Within the project, at

least four good practice examples will be developed that show how to transfer technology most effectively and how to provide new methodologies and services in cities and regions.

The project's link to EnRiMa is through the test site Campus Pinkafeld, which is one of the two University of Applied Science Burgenland campuses. Pinkafeld also partnered with the Center for Energy and Innovative Technologies (CET) at the e-nova 2013 conference and organized two special EnRiMa sessions at Pinkafeld in November 2013. During the demonstration of the operational DSS module, it became clear that EnRiMa could be a good practice example within the INNOSPIRIT project. Therefore, Pinkafeld and CET took the lead to include EnRiMa in INNOSPIRIT. CET and Pinkafeld signed a collaboration agreement for this commercialization effort. As an example of exemplary practice concerning technology innovation and transfer, Pinkafeld and CET will collaborate to identify a good EnRiMa candidate building within INNOSPIRIT. This site will then be used as an incubator for further DSS customization to lead to more widespread adoption. Also, a dissemination plan might be designed within INNOSPIRIT.

Dissemination of EnRiMa by other EnRiMa project partners

The EnRiMa partners designed very detailed commercialization plans and four detailed business plans (see also EnRiMa 2014).

1 Inhalte und Ergebnisse des Projekts

1.1 Beschreibung des Vorhabens

CET führte gemeinsam mit sieben anderen europäischen Partner-Institutionen und -Firmen das EU-Projekt „Energy Efficiency and Risk Management in Public Buildings“ (EnRiMa), („Energie Effizienz und Risikomanagement in öffentlichen Gebäuden“) durch. Das Projekt hatte mit 1. Oktober 2010 begonnen und hatte eine Laufzeit von 42 Monaten. Es wurde mit 31 März 2014 abgeschlossen.

Das Ziel des EU-Projektes EnRiMa ist es den Energieeinsatz in öffentlichen Gebäuden zu optimieren, sodass die CO₂-Emissionen und/oder die notwendigen Energiekosten minimiert werden. Im Rahmen dieses Projekts wurde ein Optimierungsprototyp (Decision Support System, DSS) entwickelt, der notwendige Daten wie Wetterdaten, Strompreisprognosen, und ähnliches für den nächsten Tag heranzieht, um basierend darauf eine Verbrauchsprognose zu erstellen. Mit dieser Verbrauchsprognose werden dann die notwendigen Strom- und Wärmelasten bzw. Eigenerzeugung (z. B. Kraftwärmekopplung, Photovoltaik, solarthermische Anlagen und Batterien) gesteuert, sodass die Kosten und/oder CO₂-Emissionen im laufenden Betrieb minimiert werden.

Im Zuge einer strategischen Planung werden aber auch möglichen Gebäudesanierung bzw. der Einsatz von neuen Technologien zur Deckung der Strom- und Wärmelasten untersucht. In dieser ganzheitlichen Betrachtung, welche derzeit einzigartig in Europa ist, wird die beste bzw. günstigste Kombination von passiven und aktiven Optionen gesucht. Dies könnte z. B. die Verwendung von Photovoltaik, solarthermische Anlagen, Speichersystemen (Strom und Warmwasser) und/oder ein Fenstertausch oder auch eine Gebäudeisolierung sein.

Die Innovation dieses Projektes ist, dass es diese Optimierung an existierende Gebäudeleit-/Energiemanagementsysteme, wie DESIGO™ von Siemens, anbindet, um aktuelle Gebäudedaten zu sammeln, auswertet und über das Internet an die EnRiMa Optimierungsplattform weiter leitet. Im nächsten Schritt werden die Daten mit Wetterprognosen aus dem Internet kombiniert, die Optimierung durchgeführt und an den Gebäudebetreiber die Ergebnisse übermittelt und an das Leitsystem weitergeleitet. Dieser Ansatz erlaubt es die Optimierung, ohne großen Installationsaufwand, für eine Vielzahl von existierenden Gebäuden durchzuführen und im Falle von neuen oder geplanten Gebäuden auf eine Datenbank zuzugreifen, die auch die optimale Investitions- bzw. Renovierungsentscheidung findet. Der Verein CET hat deshalb auch einen Kooperationsvertrag mit der Fachhochschule Burgenland, Campus Pinakfeld abgeschlossen und wird EnRiMa im Projekt INNOSPIRIT in Österreich und/oder Ungarn verwerten (INNOSPIRIT, 2014).

Der erstellte Optimierungsprototyp wurde anhand von einem österreichischen und spanischen Testobjekt (Fachhochschule Burgenland Campus Pinkafeld, bzw. FASAD) im realen Betrieb, im Rahmen des Projekts EnRiMa, getestet.

Der im Zuge dieses Projektes erstellte Software-/Optimierungsprototyp ermöglicht die Erreichung geringerer Energiekosten und die Senkung von CO₂-Emissionen bzw. gibt Empfehlungen für eine Gebäudesanierung an. Weiteres leitet das Projekt politische Maßnahmen ab, die effizientere Fördermaßnahmen für den Gebäudebereich ermöglichen (siehe auch EnRiMa 2014a).

1.1.1 Zentrale Ziele des EU Projektes EnRiMa

Die zentralen Ziele des EU-Projektes EnRiMa können der nachstehenden Liste entnommen werden:

- Energieeinsatz in öffentlichen Gebäuden optimieren
- Entwicklung des stochastischen Optimierungsprototyps (Decision Support System, DSS) der notwendigen Daten wie Wetterdaten, Strompreisprognosen, und ähnliches heranzieht, um basierend darauf eine Verbrauchsprognose zu erstellen und den Energieeinsatz zu optimieren.
- Erstellung der physikalischen und mathematischen Gleichungen für Gebäude und dezentrale Energieversorgung (PV, KWK, etc.)
- Erstellung einer bedienerfreundlichen Schnittstelle (web-basierend) um die Optimierung einfach durchführen zu können
- Testen des Decision Support Systems an realen Gebäuden in Österreich und Spanien
- Internationale Verbreitung der Ergebnisse.

Um diese Ziele zu erreichen fördert das BMVIT den Verein Zentrum für Energie und innovative Technologien (Center for Energy and innovative Technologies - CET) mit einer Kofinanzierung des EU-Projekts EnRiMa.

1.1.2 Aufgaben aller EnRiMa Partner

Um die genannten Ziele erreichen zu können, waren folgende Arbeitsschritte notwendig:

- Auswahl von geeigneten Testgebäuden in Österreich (ENERGYbase und Campus Pinkafeld) und in Spanien (FASAD). Für diese Testgebäude mussten die technischen und organisatorischen Bedingungen bestimmt und bewertet werden. Ein wichtiger Punkt hier ist die Ziele der Gebäude zu definieren (CO₂ versus Kostenoptimierung, oder Strombezugsoptimierung, etc.), da dies das Optimierungstool beeinflusst. Hier mussten auch die Informations-Technologie (IT) Randbedingungen analysiert werden und ein Konzept für die Kommunikation mit dem Gebäudemanagementsystem (DESIGO™ von Siemens) ausgearbeitet werden. Diese Arbeiten wurden im *work package (WP) 1 „Requirement Analysis“* durchgeführt.
- Die Energieflüsse in den Gebäuden mussten mathematisch dargestellt und analysiert werden, um die möglichen Effizienzpotentiale zu identifizieren. Weiteres, wird es durch diese mathematische/physikalische Beschreibung möglich sein rationale Entscheidungen für erneuerbare Technologien und Gebäudesanierung zu treffen. Diese Arbeiten wurden im *WP2 „Modelling Energy Flows“* durchgeführt.

- Ein wichtiges Ziel von EnRiMa ist es, Unsicherheiten in den Technologien und Märkten zu bestimmen, da diese maßgebend die Investitionsentscheidung beeinflussen und z.B. unsichere Randbedingungen bei Einspeisetarifen erneuerbarer Technologien negativ beeinflussen können. Mögliche Unsicherheiten wie z.B. Preise, Tarife, Marktregulierungen wurden hier analysiert und auf deren Einbindung in EnRiMa hin überprüft. Diese Arbeiten wurden im *WP3 „Scenario Generation Tool for Energy Prices and Loads“* durchgeführt.
- Im nächsten Schritt mussten die mathematisch/physikalischen Modelle aus WP2 und die Erkenntnisse bezüglich der Unsicherheiten in einer Optimierungsplattform integriert werden. Testgebäude spezifisch Charakteristiken wurden hier berücksichtigt. Diese Arbeiten wurden in *WP4 „DSS for Energy-Efficient Facilities under Uncertainty“* durchgeführt.
- Um das Optimierungstool vielversprechend einsetzen zu können, bedarf es einer graphischen Bedienoberfläche (GUI). Das Optimierungstool ist über das Internet zugänglich. Das Tool wurde an einem Laborgebäude in Spanien (KUBIK) getestet und erst dann am Campus Pinkafeld und FASAD eingesetzt. Das Programmieren dieser graphischen Bedienoberfläche erfolgte im *WP5 „Seamless GUI for DSS and Installation at Laboratory Facility“*.
- Im nächsten Schritt wurde das Optimierungstool samt graphischer Bedienoberfläche an den Testgebäuden in Österreich und Spanien getestet. Diese Demonstrationsarbeiten bestimmten die Verwendbarkeit von EnRiMa und in Kooperation mit WP4 und WP5 wurde das Tool/Produkt verbessern. Weiteres, müssen die Gebäudeechtzeitdaten, benötigt für die Optimierung, hier vernetzt und eingelesen werden. Alle diese Arbeiten wurden in *WP6 „GUI and OSS Validation at Test Facilities“* durchgeführt.
- Im nächsten Schritt wurden die Vorteile aus der Verwendung des Decision Support Systems unter verschiedensten Randbedingungen getestet. Verschiedenste mögliche Förderstrategien für Energieeffizienzmaßnahmen und deren Auswirkung auf die Energie und CO₂ -Verbräuche der Testgebäude wurden analysiert. Die Ergebnisse wurden durch unabhängige Audits geprüft und bewertet. Dieses Arbeitspaket sammelte auch Daten und Erkenntnisse für die zukünftige Verwertbarkeit des Decision Support Systems. Unabhängige Audits wurden durchgeführt, um die Einsparungen zu bewerten. Weiteres, wurde hier ein kommerzieller Verwertungsplan erarbeitet. Diese Arbeiten wurden in *WP7 „Recovery-of-Investment Analysis“* durchgeführt.
- Abschließend wurden die Ergebnisse und Erkenntnisse über Konferenzen, Workshops und die Website verbreitet. Testversionen und Lernversionen des Optimierungstools werden auf der Website zur Verfügung stehen. Ein weiterer Punkt hier ist die Vernetzung mit anderen EU-Projekten/nationalen Projekten, um Synergien zu nutzen. Alle diese Arbeiten wurden in *WP8 „Dissemination and Exploitation“* durchgeführt.

1.2 CET EnRiMa Aufgaben und Erfüllungsgrad

Die Schwerpunkte von CET in den einzelnen Arbeitspaketen (WP), sowie deren Erfüllungsgrad wird in der nachstehenden Tabelle dokumentiert³.

WP	Aufgabe von CET im Detail	Geplante bzw. erreichte Zielerfüllung	
1	<p>Task 1.1: Bestandsaufnahme an den Testobjekten der Fachhochschule (FH) Burgenland, Campus Pinkafeld und Backup Gebäude FH Technikum Wien (ENERGYbase). Beschreibung der aktuellen Situation bezüglich Management, Gebäude, Gebäudemanagement, Unsicherheiten.</p> <p>Task 1.2: Datensammlung und –aufbereitung von den bestehenden Gebäudemanagement-Systemen.</p> <p>Task 1.3: Ermittlung der Möglichkeiten der Interaktion mit den bestehenden Gebäudemanagementsystemen und IT.</p> <p>Task 1.4: Erstellung von Testfällen (Use-Cases) die die Möglichkeiten und die Unsicherheiten an den einzelnen Standorten aufzeigen.</p>	100%	100%
2	<p>Task 2.1: Abbildung der Abhängigkeiten der Energieflüsse.</p> <p>Task 2.2: Erstellen von Energieflüssen (Sankey Diagrammen), die den aktuellen Zustand des Gebäudes darstellen. Auch zukünftige Szenarien werden dargestellt.</p> <p>Task 2.3: Berechnung der Effizienzen der in Task 2.1 und Task 2.2 dargestellten Energieflüsse.</p> <p>Task 2.4: Mathematische Formulierung der in den vorangegangenen Tasks ermittelten Abhängigkeiten.</p>	100%	100%
5	<p>Task 5.1: Anforderungen an die graphische Benutzeroberfläche (GUI), sowie die notwendigen Schnittstellen analysieren und definieren.</p> <p>Task 5.2: Integration der notwendigen Bestandteile der graphischen Benutzeroberfläche.</p> <p>Task 5.3: Mitarbeit bei der Erstellung/Programmierung, insbesondere bei den Tests der erstellten Benutzeroberfläche.</p>	100%	100%

³ CET hatte keine offizielle Rolle in WP3, WP4, und WP8.

WP	Aufgabe von CET im Detail	Geplante bzw. erreichte Zielerfüllung	
	Task 5.4: Test der Benutzeroberfläche im Laborumfeld (KUBIK in Spanien).		
6	Task 6.1: Aktualisierung bzw. Anpassung der in WP5 formulierten Anforderungen aufgrund gesammelter Erfahrungen. Task 6.2: Installation und Test der Benutzeroberfläche im Testobjekt Campus Pinkafeld (ENERGYbase wurde zur Kalibrierung verwendet und diente als Backup Gebäude)	100%	100%
7	Task 7.1: Bestimmen von operativen Szenarien. Task 7.2: Ermitteln von Benchmarks ohne Verwendung des EnRiMa-Decision Support Systems (DSS). Task 7.3: Ermitteln von Benchmarks mit der Verwendung des EnRiMa-DSS. Task 7.4: Ermitteln der operativen Auswirkungen unter Verwendung des EnRiMa-DSS. Task 7.5: Ermitteln von Was-Wäre-Wenn-Analysen um den politischen Entscheidungsträgern Einsicht in die Ergebnisse des EnRiMa-DSS zu gewähren. Task 7.6: Vorbereitung des Vermarktungsplanes.	100%	100%
9	Management und Koordination	100%	100%

Tabelle 1: CET's Aufgaben im EU-Projekt EnRiMa (basierend auf „Description of Work“ (DoW) EnRiMa) und Zielerfüllung

Somit können die Hauptaufgaben von CET, wie folgt zusammengefasst werden:

- Modellierung der Energieflüsse in den Testobjekten im WP1 und WP2. Diese Arbeiten wurden vollständig durchgeführt und seitens der EU akzeptiert.
- Das Programmieren der Kommunikation mit dem Web-Service zwischen den Wetterdiensten, des Desigo™ Gebäudemanagementsystems und dem EnRiMa Server in Stockholm in WP5.
- Web-User Interface Programmierung in Kooperation mit der Stockholm Universität (SU) in WP5.
- Interface Tests am Campus Pinkafeld in WP5 und WP6.
- Entwicklung einer Auditstruktur in WP7 für das Operational EnRiMa-DSS. Aufgrund der innovativen Natur von EnRiMa, war es dem Energieauditor TechnologieOffensive Burgenland nicht möglich einen Audit auf Basis von bestehenden Regelwerken durchzuführen. Deshalb wurde eine extensive Struktur in Zusammenarbeit mit der TechnologieOffensive Burgenland entwickelt und in einem realen Audit am Campus Pinkafeld verwendet.

- Internationale und nationale Verbreitung der Ergebnisse.

1.3 Abweichungen zum Projektantrag

Weder zeitliche noch inhaltliche Änderungen/Abweichungen in Bezug auf den gestellten Projektantrag seitens CET.

1.4 Highlights von EnRiMa

Aufgrund der enormen Größe vom EU Projekt EnRiMa können nur Auszüge in diesem Endbericht gezeigt werden. Weiterführende Information bezüglich der angewandten Methodik, Programmier-Techniken und den Ergebnissen finden sich in EnRiMa, 2014b, Berger et al., 2013a und <http://www.enrima-project.eu/>.

Alle Berichte und Reports des Projektkonsortiums umfassen mehr als 1200 Seiten.

1.4.1 Methodische Vorgehensweise

Abbildung 1 zeigt das Zusammenwirken der Module im Projekt EnRiMa. Das strategische Modul ist auf Investitionen in Anlagen, finanzielle Absicherung und Gebäudeanpassungen (z.B. Fenstertausch oder neue Kraft-Wärme-Kopplungen) ausgerichtet. Die Modellierung des „Upper-Level“-Bereiches erfolgt in einer groben Art und Weise, ohne detaillierte Modellierung des täglichen Betriebs. Unter strategischen Entscheidungsvariablen sind Variablen im Optimierungsmodell zu verstehen, die aufzeigen ob z. B. Geräte installiert oder stillgelegt werden sollen. Budget-, Emissionsgrenzen, der Bedarf an Service (z.B. Wärme) fallen unter den Bereich der strategischen Randbedingungen und werden vom Anwender bzw. vom operativen DSS vorgegeben. Das Operative DSS als Einsatzplanung der vorhandenen Möglichkeiten berücksichtigt die thermodynamischen Vorgänge viel detaillierter und ist auf die optimale Nutzung der vorhandenen Geräte ausgerichtet. Im „Lower-Level“-Bereich werden die thermodynamischen Zusammenhänge⁴ wie z. B. Wärmedurchgang und solare Gewinne auf stündlicher Basis berücksichtigt und mit dem notwendigen Gebäudenutzerkomfort verbunden.

Um die Energieflüsse in den Gebäuden zu visualisieren und den Status Quo der Testgebäude zu bestimmen wurden Sankey-Diagramme generiert und analysiert. Sankey-Diagramme werden verwendet um Materialflüsse darzustellen. Durch diese grafische Darstellung der Materialflussmengen (oder in diesem Fall Energie) ist schnell und einfach ersichtlich wo die größten und somit wichtigsten Energieflüsse stattfinden. Das Sankey ermöglicht neben dem Ablesen der Effizienz einzelner Umwandlungsprozesse auch erste Systemschwachstellen zu erkennen und Verbesserungsmöglichkeiten vorzuschlagen. Abbildung 2. zeigt die Energieflüsse für ENERGYbase am 13. März 2013. Gelbe Linien

⁴ Dies war eine der Hauptaufgaben von CET.

repräsentieren Elektrizität, rote den Wärmefluss und blaue Linien den Kühlbedarf (z. B. kaltes Wasser). Orange Linien repräsentieren Energieverluste durch Umwandlungsprozesse.

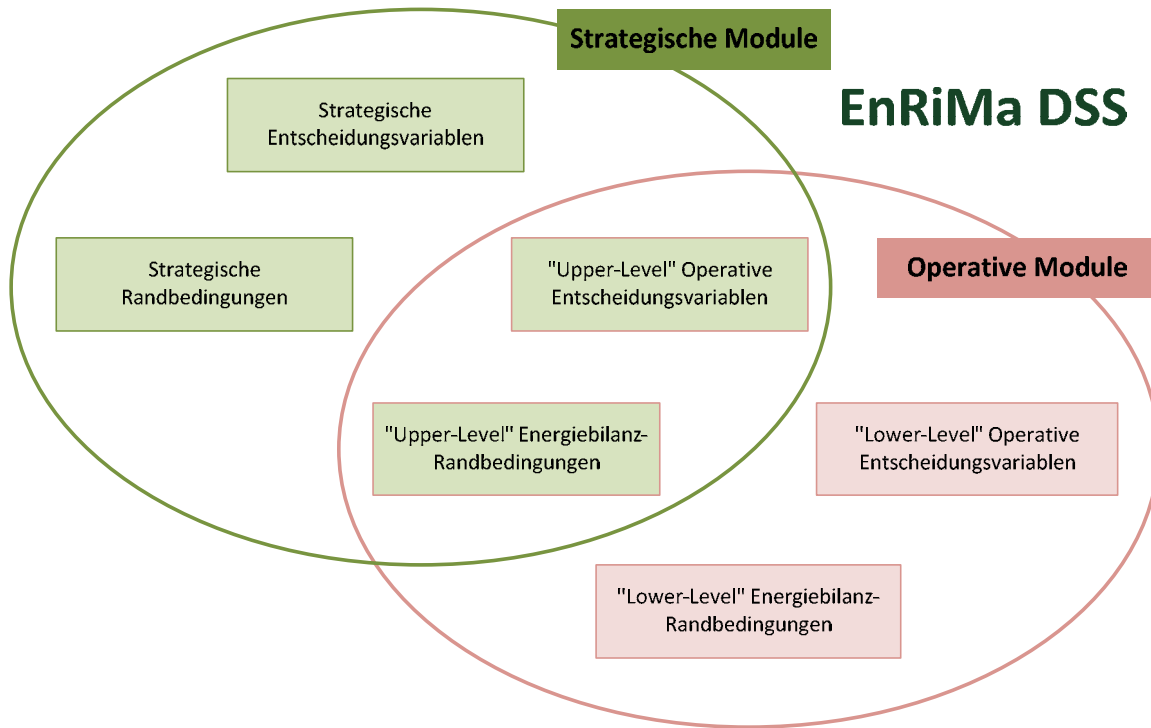


Abbildung 1: EnRiMa Module (EnRiMa, 2012)

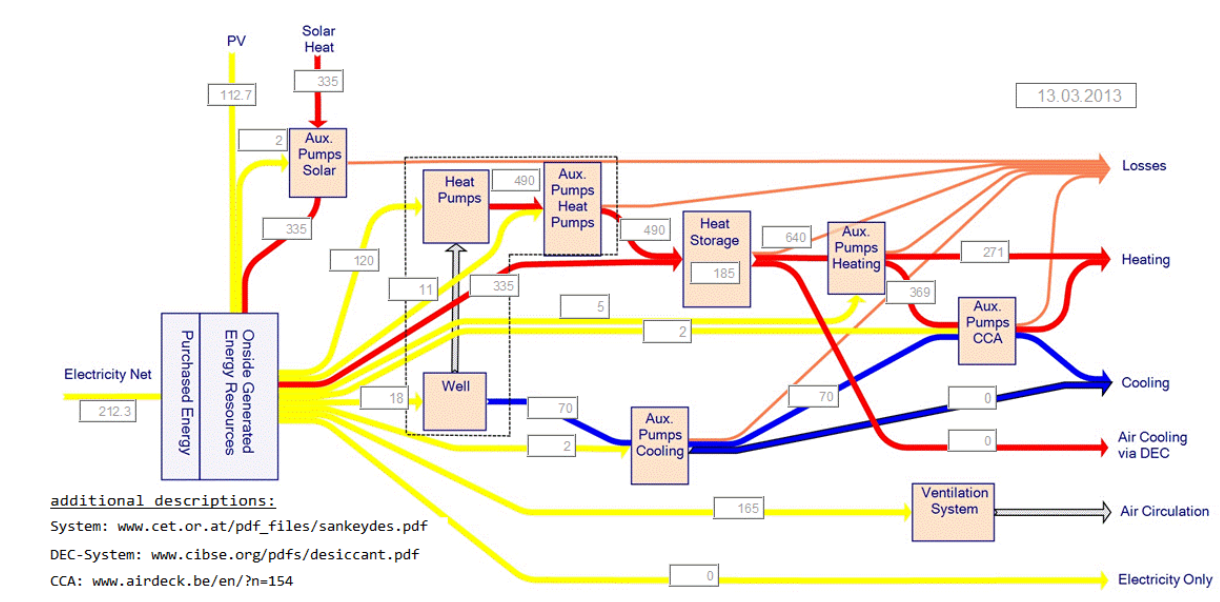


Abbildung 2: Automatisiertes Sankey-Diagramm für ENERGYbase (Quelle: CET, http://www.cet.or.at/enrima/sankey_de.php)

Die Innovation dieses Projektes zeichnet sich dadurch aus, dass es die „multi-objective“ Optimierung an existierende Gebäudeleit-/Energiemanagementsysteme anbinden kann, um aktuelle Gebäudedaten zu sammeln (Sankey Diagramme). Diese Daten werden ausgewertet und über das Internet an die EnRiMa-Optimierungsplattform weitergeleitet.

Im nächsten Schritt werden die Daten mit Wetterprognosen aus dem Internet kombiniert, die Optimierung am EnRiMa-Server durchgeführt und an den Gebäudebetreiber die Ergebnisse übermittelt und an das Leitsystem weitergeleitet. Dieser Ansatz erlaubt es, die Optimierung, ohne großen Installationsaufwand, für eine Vielzahl von existierenden Gebäuden durchzuführen.

Nachfolgende Abbildung zeigt schematisch den Aufbau der EnRiMa-Kommunikation sowie die Hauptkomponenten.

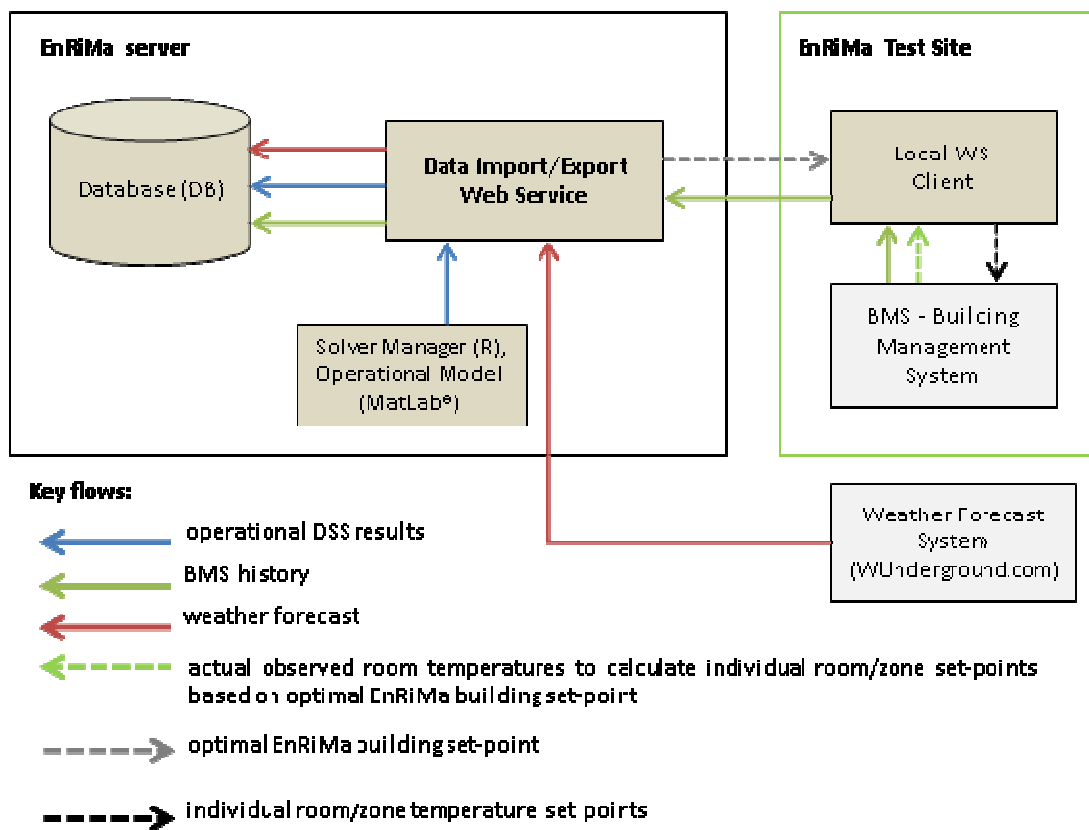


Abbildung 3: EnRiMa Web Data Kommunikation programmiert von CET (EnRiMa, 2014b)

Der EnRiMa Server befindet sich in Stockholm und umfasst eine Datenbank, Web-Kommunikationsmodule und einen Solver Manager der die Optimierung der Gebäude durchführt. Auf der Client Seite (in unserem Fall Campus Pinkafeld) befindet sich ein lokales Kommunikationsprogramm, das die Daten zwischen dem lokalem BMS und dem Server austauscht (Echtzeitdaten und Optimierungsergebnisse sowie Echtzeitanweisungen für das lokale BMS). Das Server Kommunikationsmodule stellt auch die Wetterdaten und Prognosen

für die Optimierung zur Verfügung. Das System kann zentral über das Web verwaltet werden und erlaubt eine Adaption an andere Gebäude. Am Ende eines Optimierungszyklus werden die optimalen Raumtemperaturen (zone temperatures set points) and das BMS übermittelt und eingestellt.

1.4.2 Benutzeroberfläche

Abbildung 4 zeigt das EnRiMa Hauptfenster. In diesem Fall sind die Daten für das Spanische Testobjekt geladen und die Daten für das Operative EnRiMa sind gezeigt. Bei dem EnRiMa-DSS handelt sich um eine Browser Anwendung, welche ohne spezielle Installation⁵ eines lokalen Programmes auskommt und die Optimierung über das Internet bei einem EnRiMa-Server durchführt. Um unabhängig von jeglichen Betriebssystemen zu sein, wurde im Projekt EnRiMa die Programmiersprache Java verwendet.

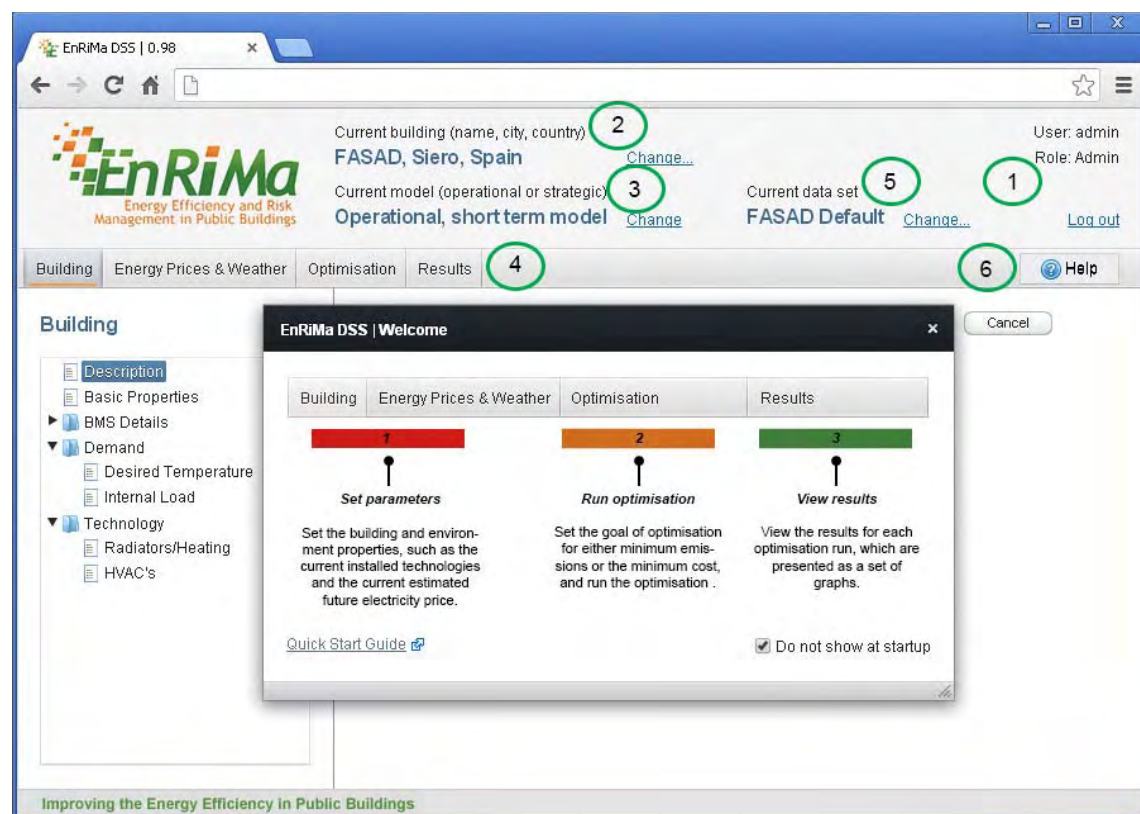


Abbildung 4: EnRiMa Hauptfenster (EnRiMa, 2014c)

Um die Verwendung von EnRiMa zu verbessern wurde eine umfassende Hilfe dem Tool angefügt (siehe Abbildung 5).

⁵ Aber, um die Daten und Ergebnisse auf dem lokalen Gebäude und BMS in Echtzeit einzubinden, muss das lokale Kommunikationsprogramm auf der Client Seite installiert sein. Dieses lokale Kommunikationsprogramm ist aber auch in java programmiert, um betriebssystemunabhängig zu sein. Das Strategische DSS kommt ohne jegliche Kommunikation mit dem lokalen Gebäude aus (siehe auch Abbildung 3).

Abbildung 6 zeigt, wie die Basisdaten für ein Gebäude eingegeben werden können. Um den Energieverbrauch in EnRiMa abschätzen zu können, sind Daten wie die U-Werte oder das Gebäudevolumen notwendig.

Technologieparameter vom installierten HVAC Systemen können definiert und modifiziert werden (siehe Abbildung 7).



Abbildung 5: EnRiMa Hilfe (EnRiMa, 2014c)



Abbildung 6: Gebäudeparameter (EnRiMa, 2014c)

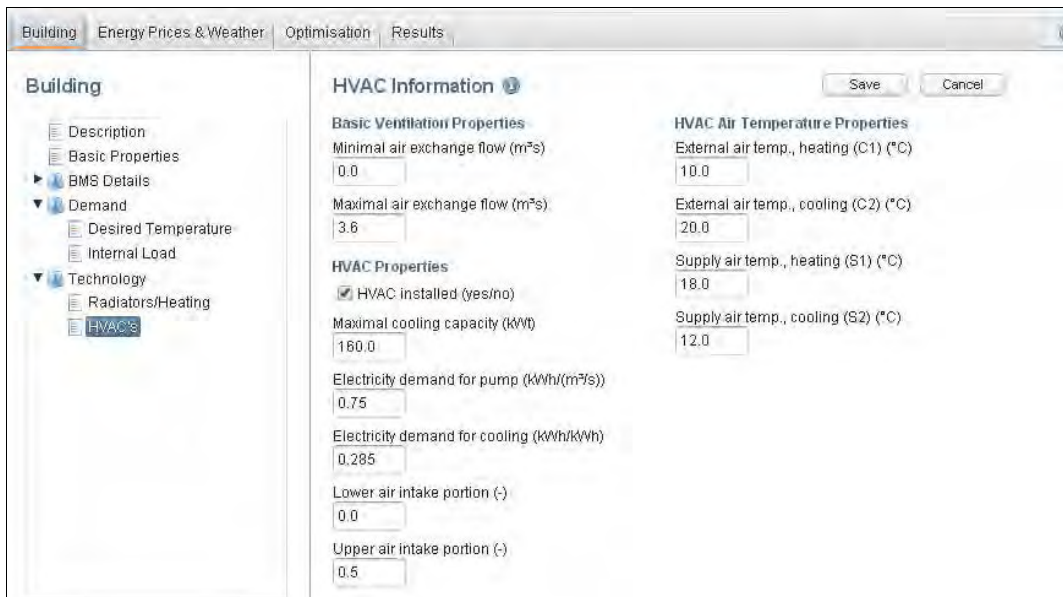


Abbildung 7: HVAC Parameter (EnRiMa, 2014c)

Nach der Eingabe und Verwaltung aller Daten (im Web-Browser) kann EnRiMa diese Daten mit den Wetterprognosen verknüpfen (siehe Abbildung 3) und die Optimierung des Energieverbrauches durchführen und die Ergebnisse im Browserfenster anzeigen oder an das BMS schicken⁶. Abbildung 8 zeigt die optimalen Raumtemperaturen, die über das BMS eingestellt werden sollten, um die Kosten oder CO₂ Emission zu minimieren. Abbildung 8 zeigt auch eine obere und untere Temperaturgrenze, die in der Optimierung eingehalten werden muss, um den Raumkomfort sicher zustellen.

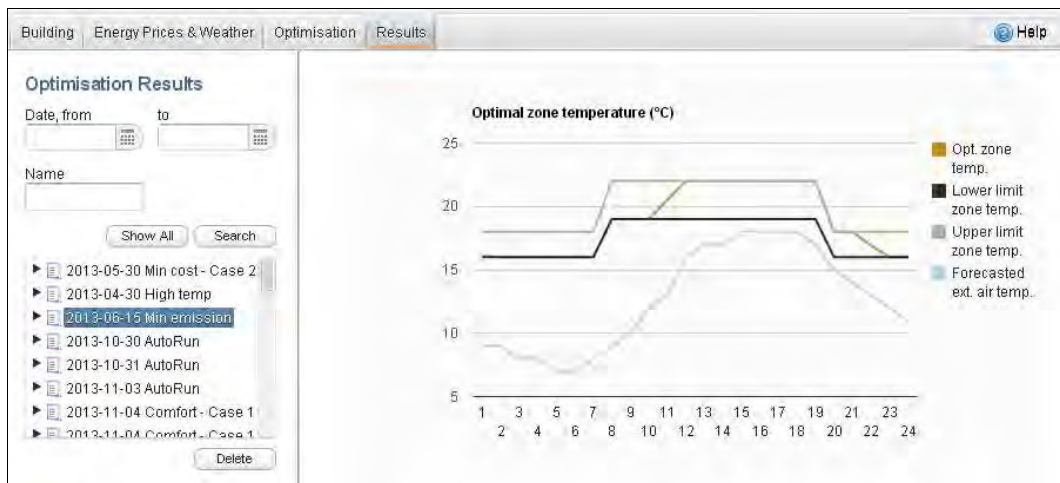


Abbildung 8: Optimierte EnRiMa Zonentemperatur (EnRiMa, 2014c)

⁶ Um die Daten und Ergebnisse auf dem lokalen Gebäude und BMS in Echtzeit einzubinden, muss das lokale Kommunikationsprogramm auf der Client Seite installiert sein.

Abbildung 9 zeigt den resultierenden Energieverbrauch bei Einhaltung der optimalen Raumtemperaturen.

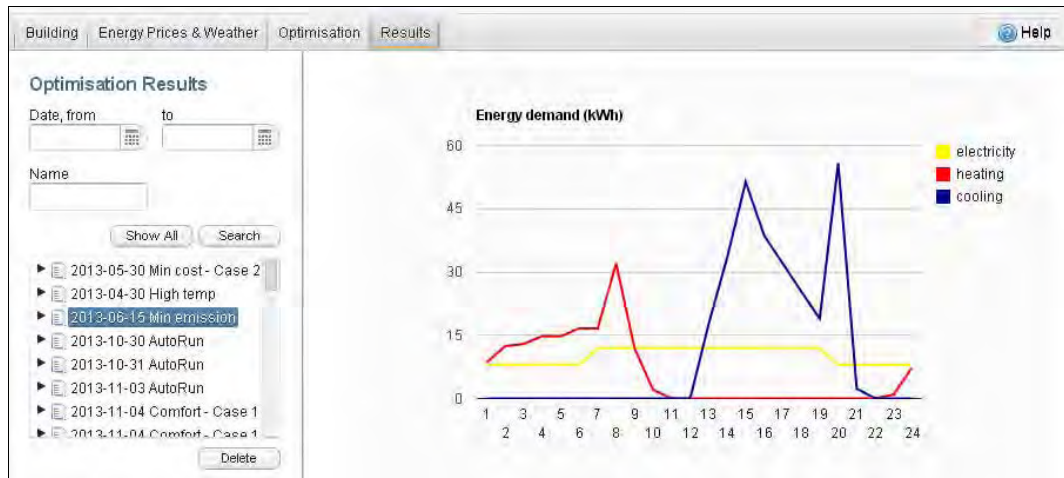


Abbildung 9: Optimierte Energieverbrauch (EnRiMa, 2014c)

1.4.3 Energie Audit Ergebnisse – Einsparungen mit EnRiMa

Bitte beachten Sie, dass die Details der Energieaudits, aufgrund von Vertragsbedingungen, nur der EU zugänglich sind.

Operativer Betrieb ohne jegliche Änderung der Technologie

Bei Verwendung des Operativen EnRiMa wird nur der Betrieb der existierenden Technologien optimiert. Der unabhängige Energieaudit, durchgeführt von der TechnologieOffensive Burgenland, hat eine durchschnittliche Energieeinsparung von ca. 8% festgestellt. Aber aufgrund der geringen Beobachtungsdauer (4 Tage) ergeben sich große Schwankungen und ein Optimierungstag zeigt 16% Einsparungen.

Es wurden die Energieverbräuche der Referenztage (BAU) ohne der EnRiMa Optimierung mit den Energieverbräuchen mit EnRiMa Optimierung verglichen und hier muss beachtet werden, dass aufgrund schwankender Außentemperaturen die Ergebnisse mit den Außentemperaturen normalisiert wurden (BAU adjusted by regression model in

Abbildung 10). Für die Normalisierung wurde ein Regressionsmodell entwickelt. D.h. werden die optimierten Tage mit dem Referenztagen verglichen und der Einfluss der Außentemperaturen berücksichtigt, ergeben sich die Ergebnisse in der rechten Spalte (BAU adjusted by regression model). Der Vergleich der Energieverbräuche ohne Berücksichtigung der verschiedenen Außentemperaturen an den verschiedenen Tagen ist in der linken „Savings“ Spalte von

Abbildung 10 (BAU (measured)...) angeführt. Die Wintermonate Februar und März 2014 waren sehr warm und somit ist das mögliche Einsparungspotential limitiert. Weiteres, führte ein BMS Problem am 18. Februar 2014 zu Datenaufzeichnungsproblemen. Interne Untersuchungen im März und April 2013 führten zu höheren Einsparungen (Stadler et al., 2013).

Scenario Dates		Savings	
BAU	Optimized	BAU (measured) compared to optimized	BAU (adjusted by regression model) compared to optimized
2014-02-20	2014-02-27	7,93%	11,30%
2014-02-28	2014-03-07	19,86%	16,02%
2014-02-17	2014-02-18	1,20%	-10,34%
2014-02-22	2014-03-01	-1,14%	13,67%
average		6,96%	7,66%

Abbildung 10: Energieaudit am Campus Pinkafeld

Die Modellierung der Energieflüsse in EnRiMa basiert vorwiegend auf der DIN V 18559 sowie der DIN EN ISO 13790. Folgende Punkte wurden berücksichtigt:

- Wetterparameter (Temperatur, Windgeschwindigkeit, Solare Erträge)
- Gebäudephysik (Wärmeübergang, Wärmedurchgang)
- Konventionelle Heizungssysteme
- Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik (HLK)
- Interne Lasten (Menschen, Maschinen)
- Benutzerdefinierte Komfortzone (geregelt bzw. angepasst durch Gebäudeverwalter).

Strategische EnRiMa Ergebnisse

Der Audit, durchgeführt in Spanien, von Applus Norcontrol, S.L.U. zeigt 17% CO₂ Einsparungen mit EnRiMa.

2 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Wie im vorhergehenden Kapitel gezeigt können einfach bis zu 16% Energiekosten gespart werden, wenn ein existierendes Gebäudeleitsystem zur Verfügung steht an welches das Operative EnRiMa angebunden werden kann. Für das Strategische EnRiMa ist kein existierendes Gebäudeleitsystem notwendig und es kann als Investitions-Entscheidungstool eingesetzt werden.

Der Energieaudit am Campus Pinkafeld hat gezeigt, dass die Gebäudebetreiber das Gebäude praktisch nie optimal (von einem energetischen Standpunkt gesehen) betreiben. Auf der anderen Seite hat die CET Demonstration von EnRiMa bei der e-nova 2013 an der Fachhochschule Pinkafeld, Campus Pinkafeld (Stadler et al. 2013, Berger et al. 2013, Berger et al. 2013a) den Organisator der e-nova Konferenz dazu veranlasst EnRiMa weiter zu

verwenden und auch anderen Partnern im Rahmen des EU-Projekts INNOSPIRIT zur Verfügung zu stellen.

2.1 Zielgruppen und weiterführende Arbeiten

2.1.1 INNOSPIRIT (CET)

Beim Projekt INNOSPIRIT handelt es sich um ein von der Europäischen Union gefördertes Projekt im Rahmen der Europäischen territorialen Kooperation zwischen Ungarn und Österreich. Ziel ist es, den Einsatz von verfügbaren Technologien in Städten und Regionen konsequent zu verbessern. Insbesondere steht die klare Organisation des Wissens über verfügbare Stadttechnologien sowie die Ermittlung notwendiger Rahmenbedingungen zu deren erfolgreicher Transferierung im Vordergrund.

Durch das Projekt soll unter anderem der Technologieeinsatz und *Technologietransfer* in den teilnehmenden Städten der Programmregion optimiert und harmonisiert werden.

Entsprechende neue Methoden und Dienstleistungen sollen entwickelt und umgesetzt, die Technologienutzung für städtische Aufgabenfelder in den teilnehmenden Städten analysiert, und ein Strategieplan für potentielle Folgeprojekte entwickelt werden. Weiteres sollen mindestens vier aufbereitete Good Practice-Beispiele ausgearbeitet werden (INNOSPIRIT, 2014).

Campus Pinkafeld und CET haben einen Kooperationsvertrag unterzeichnet, um EnRiMa in einem Gebäude in Österreich oder Ungarn zu installieren und einen Verwertungsplan zu erstellen.

2.1.2 Erweiterte Energie Audits (CET)

Die Energieaudits in Österreich haben gezeigt, dass hohe Unsicherheiten bezüglich den tatsächlichen Energieeinsparungen bestehen und um solide Ergebnisse zu erzielen, sollten Tests für längere Zeitperioden und verschiedenste Gebäude durchgeführt werden. Optimal wären Tests, die sich über mehrere Jahre erstrecken. Mithilfe von INNOSPIRIT könnten solche Tests durchgeführt werden.

2.1.3 EU Horizon 2020 Projektantrag (TECNALIA, SU, UCL, HCE, CET)

UCL wurde vom Trinity College Dublin (Ireland) eingeladen am Horizon 2020 call für Energy-efficient Buildings, viz., H2020-EeB-2014 teilzunehmen. The zentrale Ziel dieses Calls ist es Projekt Ergebnisse zu transferieren und Verwaltungsmaßnahmen zu entwickeln. Basierend auf den soliden Ergebnisse von EnRiMa hat Trinity College Dublin den EnRiMa Partner University College London (UCL) kontaktiert.

2.1.4 VINNOVA (SU)

VINNOVA (<http://www.vinnova.se/en/>) ist Schwedens Innovation Agentur. Die Hauptaufgabe von VINNOVA ist es Industriepartner in EU-Projekte einzubinden. Die Industriepartner verwenden dafür Eigenmittel und das garantiert ein starkes Interesse und effektive

Einbindung der Industrie. Stockholm Universität (SU) plant die gewonnen Erkenntnisse aus EnRiMa für Vermarktung in Schweden in Zusammenarbeit mit VINNOVA zu verwenden.

2.1.5 Spanish Technological Platform for Energy Efficiency (TECNALIA und HCE)

Die Spanische Technologie Plattform für Energieeffizienz wurde 2008, mit dem Ziel Innovation zu unterstützen, gegründet. Die Spanische Technologieplattform wird auch von der Spanischen Regierung unterstützt und verwendet diese um Einblick in Akademische und Industrielle Forschung zu erhalten. Die Technologieplattform wird auch verwendet um R&D Strategien sowie Prioritäten für die Forschung festzulegen. Die Plattform umfasst 500 Mitglieder von Kleinbetrieben, Universitäten, Technologie Center, und internationalen Firmen. HCE und Technalia (spanische EnRiMa Projektpartner) sind Mitglied bei der Spanische Technologie Plattform.

HCE wird im Laufe von 2014 Workshops und Arbeitsgruppen initiieren, um die verschiedensten EnRiMa Business Modelle zu diskutieren:

- Energy Service Company (ESCO) welche EnRiMa kauft und EnRiMa weiterentwickelt.
- BMS Hersteller (z.B. Siemens), welcher EnRiMa kauft und weiterentwickelt und im eigenen Produkt einbaut.
- Unabhängiger EnRiMa Entwickler (z.B. Startup-Firma), welcher das EnRiMa Service an ESCOs oder Gebäudebetreiber, als Cloud Service, verkauft.

2.1.6 Zusammenfassung

Das EnRiMa Konsortium hat im Arbeitspaket 7 einen detaillierten Verwertungsplan mit 4 detaillierten Business Cases entwickelt (siehe auch EnRiMa 2014), welche verschiedenste Zielgruppen beinhalten und in parallel verfolgt werden.

3 Darstellung von Verbreitungs- und Verwertungsmaßnahmen

3.1 Publikationen und Meetings

Folgende Publikationen und Verbreitungsmaßnahmen wurden von CET durchgeführt, obwohl CET keine Rolle (kein Budget und keine PMs) im Arbeitspaket 8 (Dissemination and Exploitation) hatte:

- 16 EU-Berichte und interne EnRiMa Berichte wurden verfasst (in Zusammenarbeit mit den anderen EnRiMa Partnern)
- Kooperationsvertrag mit Campus Pinkafeld im Rahmen vom Projekt INNOSPIRIT um weitere Gebäude mit dem EnRiMa-DSS zu testen und Erstellung von Verwertungsplan für INNOSPIRIT Partners.
- Kooperationsvertrag mit Siemens

- CET organisierte zwei EnRiMa Sessions bei der e-nova 2013 Konferenz. Das bmvit und Haus der Zukunft unterstützen die e-nova Konferenz (siehe Anhang 7, siehe auch Stadler et al. 2013, Berger et al. 2013, Berger et al. 2013a)
- Teilnahme an einem nationalen Haus der Zukunft Plus Workshop am 22 Mai 2012
- Präsentation der EnRiMa Ergebnisse bei der e-nova 2011, e-nova 2012 und e-nova 2013 (Groissböck et al. 2011, Groissböck et al. 2012, Rocha et al., 2013)
- Präsentation von EnRiMa bei den World Sustainable Days 2013 in Wels (Groissböck et al. 2013)
- Eine EnRiMa Präsentation bei einer internationalen Konferenz (Henkel et al. 2013)
- Ein EnRiMa Fachbeitrag in einer Fachzeitschrift (Stadler et al. 2012)
- Zwei Journal Artikel wurden publiziert (Perea et al. 2013, Groissböck et al. 2013a, Groissböck et al. 2013b)
- Zwei Journal Artikel sind derzeit in Vorbereitung (für *Energy* von IAEE und *Energy and Buildings* von Elsevier)

3.2 Markt und Ökonomische Potential

Der Zielmarkt für EnRiMa ist der internationale Gebäudeleitsystem und BMS Markt. Eine Studie von Navigant Research zeigt die weltweiten Ausgaben für BMS (Navigant, 2013). Diese Studie inkludiert neben den Hardwareausgaben auch Software Komponenten und Dienstleistungen. In 2013 umfasste der Markt ein Volumen von 11.3 Milliarden US\$ und laut Navigant wird sich dieser Markt bis 2020 verdoppeln, was einer jährlichen Steigerungsrate von 10.3% entspricht.

Derzeit ist der Markt dominiert von großen Technologielieferanten wie Schneider Electric, Siemens, Invensys und Rockwell Automation. Die Technologien dieser Hersteller sind traditionell keine intelligenten Systeme, die den Gebäudeenergieverbrauch optimieren. Historisch bedingt sind diese Systeme praktisch „nur“ Leitsysteme, die die Steuerung von individuellen Systemen erlauben.

Chart 1.1 IEMS Revenue by Region, All Market Segments, World Markets: 2013-2020



Abbildung 11: Weltweiter Markt für BMS (Quelle: Navigant, 2013)

Auf der anderen Seite durchdringen Datenbanksysteme von SAP und IBM mehr und mehr den Markt und erlauben die Sammlung von historischen Gebäudedaten, die notwendig sind, um EnRiMa an existierende Systeme von Siemens oder Schneider Electric anzubinden. In anderen Worten, EnRiMa kann die Datenbanksysteme und Gebäudeleitsysteme in intelligente Gebäudeoptimierungstools umwandeln. EnRiMa kann diese jährliche 10% Steigerungsraten nutzen und in Form eines Software as Service (SaaS) Ansatzes, über das Internet (Cloud Anwendung), den existierenden Systemen eine zusätzliche intelligente Komponente zur Verfügung stellen. Deshalb wurde das EnRiMa Web-Interface für den Campus Pinkafeld in einer Java und HTML Kombination programmiert, um die Anbindung an verschiedene Systeme zu erleichtern. Basierend auf dieser Überlegung könnte eine Start-up-Firma dieses Service für verschiedenste BMS und Gebäudeleitsysteme über das Internet zur Verfügung stellen.

4 Ausblick und Empfehlungen

Das EU Projekt EnRiMa war ein R&D Projekt welches einen starken Fokus auf die Demonstration legte. Es wurden zwei reale Gebäude mit EnRiMa untersucht und auch ein detaillierter Verwertungsplan erstellt (EnRiMa 2014). Die zentrale Herausforderung besteht in der Koordinierung des notwendigen Wissens und der EnRiMa Komponenten, welche über Europa verteilt sind (sieben Europäische Partner). CET und Campus Pinkafeld haben einen Vertrag unterzeichnet der es erlaubt EnRiMa in einem anderen Gebäude in Österreich und/oder Ungarn zu testen. Die Herausforderung hier wird sein, Stockholm Universität zu überzeugen EnRiMa in Österreich zu unterstützen und etwaige Änderungen am Server in Stockholm durchzuführen. CET, als der Hauptentwickler der Web-Kommunikation ist der Experte, wenn es um die Anbindung von EnRiMa an das Gebäudeleitsystem geht. CET kann

auch das Operative EnRiMa beeinflussen, welches hauptsächlich von CET und UCL entwickelt wurde. CET hat aber keine Kontrolle über das Strategisch EnRiMa, welches vom spanischen Partner URJC entwickelt wurde.

Aus CET's Sicht wäre die Gründung einer Start-Up-Firma, welche alle Kompetenzen in einer Institution bündelt, der beste Weg EnRiMa zu verwerten. Für dies bedarf es aber finanzielles Kapital, welches entweder durch eine Förderung oder von einem Investor zur Verfügung gestellt werden könnte.

5 Literaturverzeichnis

Exxon Mobil, 2012: "The Outlook for Energy: A View to 2040."

http://www.exxonmobil.com/corporate/files/news_pub_eo.pdf, abgerufen am 02.07.2012.

EU, 2010: Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:DE:PDF>, abgerufen am 02.07.2012.

M. Groissböck, M. Stadler, T. Edlinger, Center for Energy and innovative Technologies (CET), Juli 2011: "Work Package 1, Requirements Analysis, EnRiMa Validation Test Site Report for the University of Applied Science Burgenland, Pinkafeld Campus." Working Paper of Work Package 1 of the EnRiMa project. EnRiMa a research project within the 7th framework programme of the European Commission, CET-number: R-2011-2.

http://www.cet.or.at/pdf_files/20110725-WP1%20Report%20Pinkafeld%20Campus%20Final.pdf

T. Edlinger, M. Stadler, M. Groissböck, Center for Energy and innovative Technologies (CET), Juni 2011: "Work Package 1, Requirements Analysis, EnRiMa Validation Test Site Report for the office building ENERGYbase." Working Paper of Work Package 1 of the EnRiMa project. EnRiMa a research project within the 7th framework programme of the European Commission, CET-number: R-2011-1. http://www.cet.or.at/pdf_files/Report-ENERGYbase+290611.pdf

INNOSPIRIT, 2014,

http://www.innospirit.org/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=138&lang=de, abgerufen am 30.03.2014.

Stadler M., D. Berger, M. Groissböck, 2013: "Potential Energy Savings by Using the Operational EnRiMa DSS," e-nova 2013 Konferenz an der Fachhochschule Burgenland, Campus Pinkafeld, Nov. 14-15 2013, CET-number: P-2013-4.

http://www.cet.or.at/pdf_files/20131030-EnRiMa-opDSS-savings-final_V12_CET_number.pdf

Berger D., M. Stadler, M. Groissböck, 2013: "EnRiMa, Introduction to EU Energy Efficiency Policy Context," e-nova 2013 Konferenz an der Fachhochschule Burgenland, Campus

Pinkafeld, Nov. 14-15 2013, CET-number: P-2013-2. http://www.cet.or.at/pdf_files/EnRiMa-policy_context-final-V6_CET_number.pdf

Berger D., M. Stadler, M. Groissböck, 2013a: "Demonstration of Operational DSS of EnRiMa," e-nova 2013 Konferenz an der Fachhochschule Burgenland, Campus Pinkafeld, Nov. 14-15 2013, CET-number: P-2013-3. http://www.cet.or.at/pdf_files/20131107-EnRiMa-opDSS-demo-v7_CET_number.pdf

Groissböck Markus, Michael Stadler, Thomas Edlinger, Afzal Siddiqui, Somayeh Heydari, Eugenio Perea, 2011: "The First Step for Implementing a Stochastic based Energy Management System at Campus Pinkafeld," e-nova internationaler Kongress 2011, University of Applied Science Campus Pinkafeld, Nov. 24-25 2011, Pinkafeld, Österreich, CET-number: C-2011-1. http://www.cet.or.at/pdf_files/20111005-ENOVA-Paper_for%20CET.pdf

Groissböck Markus, Michael Stadler, Afzal Siddiqui, Somayeh Heydari, Martin Henkel, Janis STIRNA, Emilio LOPEZ, Javier Moguerza, Eugenio Perea, 2012: "Optimizing Distributed Energy Resources, Passive Measures, and the daily Operation at Campus Pinkafeld," e-nova international congress 2012, University of Applied Science Campus Pinkafeld, Nov. 22-23 2012, Pinkafeld, Austria, CET-number: C-2012-1. http://www.cet.or.at/pdf_files/ENOVA-Paper%20for%20CET.pdf

Rocha P., M. Groissböck, A. Siddiqui, M. Stadler: "An Integrated Approach to Optimal Energy Operations in Buildings, 2013," e-nova 2013 Konferenz an der Fachhochschule Burgenland, Campus Pinkafeld, Nov. 14-15 2013.

Groissböck Markus, Michael Stadler, Emilio López, Javier Moguerza, 2013: "Energieeffizienz und Risiko-Management in öffentlichen Gebäuden," World Sustainable Energy Days, Februar 27 - März 1 2013, Wels, Österreich, Poster Präsentation, CET-number: P-2013-1. http://www.cet.or.at/pdf_files/20130131-WSED-Poster.pdf

Henkel Martin, Janis Stirna, Markus Groissböck, Michael Stadler, 2013: "Supporting Energy Efficiency Decisions with IT: Initial Experiences from the EnRiMa Project," BIR 2013, 12th International Conference on Perspectives in Business Informatics Research, 23.09-25.09.2013, Warschau, Polen.

Stadler Michael, Markus Groissböck, Afzal Siddiqui, Somayeh Heydari, Martin Henkel, Janis Stirna, Eugenio Perea, 2012: "Optimierter Energieverbrauch in öffentlichen Gebäuden", Österreichs spezialisierte Fachzeitschrift für Heizung, Lüftung, Klima- und Kältetechnik (HLK), September 8-9/12, 43. Jahrgang, hlk.co.at.

Perea E., A. Mera, L. M. Santos, A. Alvarez, E. L. Cano, J. M. Moguerza, A. Siddiqui, M. Stadler, 2013: "Aplicación para la toma de decisiones relativas al uso eficiente de energía en edificios," DYNA Energía y Sostenibilidad, Vol. 2-1, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/ES6901>.

Groissböck Markus, Somayeh Heydari, Ana Mera, Eugenio Perea, Afzal Siddiqui, Michael Stadler, 2013a: "Optimizing Building Energy Operations via Dynamic Zonal Temperature Settings," *Journal of Energy Engineering*, American Society of Civil Engineers (ASCE), 2013, [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EY.1943-7897.0000143](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EY.1943-7897.0000143), ISSN (online): 1943-7897.

Groissböck Markus, Emilio López, Eugenio Perea, Afzal Siddiqui, and Adrian Werner, 2013b: "Improving Energy Efficiency and Risk Management in EU Public Buildings," *International Association for Energy Economics Newsletter*, Second Quarter 2013.

EnRiMa, 2014, Deliverable 7.4: Commercial Exploitation Plan, Restricted Report, European Commission FP7 Project Number 260041, 2014.

EnRiMa, 2014a, Deliverable D7.3: Advisory Report on the Potential Capacity Expansion Policy, European Commission FP7 Project Number 260041, 2014.

EnRiMa, 2014b, Deliverable 4.7: DSS Kernel implementation, SU, CET, TECNALIA, IIASA, Restricted Report, European Commission FP7 Project Number 260041, 2014.

EnRiMa, 2012: Deliverable D2.2, A Mathematical Formulation of Energy Balance and Flow Constraints, Public Report, European Commission FP7 Project Number 260041, 2012.

EnRiMa, 2014c, Deliverable D6.1: Final GUI Implementation and Evaluation, SU, CET, Confidential Report, European Commission FP7 Project Number 260041, 2014.

Navigant Research, 2013: Building Energy Management Systems IT-Based Monitoring and Control Systems for Smart Buildings: Global Market Analysis and Forecasts, Consulting Report, <http://www.navigantresearch.com/research/building-energy-management-systems>

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: EnRiMa Module (EnRiMa, 2012)	21
Abbildung 2: Automatisiertes Sankey-Diagramm für ENERGYbase (Quelle: CET, http://www.cet.or.at/enrima/sankey_de.php)	21
Abbildung 3: EnRiMa Web Data Kommunikation programmiert von CET (EnRiMa, 2014b)..	22
Abbildung 4: EnRiMa Hauptfenster (EnRiMa, 2014c)	23
Abbildung 5: EnRiMa Hilfe (EnRiMa, 2014c)	24
Abbildung 6: Gebäudeparameter (EnRiMa, 2014c)	24
Abbildung 7: HVAC Parameter (EnRiMa, 2014c).....	25
Abbildung 8: Optimierte EnRiMa Zonentemperatur (EnRiMa, 2014c)	25
Abbildung 9: Optimierte Energieverbrauch (EnRiMa, 2014c).....	26
Abbildung 10: Energieaudit am Campus Pinkafeld	27
Abbildung 11: Weltweiter Markt für BMS (Quelle: Navigant, 2013)	31

7 Anhang, E-nova 2013 Programm



BRINGT BESONDERES ZUSAMMEN

Wissenschaftliche Beirat
 Prof. (FH) DI Dr. Gernot Honeich (Vorsitz)
 Fachhochschule Burgenland GmbH, Department Energie-Umweltmanagement, Österreich
 DI Robert Fechner, MAS, MSc.
 Fachhochschule Technikum Wien, Österreich
 Dr.-Ing. Tamas Magyar
 Budapest University of Technology and Economics, Ungarn
 Mag. V. Hildebrand Mitter
 ISO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, Österreich
 Ass. Prof. DI Dr. Alexander Prosser, MSc.
 Institut für Materialprüfung und Bauwerktechnologie, TU Graz, Österreich
 MR DI Michael Pöschl
 Bundesministerium für Verkehr, Innovation & Technologie, Österreich
 Prof. Ing. Doron Felzer, PhD.
 Slovak University of Technology, Bratislava, Slowakei
 DI Dr. Arne Roggendorf
 UIC - Hoch- und Förderungsmanagement e.U., Wien, Österreich
 Univ. Prof. DI Dr. Wolfgang Streicher
 Universität Innsbruck - Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Österreich
 Gábor Wind
 Ingenieurbüro für Physik, Präsident des Vereins parson, Österreich

So kommen Sie zu uns
 A2 Südburgen - Autobahnabfahrt PINKAU - von der Ostseite nach ca. 400 m geradeaus rechts abbiegen in die Ing. Julius Raab Str. - (Beseitigung Technologiezentrum folgen) - Studententum ist ca. 100 m nach der Tankstelle - (gegenüber von Gasthaus Zapfen)

Israel Information
 Southern Highway A2 - Exit: Pinkau - ca. 400 m after the road sign indicating the entrance to the city turn right to Ing. Julius Raab Street (follow the road sign to "Technologiezentrum") - the campus is about 100 m after the petrol station, turning left in front of Zapfen restaurant

Storno Anmeldungen sind verbindlich. Im Fall der Stornierung bis 30 Tage vor dem Event werden 80% der **Bedingungen** Kosten refundiert. In jedem anderen Fall werden die Kosten voll verrechnet.
Terms of The registration of participation is binding. In case of cancellation until 30 days before the start of the event **Conditions** 80% will be refunded. In all other cases, the financial responsibilities of the participants remain fully effective.

Teilnahmegebühren und Leistungen / Congress Fee and Services	Studierende/Studenten (Berufliche/Studenten)
Tag 1 (Tag 1)	120,-
Kongressdinner/Congress Dinner	inklusive/inklusive*
Dinner - Begleitperson/ Accompanying Person	120,-
Tag 2 (Tag 2)	120,-
Package (1+2, Tag/Day)	250,-

*Anmeldung erforderlich / registration compulsory
 In den Teilnahmegebühren ist die Teilnahme an den Vorträgen, die Pausenverpflegung sowie ein Tagungsbund enthalten.
 The registration fee includes attendance at presentations, meals (coffee, snacks and lunch) and the general proceedings.

14./15. November 2013
e-nova
 Internationaler Kongress 2013
 MIT SIMULTANÜBERSETZUNG
 English-Deutsch
 Deutsch-English
 SIMULTANEOUS TRANSLATION
 English-German
 German-English

Nachhaltige Gebäude
 Versorgung - Bewertung - Integration
Sustainable Buildings
 Supply - Evaluation - Integration

Anmeldung / Registration: www.conftool.net/enova2013

DONNERSTAG | 14 NOVEMBER 13

09:00-09:30	Akzeldierung	Foyer Hauptgebäude
09:30	Begrüßung und Eröffnung durch den Veranstalter	
10:00-10:30	Session 1 Eröffnungssession Innovationsstrategien für nachhaltige Gebäude und Smart Cities Michael Pöschl, Bundesministerium für Innovation und Technologie, A Versorgung eines Industriebauwerkes mit erneuerbaren Energien am Beispiel Deutschlands Hans-Martin Henning, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, DE	
10:30-10:40	Klimawandel und Nachhaltiges Bauen Michael Housinger, ATP-Sustain GmbH, A	
11:00-11:15	Diskussion	
11:15-11:45	Kaffeepause, Poster- und Firmenausstellung	
11:45-12:00	Session 2a Bewertung Vergleich Vergleich von En- und Melzebenenmodellen bei der Ermittlung von Energiekennzahlen für Gebäude Andrea Gwerth, Ingenieurbüro grazi e.U., A	Session 2b Heating and Cooling 1 KWKX SapfoKlimaGmbH - Theorie und ihre Anwendung Erich Foderer, Research & Consulting Office, A
12:00-12:15	Vergleich Rechenverfahren nach OIB E1 & vs. FHP Dariusz Ruzicki, Energieinstitut Vorarlberg, A	Session 2c Femikläre als Energieeffizienzmaßnahme Alexander Waltsch, Wien Energie, A
12:15-12:30	Vergleich Energiekennwerte 2007 - 2011 Herbert G. Lendzner, FH Oberösterreich, A	Session 2d Effizienzsteigerung durch Kraft-Wärme-Kopplungs-Systeme Bianca Zernig, Richard Kroll, FH Burgenland, A
12:30-12:45	Diskussion	
12:45-13:00	Diskussion	
13:00-14:00	Mittagsessen	

15:00-15:20	Energieerstatt für Niedrigen & Intuitiv: Analyse & Lösungsvorschläge Martin Stegatz, FCP - Fetsch, Chlari & Partner, IT GmbH, A	15:20-15:40	Diskussion
15:40-16:10	Kaffeepause, Poster- und Firmenausstellung	16:10-16:30	Session 4a Bewertung Lebenszyklus 2 Der nachhaltige Mietvertrag und warum kein Weg davon vorbeiführt Philip Kaufmann, COIN - Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft, A
16:30-16:45	Probabilistische Bewertung und systemische Optimierung von Projektentwicklungen unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien Georg Köchl, Universität Innsbruck, A	16:45-17:00	Berücksichtigung des Preis-Leistungsverhältnisses von Energieeffizienzmaßnahmen bei der Gebäudesanierung Emanuel Stocker, FH Kärnten, A
17:00-17:15	Lebenszykluskosten und Nachhaltigkeit - Zwei widersprüchliche Konzepte Georg Taghofer, Realty Consult, A	17:15-17:45	Diskussion
15:00-15:20	Mögliche Geschäftsmodelle für die Adaptierung des EnRiMa DSS Atzar Siddiqui, University College London, UK	15:20-15:40	Entwicklung von Thermischen Speichern mittels CFD Peter Klonovsky, Forschung Burgenland, A
15:40-16:10	Session 4b Sonderedition EnRiMa 2	16:10-16:30	Session 4c Smart Buildings IKT eu.bac System Peter Schönenberger, Sauter Mess- und Regeltechnik, Ges.m.b.H., A
16:30-16:45	Energieerstattungsrelevanz des EnRiMa DSS Michael Stadler, CET, A	16:45-17:00	Energiemanagement mit smartES Werner Döller, energieforum Ingenieure GmbH, A
16:45-17:15	Live-Vorführung des DSS in Pinkau Markus Gröbbeck, CET, A; Eugenio Perez, Tecnolabs, E; Martin Henkel, Stockholm University, SE	17:15-17:45	encontrol Monitoring System Markus Erhart, eccont, A
17:45-18:00	Diskussion	18:00-18:30	Embedded systems mit WLAN für gebäudeelektronische Anlagen Magdalena Kober, FH Burgenland, A

FREITAG | 15 NOVEMBER 13

09:00-09:30	Session 5a Nutzeneffizienzgebäude	09:30-09:45	Session 5b Bau-Medizin als integrierter Planungsprozess	09:45-10:00	Session 5c Smart Buildings - Demand Side Management
09:30-09:45	Vom Altbau zum Plus-Energiehaus - Beispiel und Methodendiskussion Martin Brun, Energieinstitut Vorarlberg, A	09:45-10:00	Ans der Sicht der Medizin: Gesundheitsrelevante Faktoren bei Bauen und Wohnen MG, Dr. Friedrich Ring, Facharzt für Arbeitsmedizin; Facharzt für Innere Medizin: KOMPERNZ ZENTRUM Gesunder Bauen, A	09:45-10:00	Gebäudeintegrierte Energieproduktion und -austausch zwischen Gebäuden Alois Krossner, Award Energy Research GmbH, A
09:45-10:00	SmartHouse Monitoring Gregor Kadinger, Donauuniversität Krems; Heinz Hackl, Velux Österreich, A	10:00-10:15	Ans der Sicht der Technik: Gesundheit als integraler Bestandteil des Planungs- und Bauprozesses Ing. Christoph Keller, KOMPERNZ ZENTRUM Gesunder Bauen, A	10:00-10:15	Aktive mehrschichtige Umhüllung anhand von elektrischen Wärmespeichern mittels linearer Programmierung Peter Koppinger, FH Vorarlberg, A
10:15-10:30	REACT - Renewable Energy and Efficiency Action Wolfgang Zumpf, FH Burgenland, A	10:15-10:30	Diskussion	10:15-10:30	Demand response - Potential eines vollintegrierten Wärmegabesystems im Smart Grid Fabiano Palonetto, UCD Dublin, IE
10:30-10:45	Diskussion	10:30-10:45	Diskussion	10:30-10:45	Deletisches Lastverhalten und DSM-Potential von Btargebäuden Markus Fuchegger, FH Burgenland, A

