

OBSERVE

Arbeitspaket AP 6

Wissenstransfer, Veröffentlichungen in Wirtschaft und Wissenschaft

Kai Kruppa, Björn Lautenschlager, Gerwald Lichtenberg
kai.kruppa @ haw-hamburg.de,
bjoern.lautenschlager@ haw-hamburg.de,
gerwald.lichtenberg @ haw-hamburg.de

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences
Ulmenliet 20, 21033 Hamburg

Datum: 22. April 2018

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Inhalt

10 Wissenstransfer, Veröffentlichungen in Wirtschaft und Wissenschaft	2
10.1 Vorlagen	2
10.2 Website	4
10.3 Veröffentlichungen	5
10.3.1 Konferenzbeiträge (peer-reviewed)	6
10.3.2 Vorträge und Poster (ohne peer-review)	6
10.3.3 Buchbeiträge	8
10.3.4 Bachelor- und Masterarbeiten	8
10.4 Workshop	9
10.4.1 Zusammenfassung	9
10.4.2 Workshop Tag 1 - Präsentation und Diskussion	11
10.4.3 Workshop Tag 2 - Training mit modernen Software-Werkzeugen	13

10 Wissenstransfer, Veröffentlichungen in Wirtschaft und Wissenschaft

Um die Ergebnisse des Projekts Interessenten aus der Wirtschaft und Wissenschaft zugänglich zu machen, wurden sie auf verschiedene Arten veröffentlicht. Für ein einheitliches Design dienten Vorlagen für Berichte und Präsentationen, die in Kapitel 10.1 gezeigt wird. Informationen über das Projekt lassen sich auf der Webseite, die im Kapitel 10.2 vorgestellt wird, finden. Die zahlreichen Veröffentlichungen, die während der Projektlaufzeit erfolgten sind im Kapitel 10.3 zusammengefasst. Zudem wurde ein zweitägiger Workshop veranstaltet, der im Kapitel 10.4 beschrieben wird.

10.1 Vorlagen

Zu Beginn des Projektes OBSERVE wurde von der Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg, in Abstimmung mit allen Projektpartnern, ein Logo für das Projekt entwickelt. Mit Hilfe von Hilfswissenschaftlern wurde dazu das Logo entworfen, welches in Abbildung 10.1-1 zu sehen ist.



Abbildung 10.1-1: Observe Logo

Basierend auf diesem Logo wurden Vorlagen für Präsentationen und Berichte erstellt. Als Beispiel für die Präsentationsvorlage zeigt die Abbildung 10.1-3 eine damit erstellte Titelfolie. Neben dem Logo des Projekts und dem Vortragstitel sind Informationen über den Autor und die Veranstaltung vorhanden. Zudem ist das Logo des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie auf der Titelfolie abgebildet. Die weiteren Logos variieren je nach beteiligten Projektpartnern.

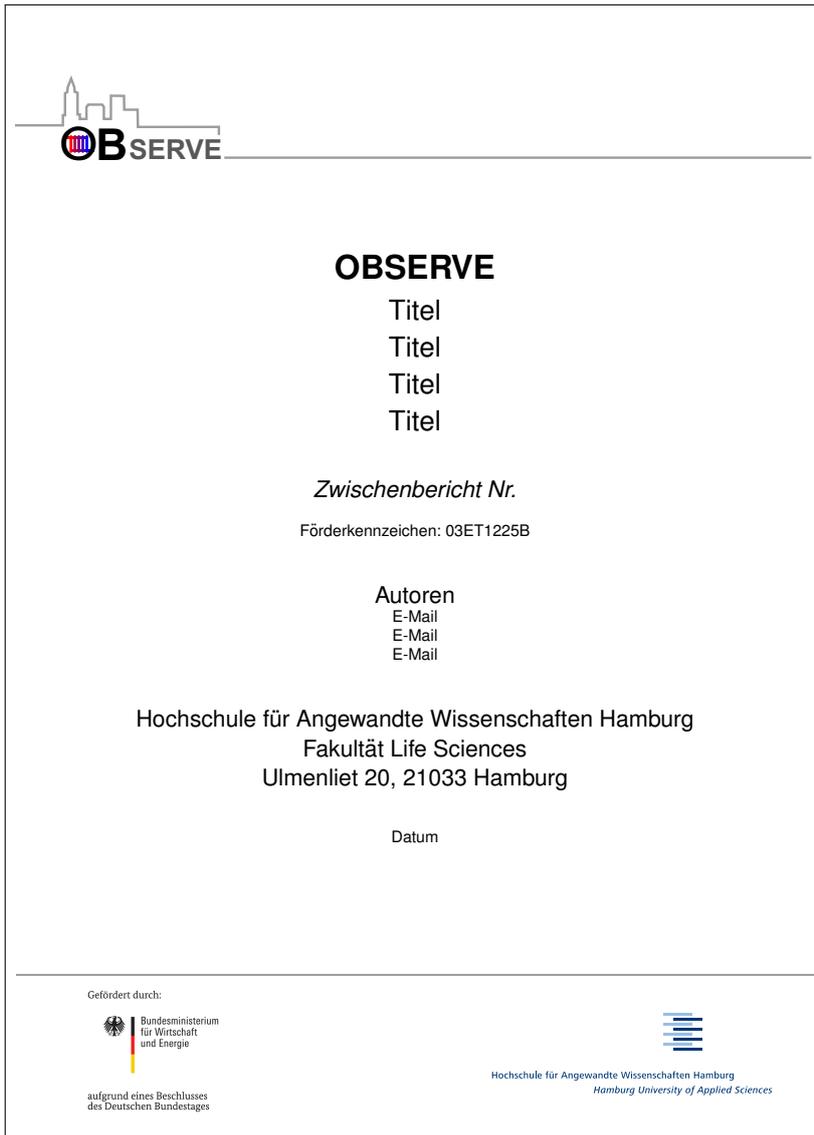


Abbildung 10.1-2: Titelseite der Berichtsvorlage

Die Vorlage für die Berichte ist beispielhaft in Abbildung 10.1-2 durch das Titelblatt eines Zwischenberichts dargestellt. Auch hier ist das Projektlogo sowie weitere Informationen über den Bericht und deren Autoren integriert.



Abbildung 10.1-3: Titelfolie der Präsentationsvorlage

Somit zeigt sich das Logo als Wiedererkennungsmerkmal in beiden Vorlagen.

10.2 Website

Die OBSERVE Projektwebsite wurde an der HAW entwickelt und gehostet. Auch die Pflege und Ergänzung der Inhalte erfolgte an der HAW, in Abstimmung mit den einzelnen Projektpartnern und der Unterstützung von Hilfswissenschaftlern. Die Projektdomain www.ob-serve.de wurde von dem Projektpartner IngSoft GmbH reserviert und für das Projekt zur Verfügung gestellt. Die Entwicklung und Verwaltung der Website erfolgte mit der freien Webanwendungssoftware Wordpress.

Abbildung 10.2-4 zeigt das Design der Website sowie die inhaltlichen Hauptpunkte. Neben der Beschreibung des Projektes OBSERVE, werden die einzelnen Projektpartner auf der Website vorgestellt. Auch Beschreibungen der im Rahmen des Projektes betrachteten Demonstrationsgebäude, inklusive einiger Kennzahlen in Bezug auf Nutzung, Größe und verwendeter Heiz- und Kühltechnik, sind auf der Website enthalten. Ergänzt wird der Inhalt durch eine Liste der Publikationen, welche im Rahmen dieses Projektes OBSERVE erfolgten.

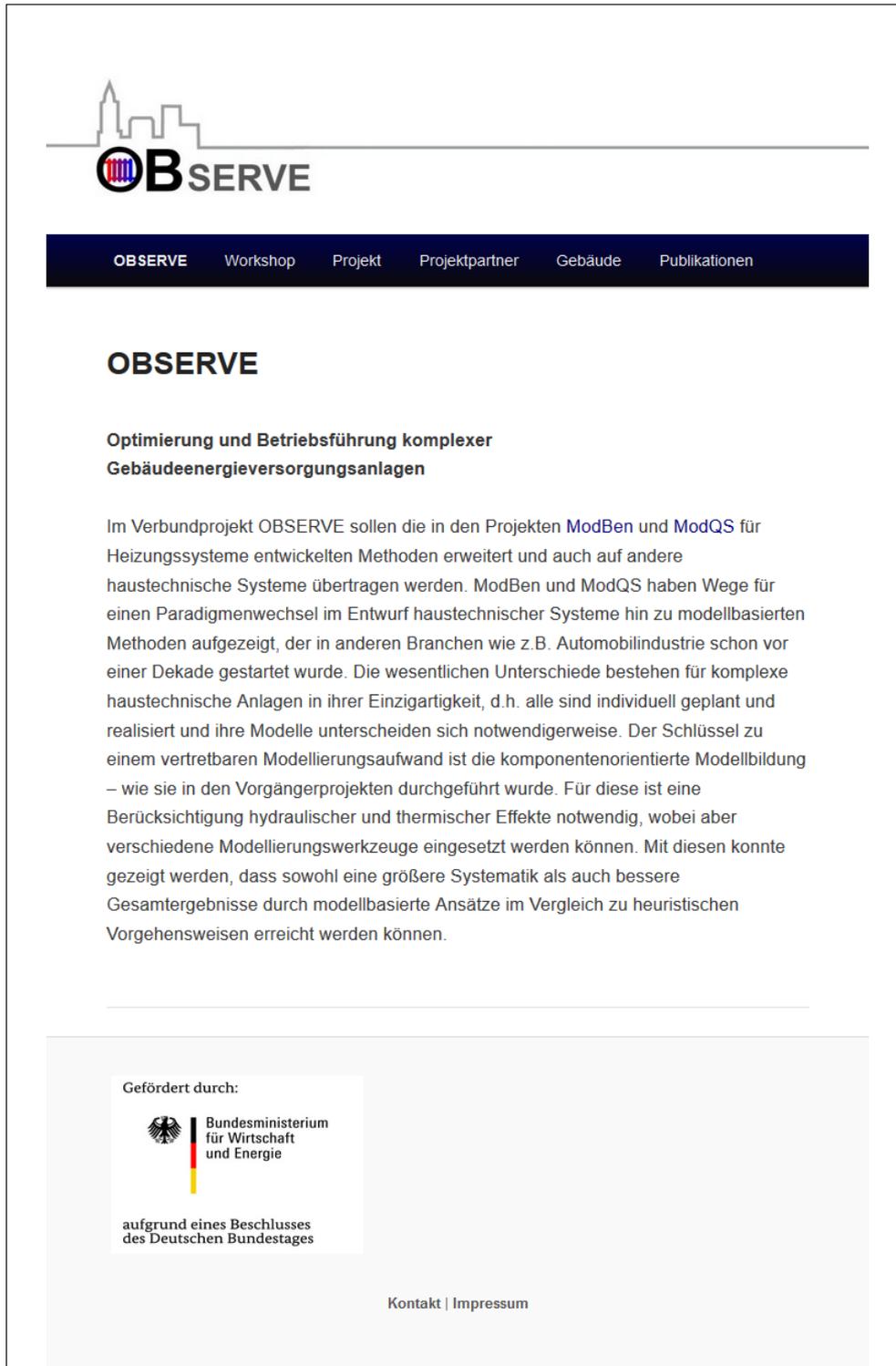


Abbildung 10.2-4: Website des Projektes OBSERVE

10.3 Veröffentlichungen

In diesem Abschnitt werden die Veröffentlichungen in Form von Papern, Postern und Vorträgen vorgestellt, sowie Bachelor- und Masterarbeiten, welche im Laufe des Projektes erfolgten.

10.3.1 Konferenzbeiträge (peer-reviewed)

Müller, T., Kruppe, K., Lichtenberg, G., Réhault, N., (2015).
Fault Detection with Qualitative Models reduced by Tensor Decomposition methods.
9th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes SAFEPRO-CESS'15, Paris.

Lautenschlager, B., Kruppa, K., Lichtenberg, G., (2015)
Convexity Properties of the Model Predictive Control Problem for Subclasses of Multilinear Time-Invariant Systems.
5th IFAC Conference on Nonlinear Model Predictive Control, Sevilla.

Lautenschlager, B., Lichtenberg, G., (2016).
Data-driven Iterative Learning for Model Predictive Control of Heating Systems.
12th IFAC International Workshop on Adaptation and Learning in Control and Signal Processing, Eindhoven.

Müller, T., Lichtenberg, G., (2016)
Fault Detection with CP-Decomposed Qualitative Models.
4th IFAC International Conference on Intelligent Control and Automation Sciences, Reims 2016.

Kruppa, K., Müller, T., Lautenschlager, B., Lichtenberg, G., Réhault, N., (2016).
State Space Models as a common tool for Control design, Optimization and Fault detection in Building Systems.
BauSIM, Dresden.

Kruppa, K., (2017).
Comparison of Tensor Decomposition Methods for Simulation of Multilinear Time-Invariant Systems with the MTI Toolbox.
20th IFAC World Congress, Toulouse 2017.

Kruppa, K., Lichtenberg, G., (2017).
Decentralized State Feedback Design for Multilinear Time-Invariant Systems.
20th IFAC World Congress, Toulouse.

Müller-Eping, T., Lichtenberg, G., Vogelmann, V., (2017).
Fault Detection Algorithms based on Decomposed Tensor Representations for Qualitative Models.
20th IFAC World Congress, Toulouse.

Sewe, E., Pangalos, G., Lichtenberg, G., (2017).
Fault Detection for Heating Systems using Tensor Decompositions of Multi-Linear Models.
7th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications, Madrid.

10.3.2 Vorträge und Poster (ohne peer-review)

Rist, T., Fraunhofer ISE, (2015).
OBSERVE Optimierung und Betriebsführung komplexer Gebäudeenergieversorgungsanlagen.
6.EnBop-Forum, Gelsenkirchen.

Reese, K., IngSoft GmbH, (2016).
Automatische Erfassung von Energiedaten - Herausforderungen und Lösungen.
INServFM, Messe und Kongress für Facility Management und Industrieservice, Frankfurt.

Kruppa, K., Lichtenberg, G., HAW Hamburg (2016).

Comparison of CP Tensors, Tucker Tensors and Tensor Trains for Representation of Right Hand Sides of Ordinary Differential Equations.

TDA, Workshop on Tensor Decompositions and Applications, Leuven.

Réhault N., Fraunhofer ISE, (2016)

Betriebsführung von RLT-Anlagen, Monitoring und Überwachung.

TGA-Kongress, Berlin.

Lichtenberg, G., HAW Hamburg, (2017).

Regelungsentwurf - Optimierung in der Gebäudeautomation.

Berliner Energietage - Energiewende in Deutschland, Berlin.

Felsmann, C., TU Dresden, (2017).

Wege zum energieeffizienten Gebäudebetrieb.

OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

Reese, K., IngSoft GmbH, (2017).

Herausforderung Datenerfassung.

OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

Réhault, N., Fraunhofer ISE, (2017).

Fehlererkennung und Diagnose in Gebäuden - Eine Einführung.

OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

Müller-Eping, T., Fraunhofer ISE, (2017).

Methoden zur Fehleridentifikation an gebäudetechnischen Anlagen.

OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

Sewe, E., Plenum GmbH, (2017).

Betriebsanalyse zur Fehlererkennung und Energieeinsparung.

OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

Monetti, R., IngSoft GmbH, (2017).

Mustererkennung - Ein leicht anzuwendendes Modul zur Überwachung des Energieverbrauchs.

OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

Lorenz, E., Fraunhofer ISE, (2017).

Methoden und Genauigkeit von Solar- und Temperaturprognosen.

OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

Brecht, B., Kieback&Peter, (2017).

Gebäudeautomation im Wandel.

OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

Lichtenberg, G., HAW Hamburg, (2017).

Modellbasierter Reglerentwurf komplexer Gebäudeautomationssysteme.

OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

Kruppa, K., HAW Hamburg, (2017).

Dezentrale Regelungsstrukturen für Gebäudeautomationssysteme.

OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

Lautenschlager, B., HAW Hamburg, (2017).

Prädiktive lernende Regelung für Heizungssysteme.

OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

Réhault, N., Müller-Eping, T., Rist, T., Lichtenberg, G., Kruppa, K., Lautenschlager, B., (2017).

OBSERVE: Optimierung und Betriebsführung komplexer Gebäudeenergieversorgungsanlagen.
Kongress: ENERGIEWENDEBAUEN - Forschung zu effizienten Technologien und intelligenten Konzepten für die Strom- und Wärmewende, Berlin.

Lautenschlager, B., Kruppa, K., Lichtenberg, G., (2017).
OBSERVE - Optimierung und Betriebsführung komplexer Gebäudeenergieversorgungsanlagen.
OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

Kruppa, K., Lautenschlager, B., Lichtenberg, G., (2017).
Modellbasierte Reglerentwurfsmethoden zur Anwendung in der Gebäudeautomation.
OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

Müller-Eping, T., Rist, T., Réhault, N., (2017).
Qualitative Modelle zur Fehlererkennung.
OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

Sewe, E., (2017)
Modellbasierte Erkennung von defekten Stellantrieben und zugestellten Heizkörpern.
OBSERVE Workshop: Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben, Hamburg.

10.3.3 Buchbeiträge

Réhault, N., Böhme, G., Müller, T. (2015)
Energetischer Gebäudebetrieb in der Praxis und neue Methoden für eine energieeffiziente Betriebsführung
Energieeffizienz in Gebäuden, Jahrbuch 2015, VME Verlag

10.3.4 Bachelor- und Masterarbeiten

Kohl, P., (2015).
Development of a Real-Time Simulation Environment for Heating Circuits on the Basis of the UDOO
developing board utilizing Scilab/Xcos.
Masterarbeit, HAW Hamburg.

Merk, J., (2015).
Modellierung, Kalibrierung und Betriebsoptimierung eines thermohydraulischen Gebäudeanlagensystems
mit Modelica.
Masterarbeit, Uni Stuttgart.

Clairembault, M., (2016).
Assessing the influence of weather forecast uncertainty on MPC of building equipment.
Masterarbeit, INSA (F).

Weihe, K., (2017).
Thermisch-hydraulische Modellierung der Ringleitung-Wärmeversorgungsanlage eines Industriebetriebs.
Bachelorarbeit, HAW Hamburg.

Krapivnitckaia, P., (2017).
Hybrid modelling and parameter identification for the decentralized heat supply network of an industrial
facility.
Masterarbeit, HAW Hamburg.

Palanisamy, S., (2017).
Automated Extraction of Data Point Names.

10.4 Workshop

Am 9.-10.2.2017 fand in der HAW - Hochschule für Angewandte Wissenschaften, in Hamburg Bergedorf ein Workshop mit dem Thema: "Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben - Anwendung moderner Methoden in der Gebäudeautomation" statt. Der 1. Workshoptag diente der Präsentation und der Diskussion der Forschungsergebnisse sowie ihrer Einordnung in den Gesamtzusammenhang von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung. Am 2. Workshoptag erhielten die Teilnehmer die Gelegenheit, die entwickelten Werkzeuge zur Analyse des Energieverbrauchs, zur Darstellung der Betriebsdaten, zu der Identifizierung von Fehlern im Betrieb, sowie für den Entwurf eines prädiktiven Reglers und dessen Überprüfung mit realen Daten aus dem Forschungsprojekt kennenzulernen und zu erproben. Am Abend des ersten Projekttag gab es für die Teilnehmer einen Social Event mit einer Besichtigung der Sternwarte Hamburg-Bergedorf.

10.4.1 Zusammenfassung

Der Workshop wurde von PLENUM in Zusammenarbeit mit der HAW vorbereitet. Die organisatorische Abwicklung erfolgte durch die Energieagentur Regio Freiburg. Es wurde ein Flyer entworfen, der in den Abbildungen 10.4-5 und 10.4-6 gezeigt ist. Die Teilnehmerzahl betrug am ersten Tag 66 und am zweiten Tag 51.

Freitag 10. Februar

Training mit modernen Software-Werkzeugen

Die Teilnehmer erhalten die Möglichkeit aus den drei Modulen Bilanzierung, Diagnose und Reglerentwurf zwei auszuwählen und die dazugehörigen Softwaretools anhand realer Objektdaten kennenzulernen.

09:00 **Session A: Bilanzierung des Energieverbrauchs, IngSoft / Fehlererkennung und Diagnose gebäudetechnischer Anlagen, PLENUM/ISE / Vorgehen & Werkzeuge des modellbasierten Reglerentwurfs, HAW**
12:00 Mittagessen
13:00 **Session B: Bilanzierung des Energieverbrauchs / Fehlererkennung und Diagnose gebäudetechnischer Anlagen / Vorgehen & Werkzeuge des modellbasierten Reglerentwurfs**
16:00 Ende

Bilanzierung des Energieverbrauchs

Nach einer Einführung in die Software InterWatt von IngSoft, lernen die Teilnehmer die Grundzüge der Bilanzierung des Energieverbrauchs von Gebäuden, sowie Herausforderungen und Lösungsansätze beim Nachweis der Wirksamkeit umgesetzter Maßnahmen kennen. Dazu werden Hands-On-Übungen mit entsprechenden Messdaten durchgeführt.

Fehlererkennung und Diagnose gebäudetechnischer Anlagen

Die Teilnehmer lernen den Einsatz verschiedener Methoden zur Fehlererkennung und Diagnose kennen. Dabei werden manuelle Analyse, regelbasierte Fehlererkennung sowie Beispiele zu Data-Mining und maschineller Klassifikation anhand realer Messdaten aus Gebäudeautomationssystemen durchgeführt. Zum Einsatz kommen Werkzeuge und Bibliotheken der Programmiersprache Python.

Vorgehen und Werkzeuge des modellbasierten Reglerentwurfs

Die Teilnehmer erstellen und validieren ein Matlab/Simulink Modell eines Beispielgebäudes mit Hilfe realer

Messdaten. Mit diesem Modell entwerfen sie einen prädiktiven Regler und testen ihn in Simulationen.

Anmeldung

Bitte melden Sie sich online unter folgendem Link an: <http://www.energieagentur-regio-freiburg.de/kalender/anmeldung/>
Oder melden Sie sich per E-Mail an: zimmermann@energieagentur-freiburg.de
Oder melden Sie sich telefonisch an unter: **0761-79177-0**

Kosten

1. Workshoptag

regulär	120,00 € - 100,00 € für Frühbucher bis 15.12.2016
Studenten	70,00 € - 55,00 € für Frühbucher
Social Event	50,00 €

Die Teilnehmerzahl für das Social Event ist auf 40 Personen begrenzt.

2. Workshoptag

regulär	80,00 € - 70,00 € für Frühbucher
Studenten	60,00 € - 60,00 € für Frühbucher

Wegen der Bereitstellung der PC-Arbeitsplätze am 2. Tag ist eine Anmeldung unter Nennung der gewünschten Workshoptage bis zum 13.01.2017 erforderlich.

Zur Zahlung des Workshopbeitrages, erhalten Sie eine separate Rechnung.

Workshop des Forschungsprojektes:



Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben Anwendung moderner Methoden in der Gebäudeautomation

Workshop in Hamburg: 09. & 10.02.2017

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Abbildung 10.4-5: Seite 1 des Flyers für den OBSERVE Workshops

Zu Beginn erfolgte von Prof. Clemens Felsmann (TU Dresden) ein Übersichtsvortrag zum Thema "Wege

Unser Workshop & Ziel

In vielen Gebäuden liegt der Betrieb gebäudetechnischer Anlagen weitab seines energetischen Optimums. Ursachen hierfür sind häufige suboptimale Betriebszustände und Fehler in der Anlagentechnik, die über längere Zeiträume nicht identifiziert werden. Trotz des Einsatzes moderner Gebäudeautomationssysteme, fehlen geeignete Werkzeuge, die den energetischen Anlagenbetrieb kontinuierlich und automatisch überwachen, sowie optimieren.

Das Forschungsteam des **EnOB-Projekts OBSERVE** (www.ob-serve.de) entwickelt innovative, modellbasierte Methoden zur Überwachung und Optimierung des energetischen Gebäudebetriebs. Ziel ist es praxistaugliche Methoden zu erarbeiten, welche einen hohen Systematisierungsgrad, sowie eine hohe Robustheit beweisen, diese zu demonstrieren und Gebäudebetreiber in ihrer Betriebsführung von Gebäuden effizient und zuverlässig zu unterstützen.

Am **09. und 10. Februar 2017** findet im Rahmen des Forschungsprojekts **OBSERVE** der Workshop **„Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben – Anwendung moderner Methoden in der Gebäudeautomation“**, an der HAW Hamburg statt. Hierzu laden wir Sie herzlich ein.

Ablauf

Innerhalb des Forschungsprojektes werden acht große, bestehende Gebäudekomplexe analysiert und optimiert. Das Spektrum reicht von Schulen mit mehreren Gebäuden über Büro- und Verwaltungsgebäude bis hin zu Komplexen mit einer gewerblichen Nutzung. Außerdem werden unterschiedliche Arten der Wärmeerzeugung und Verteilung, bis hin zu Nahwärmeversorgungen untersucht.

Der **1. Workshoptag** dient der Präsentation und Diskussion der Forschungsergebnisse sowie der Einordnung in den Gesamtzusammenhang von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung. Am **2. Workshoptag** erhalten die Teilnehmer die Gelegenheit, die entwickelten Werkzeuge zur Analyse des Energieverbrauchs, zur Darstellung der Betriebsdaten, zu der Identifizierung von Fehlern im Betrieb, sowie für den Entwurf eines prädiktiven Reglers und dessen Überprüfung mit realen Daten aus dem Forschungsprojekt kennenzulernen und zu erproben. In betreuten Gruppen können die Teilnehmer nach einer Einführung eigenständig Datensätze der Forschungsobjekte im PC-Pool der HAW untersuchen und entsprechende Methoden der Auswertung und des Reglerentwurfs anwenden.

Am Abend des ersten Projekttagess wird es ein **Social Event** in der **Sternwarte Hamburg-Bergedorf** geben. Das einmalige Ensemble für Observatorien ist im Gespräch für eine Aufnahme in die Weltkulturerbeliste der UNESCO. Bei der Besichtigung können die Teilnehmer, abhängig vom Wetter, durch die Teleskope einen Blick in den Nachthimmel werfen. Im dazugehörigen **Café Raum & Zeit** wird es ein Abendessen und die Möglichkeit für vertiefende Gespräche geben.

Veranstaltungsort:
HAW - Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences
Ulmenliet 20
21033 Hamburg

Projektpartner:
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg
HAW – Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Hamburg
PLENUM Ingenieurgesellschaft für Planung Energie Umwelt GmbH, Hamburg
Kieback&Peter GmbH & Co. KG, Berlin
IngSoft GmbH, Nürnberg
Organisation:
Energieagentur Regio Freiburg GmbH

Tagesabläufe

Donnerstag 09. Februar Präsentation und Diskussion

- 09:00 Begrüßung
Nicolas Rehault, Dipl.-Ing. / PTJ
- 09:20 Übersichtsvortrag - Wege zum energieeffizienten Gebäudetrieb
Clemens Felsman, Prof. Dr.-Ing., TU Dresden
- 10:00 Daten - Herausforderung Datenerfassung
Karsten Reese, Dipl.-Ing., IngSoft GmbH
- 10:30 Pause
- 11:00 Fachsession Diagnose - Einführung
Nicolas Rehault, Dipl.-Ing., ISE Freiburg
- 11:30 Fachsession Diagnose - Methoden zur Fehleridentifikation an gebäudetechnischen Anlagen
Thorsten Müller, M. Eng., ISE Freiburg
- 12:00 Fachsession Diagnose - Betriebsanalyse zur Fehlererkennung und Energieeinsparung
Erik Sewe, Dipl.-Ing. (FH), PLENUM GmbH
- 12:30 Fachsession Diagnose - Mustererkennung: Ein leicht anzuwendendes Modul zur Überwachung des Energieverbrauchs
Roberto Monetti, Dr., IngSoft GmbH
- 13:00 Mittagessen
- 14:00 Exkurs Wetter - Methoden und Genauigkeit von Solar- und Temperaturprognosen
Elke Lorenz, Dr., ISE Freiburg
- 14:30 Exkurs Gebäudeautomation - Gebäudeautomation im Wandel
Björn Brecht, Kieback&Peter
- 15:00 Pause
- 15:30 Fachsession Entwurf - Modellbasierter Reglerentwurf komplexer Gebäudeautomationssysteme
Gerwald Lichtenberg, Prof. Dr.-Ing., HAW Hamburg
- 16:00 Fachsession Entwurf - Dezentrale Regelungsstrukturen für Gebäudeautomationssysteme
Kai Kruppa, M.Sc., HAW Hamburg
- 16:30 Fachsession Entwurf - Prädiktive lernende Regelungen für Heizungssysteme
Björn Lautenschlager, Dipl. Phys., HAW Hamburg
- 17:00 Zusammenfassung Ausblick
Gerwald Lichtenberg, Prof. Dr.-Ing., HAW Hamburg
- 17:30 Ende der Fachveranstaltung

- 18:30 Social Event - Besichtigung Sternwarte Hamburg und Abendessen im Café Raum und Zeit
- 22:30 Ende

Abbildung 10.4-6: Seite 2 des Flyers für den OBSERVE Workshops

zum energieeffizienten Gebäudebetrieb". Im Anschluss wurde die Herausforderung die notwendigen Daten zu erfassen und bereitzustellen von Karsten Reese (IngSoft) erläutert.

Die anschließende Fachsitzung Diagnose wurde von Nicolas Rehault (ISE) eröffnet mit einer Einführung in "Methoden zur Fehleridentifikation an gebäudetechnischen Anlagen". Im Anschluss wurden von Thorsten Müller (ISE) "Methoden zur Fehleridentifikation und Energieeinsparung an gebäudetechnischen Anlagen" präsentiert. Danach stellte Erik Sewe (PLENUM) die Möglichkeiten der "Betriebsanalyse zur Fehlererkennung und Energieeinsparung" vor. Abgeschlossen wurde die Fachsitzung Diagnose durch einen Beitrag von Robert Monetti (IngSoft) zum Thema "Mustererkennung: Ein leicht anzuwendendes Modul zur Überwachung des Energieverbrauchs".

Der zweite Teil der Präsentation wurde eingeleitet durch einen Exkurs von Elke Lorenz (ISE) zum Thema "Wetter - Methoden und Genauigkeit von Solar- und Temperaturprognosen". Anschließend gab Björn Brecht (Kieback & Peter) einen Ausblick zum Thema "Gebäudeautomation im Wandel". Die Fachsitzung Entwurf wurde von Gerwald Lichtenberg (HAW) eröffnet mit einem Beitrag zum Thema "Modellbasierter Reglerentwurf komplexer Gebäudeautomationssysteme". Danach stellte Kai Kruppa (HAW) "Dezentrale Reglerstrukturen für Gebäudeautomationssysteme" vor. Es folgte noch ein Beitrag von Björn Lautenschlager (HAW) über "Prädiktive lernende Regelungen für Heizungssysteme". Abgeschlossen wurde der 1. Sitzungstag mit einer Zusammenfassung sowie einem Ausblick durch Gerwald Lichtenberg.

Am 2. Sitzungstag erhielten die Teilnehmer die Möglichkeit die im Rahmen des Forschungsprojektes entwickelten Softwaretools mit realen Daten aus dem Forschungsprojekt zu erproben. Hierfür standen vier Module zu den Themen Bilanzierung (1), Diagnose (2) und Reglerentwurf (1) zur Verfügung. Aufgeteilt auf drei Räume mit jeweils 16 Rechnern bestand die Möglichkeit am Vor- und Nachmittag jeweils ein von drei Modulen nach einer kurzen Einführung betreut zu erproben. Dieser neue Ansatz einer interaktiven Auseinandersetzung fand reges Interesse, mit der Folge, dass die Kurse überbucht waren.

10.4.2 Workshop Tag 1 - Präsentation und Diskussion

Wege zum energieeffizienten Gebäudebetrieb

Clemens Felsmann (TU Dresden)

Der Übersichtsvortrag „Wege zum energieeffizienten Gebäudebetrieb“ stellt verschiedene Aufgaben der Betriebsoptimierung von Gebäuden dar. Hierbei ist zunächst das unterschiedliche Verständnis von dem Begriff „Energieeffizienz“ zu klären sowie mögliche Ursachen von Ineffizienz wie die Systemkomplexität oder der Nutzereingriff zu identifizieren. Das Ziel ist die Optimierung der technischen Systeme und die Vermeidung von Fehlern. Energieeinsparungen können maximiert werden, indem die Bedarfe minimiert werden. Ein Weg zum energieeffizienten Gebäudebetrieb führt somit über das Gebäudeautomationssystem. Dieses soll die Energie bedarfsgerecht zur Verfügung stellen. Zudem müssen Fehler während des Betriebs erkannt und behoben werden, durch die Bereitstellung von Alarm-, Diagnose- und Assistenzfunktionen. Diese Maßnahmen führen jedoch nur dann zu einem energieeffizienten Gebäudebetrieb, wenn sie regelmäßig gewartet und kontrolliert werden, um die korrekte Funktionalität sicherzustellen.

Herausforderung Datenerfassung

Karsten Reese (IngSoft GmbH)

Im Vortrag mit dem Titel „Herausforderung Datenerfassung“ berichtete Karsten Reese (IngSoft) über die im Projekt gewonnenen Erfahrungen bezüglich der Datenerfassung. Als Gliederung diente dabei der Weg der Daten von der Messphysik, über die Umwandlung in elektronische Signale und deren Weiterleitung im Feld und im Wide Area Network bis hin zur zentralen Datenverarbeitung.

Detaillierter vorgestellt wurde die Lösung zur Überbrücken der Kluft zwischen den im GLT-Umfeld üblichen COV-Daten (COV = Change Of Value, d.h. Speicherung der Messwerte mit Zeitstempeln bei signifikanten Wertänderungen) und den für die Bilanzierung benötigten gleich getakteten Daten. Ein weiterer Schwerpunkt waren die Maßnahmen zur Erhöhung der Datenqualität.

Fehlererkennung und Diagnose in Gebäuden - Eine Einführung

Nicolas Réhault (Fraunhofer ISE)

In bestehenden Nichtwohngebäuden liegt der Betrieb der gebäudetechnischen Anlagen häufig weitab seinem energetischen und wirtschaftlichen Optimum. Die gängige Praxis beschränkt sich oft lediglich auf die Sicherstellung der prinzipiellen Gebäudefunktionalitäten wie z.B. Heizen und Kühlen und geeignete Werkzeuge zur kontinuierlichen und automatischen Überwachung der energetischen Qualität des Gebäudebetriebs fehlen. Informationen die in den Daten aus Gebäudeautomationssystemen anfallen, werden ungenügend genutzt, um suboptimale Betriebszustände und Energieeinsparpotentiale zeitnah und effizient zu identifizieren. Im BMWi geförderten Projekt OBSERVE werden innovative Methoden zur automatisierten Fehlererkennung und Diagnose entwickelt und mit Gebäudeautomationssystemen gekoppelt bzw. integriert. Durch die Anwendung solcher Methoden sind in Einzelfällen zwischen 5 und 30 % Energieeinsparungen möglich. In diesem Vortrag geben wir eine Einführung in den Methoden der automatisierten Fehlererkennung und Diagnose im Gebäudebereich und illustrieren welche Hemmnisse die Umsetzung von Maßnahmen zur Sicherstellung einer energieeffizienten Betriebsführung von Gebäuden erschweren. Wir zeigen auch Chancen auf, die sich durch die Entwicklung und die Implementierung neuer modellbasierten Werkzeugen und Monitoringplattformen im Bereich der energetischen Betriebsführung von Gebäuden ergeben.

Methoden zur Fehleridentifikation an gebäudetechnischen Anlagen

Thorsten Müller-Eping (Fraunhofer ISE)

Die in der Gebäudetechnik eingesetzten Systeme zur Fehlererkennung basieren im Allgemeinen auf Expertensystemen, die mithilfe manuell definierter Regeln, die verfügbaren Anlagensignale überwachen. Häufig bestehen diese Regeln aus festen Grenzwerten, deren Über- oder Unterschreiten als fehlerhafter Betriebszustand der zugrundeliegenden Anlage interpretiert wird. Insbesondere die Erkennung von Fehlern die sich in der Systemdynamik manifestieren, beispielsweise sich ändernde Zeitkonstanten, ist mit solchen Methoden nicht, oder nur sehr aufwendig möglich. Moderne Methoden, die auf dynamischen Modellen der zu überwachenden Anlagen beruhen, ermöglichen hingegen die Detektion solcher Fehler

und bieten darüber hinaus eine direkte Interpretation der Betriebszustände der Anlage. Die hier vorgestellten Qualitativen Modelle wurden dabei bereits vor Jahrzehnten entwickelt, konnten sich in der praktischen Anwendung aufgrund des sehr großen Speicherbedarfs jedoch nicht durchsetzen. Durch die Verwendung aktueller mathematischer Ansätze, bei denen die qualitativen Modelle durch mehrdimensionale Tensoren repräsentiert werden, kann der Speicherbedarf der Modelle erheblich reduziert werden. Die Verwendung sogenannter Tensordekompositionsmethoden erlaubt dabei nicht nur eine Reduktion des Speicherbedarfs, sondern auch eine sehr effiziente Implementierung der Algorithmen zur Fehlererkennung. Dadurch wird es möglich, Qualitative Modelle zur Fehlerrechnung selbst auf kleinen Rechnersystemen, wie beispielsweise auf dem RaspberryPi oder der Gebäude DDC, einzusetzen.

Betriebsanalyse zur Fehlererkennung und Energieeinsparung

Erik Sewe (Plenum GmbH)

Es werden die Ergebnisse der Auswertung einer Fehlerdatenbank, in der Betriebsfehler von komplexen Heizungsanlagen dokumentiert werden, vorgestellt. Ansätze zur Fehlererkennung mit Expertenwissen sowie regel- und modellbasierte Prüfungen werden präsentiert. Der Nominalbetrieb eines Gaskessels wird durch ein multi-lineares Zustandsraummodell abgebildet. Unter Anwendung von Paritätsgleichungen wird es zur Fehlererkennung genutzt.

Mustererkennung - Ein leicht anzuwendendes Modul zur Überwachung des Energieverbrauchs

Roberto Monetti (IngSoft GmbH)

Die regelmäßige Erfassung des Energieverbrauchs (Strom, Wärme, ggf. Wasser) findet immer weitere Verbreitung. Die automatische Erfassung von Energieverbrauchswerten liefert wertvolle Informationen, die aber meist ungenutzt bleiben.

Um auf Grundlage der so gewonnenen Verbrauchszahlen zu einer Einsparung von Energie und somit Energiekosten zu kommen, ist es notwendig, diese Verbrauchsdaten anzusehen und Auffälligkeiten auf den Grund zu gehen. Auffälligkeiten in diesem Sinne können untypische zeitliche Verläufe sein (z.B. durch eine defekte Nachtabsenkung der Heizung), langsames Ansteigen des Stromverbrauchs über Monate (z.B. aufgrund nicht gereinigter Filter der Lüftungsanlage) oder ein im Vergleich zu ähnlichen Gebäuden zu hoher Verbrauchskennwert. Klassische Alarmierungsverfahren sind in der Einrichtung zu aufwendig. Es müssen Grenzwerte z.B. in Abhängigkeit von Werksferien, Außentemperatur, Wochentag, Tageszeit u.a. gefunden und konfiguriert werden.

In diesen Vortrag wird ein Algorithmus, der sogenannte InterWatt- Mustererkennungsalgorithmus, eingeführt, der Verbrauchsmuster in Daten automatisch erkennen kann. Diese Muster werden unter Einbeziehung von anderen Verbrauchseinflussgrößen in einen Alarmierungsverfahren verwendet, das auffällige Lastgänge detektieren kann.

Methoden und Genauigkeit von Solar- und Temperaturprognosen

Elke Lorenz (Fraunhofer ISE)

Für die Optimierung der Betriebsführung von Gebäuden werden immer öfter auch Wetterprognosedaten für die unterschiedlichen Ansätze benötigt, wie z.B. für die modellprädiktive Regelung. In dem Vortrag „Methoden und Genauigkeit von Solar- und Temperaturprognosen“ werden unterschiedliche Verfahren für die Erstellung von Wetterprognosen vorgestellt. Dabei wurden Satelliten gestützte Methoden genauso wie numerische Verfahren betrachtet. Auch auf die Kombinationsmöglichkeiten der unterschiedlichen Methoden wurde im Rahmen des Vortrages eingegangen. Die Vorhersagen der Außentemperatur, sowie der Solarstrahlung wurden auf Stunden- und Tagesbasis mit den Messwerten verglichen und die Ergebnisse evaluiert.

Gebäudeautomation im Wandel

Björn Brecht (Kieback&Peter)

Der Übersichtsvortrag von Kieback&Peter zum Thema „Gebäudeautomation im Wandel“ fasst den aktuellen Stand der Technik in diesem Bereich zusammen, und skizziert absehbare Weiterentwicklungen aus Sicht eines Gebäudeautomationsherstellers. Mit zunehmender Vernetzung von Gebäuden, dem verstärkten Einsatz von smarten Technologien und auch auf Grund gesetzlicher Vorgaben werden sich die

Anforderungen an Gebäudeautomationssysteme maßgeblich weiterentwickeln. Dabei werden ergänzend zur Betriebsüberwachung und einem etablierten Energiemanagementsystem weitere Gewerke direkt Einzug in die Gebäudeautomation finden, um Sicherheit und Komfort zu steigern, den Energieverbrauch zu reduzieren und damit zu einer effizienteren Betriebsweise beitragen zu können.

Modellbasierter Reglerentwurf komplexer Gebäudeautomationssysteme

Gerwald Lichtenberg (HAW Hamburg)

Der Vortrag ordnet grundlegende Probleme der Gebäudeautomation in den Kontext der Systemtheorie und Regelungstechnik ein. Alle modernen Entwurfsmethoden verwenden Modelle des dynamischen Verhaltens des zu automatisierenden Systems, insbesondere sind dadurch prädiktive Ansätze (*model predictive control MPC*) möglich. Neben der Auswahl geeigneter Modelle können für die systematische Bearbeitung großer Datenmengen (*big data*) mehrdimensionale Datenstrukturen (Tensoren) hilfreich sein, für die in letzter Zeit Methoden und Algorithmen zur Dekomposition - und damit sehr starker Kompression - entwickelt wurden und werden.

Dezentrale Regelungsstrukturen für Gebäudeautomationssysteme

Kai Kruppa (HAW Hamburg)

Die steigende Komplexität der heutigen Anlagen im Gebäudebereich, erschwert auch das Regelungsproblem für solche Anlagen. Die Verwendung eines zentralen Reglers für die gesamte Anlage kann z.B. bei prädiktiven Reglern zu einem sehr großen Berechnungsaufwand führen, da ein sehr komplexes Optimierungsproblem gelöst werden muss. Dies begrenzt die Anwendbarkeit von prädiktiven Ansätzen für große Anlagen.

Der Vortrag zeigt beispielhaft anhand eines typischen Aufbaus eines Heizungssystems, bei dem mehrere Heizkreise von einem Kessel versorgt werden, wie es möglich ist, die prädiktive Regelungsaufgabe auf einzelne Reglerknoten zu verteilen. Die einzelnen Reglerknoten müssen deutlich kleinere Optimierungsprobleme lösen, sodass sich eine geringere Komplexität ergibt. Um trotzdem ein gutes Regelungsergebnis für die Gesamtanlage zu erzielen, kommunizieren die einzelnen Reglerknoten miteinander. Vielversprechende Ergebnisse konnten in Simulation mit einem deutlich reduzierten Berechnungsaufwand erzielt werden.

Prädiktive lernende Regelung für Heizungssysteme

Björn Lautenschlager (HAW Hamburg)

Die modellprädiktive Regelung, unter Berücksichtigung der Wetterprognose, stellt einen vielversprechenden Ansatz für die Regelung von Heizungssystemen dar. Dabei wird das dynamische Verhalten des Heizungssystems durch ein lineares Modell approximiert. Die Möglichkeit ein einfaches Modell zu nutzen, würde den Modellierungsaufwand erheblich reduzieren. Durch den Einsatz eines einfachen Modells, kann es zu Abweichungen zwischen dem realen Verhalten der Anlage und dem vom Modell berechneten Verhalten kommen, da die Dynamik der Anlage lediglich approximativ vom Modell abgebildet wird. Aber auch nicht optimal gewählte Einstellungen, beispielsweise der Heizkurve, oder nicht berücksichtigte Störeinflüsse können das Regelungsergebnis negativ beeinflussen.

Dieser Vortrag stellt das Konzept eines datenbasierten iterativ lernenden Reglers dar, welcher mit einem modellprädiktiven Regler kombiniert wird, um mögliche Abweichungen, welche durch den Einsatz eines einfachen Modells auftreten können, zu kompensieren. Es wird dargestellt wie der iterative lernende Regler die gespeicherten Messdaten vergangener Tage nutzt, um das Regelungsergebnis von Tag zu Tag zu verbessern. Die Anwendung auf Heizungssysteme zeigt vielversprechende Simulationsergebnisse. Zur Reduzierung des Speicherbedarfs der gesammelten Messwerte werden Tensordekompositionsverfahren eingesetzt, um so den Einsatz eines datenbasierten iterativ lernenden Reglers auch auf Zielplattformen zu ermöglichen, die keinen großen internen Speicher oder einen Datenbankzugriff besitzen.

10.4.3 Workshop Tag 2 - Training mit modernen Software-Werkzeugen

Der OBSERVE-Workshop „Nichtwohngebäude energieeffizient betreiben“ wurde von der PLENUM Ingenieurgesellschaft organisiert und an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Hamburg

ausgerichtet. Auf Grundlage der Erfahrung aus den Workshops vorangegangener Projekte wurde sich für ein zweitägiges Format entschieden, bei dem die Teilnehmer des Workshops aktiv mit einbezogen wurden. Dabei bestand der erste Workshoptag aus Posterpräsentationen und Vorträgen über aktuelle Forschungsergebnisse. Der zweite Tag des Workshops wurde als interaktives Training gestaltet. Die Teilnehmer des Workshops konnten aktiv mitarbeiten und Übungen am Computer mit modernen Software-Werkzeugen, wie sie auch in der Forschung eingesetzt werden, selbständig umsetzen. Dazu gab es drei parallele Sessions zwischen denen die Teilnehmer wählen konnten. Alle Sessions wurden jeweils am Vormittag und am Nachmittag angeboten.

Session 1 (IngSoft)

Die IngSoft GmbH führte am zweiten Workshoptag in zwei Sessions ein Training mit dem Titel „*Bilanzierung des Energieverbrauchs*“ durch. Es wurden grundlegende Methoden in der Bilanzierung vorgestellt (die z.B. im Umfeld von Energiemanagement nach ISO 50001 Anwendung finden). Die vorgestellten Methoden konnten von den Teilnehmern auf Daten aus dem Vorhaben ausprobiert werden.

Session 2 (Plenum - Fraunhofer)

In der ersten Hälfte des Workshops „*Fehlererkennung und Diagnose gebäudetechnischer Anlagen*“ hat Plenum die manuelle Betriebsdatenanalyse und regelbasierte Fehlererkennung vorgestellt. Die Teilnehmer verwendeten eine von Plenum entwickelte webbasierte Benutzeroberfläche. Als Beispielanlage diente das von Plenum betreute LANUV Essen, für das ein Auszug der Anlagenschemata sowie die Dokumentation ausgewählter Fehler in einem Handout dem Teilnehmer zur Verfügung gestellt wurden.

Den zweiten Teil der Session mit dem Titel „*Fehlererkennung und Diagnose gebäudetechnischer Anlagen*“ führte das Fraunhofer ISE ein Training zum Thema „*Daten Basierte Fehlererkennung*“ durch. Die Teilnehmer lernten den Einsatz von Methoden zur Fehlererkennung und Diagnose auf Basis von Data-Mining und maschineller Klassifikation kennen. Zum Einsatz kamen Werkzeuge und Bibliotheken der Programmiersprache Python. Als Benutzeroberfläche wurde jedem Teilnehmer ein interaktives Jupyter Notebook zur Verfügung gestellt. Behandelt wurden:

- Sichtung von Daten
- Modellierung mittels Multiple Lineare Regression
- Clustering

Mittels interaktiver Bedienelemente wurden die jeweiligen Parameter der Methoden variiert und ihre Wirkung visualisiert.

Session 3 (HAW)

Für den zweiten Workshoptag entwarf die Hochschule für angewandte Wissenschaften ein Training mit dem Titel „*Vorgehen und Werkzeuge des modellbasierten Reglerentwurfs*“ und führte dieses in zwei Sessions mit den Workshopteilnehmern durch. Durch den Aufbau des Trainings aus sich abwechselnden kurzen Theorie- und Praxisblöcken, konnten die Teilnehmer aktiv mitarbeiten und ihr gerade erlerntes Wissen anwenden. Nach einer kurzen Einführung in die Entwicklungsumgebung MATLAB/Simulink, sollte unter Verwendung dieser Umgebung ein modellbasierter Reglerentwurf für eine Beispielanlage durchgeführt werden. Dazu wurden Messdaten eines realen Demogebäudes bereitgestellt, die in Matlab eingelesen und analysiert wurden. Mithilfe der so vorbereiteten Daten erstellten die Teilnehmer ein Blackbox Modell des Beispielgebäudes. Die Validierung des geschätzten Modells erfolgte in der Simulationsumgebung Simulink. Anschließend wurde dieses Modell für den Entwurf eines prädiktiven Reglers verwendet. Es wurden bestimmte Anforderungen an den Regler vorgegeben, anhand derer die Teilnehmer die Reglerparameter einstellten. Ein Test des Reglers erfolgte in Simulation. Die Teilnehmer konnten so das Vorgehen für einen prädiktiven Reglerentwurf, von der Modellierung bis zur Simulation, im Rahmen dieses Trainings unter Anleitung selbst durchführen und eigene Erfahrungen sammeln.