

Energy network management of decentralised, heat-controlled combined heat and power plants as storage-supported CCHP supplies of various consumer structures

Summarizing Report of project No. 2012-09
www.badenova.de/innovationsfonds



Authors:

Jesus S. da Costa Fernandes¹

Günter Zapf²

Hans-Jürgen Schneble³

Elmar Bollin¹

¹Forschungsgruppe NET – Nachhaltige Energietechnik, INES
- Institut für Energiesystemtechnik der Hochschule Offenburg

²Günter und Martin Zapf Energie GbR mbH, Gengenbach-Schönberg

³Stadt Offenburg, Offenburg

Published on 31/05/2017

Author: Jesus da Costa Fernandes
Project title: Energy network management of decentralised, heat-controlled combined heat and power plants as storage-supported CCHP Supplies of various consumer structures
Project-ID: 2012-09

Starting in May 2012 the Hochschule Offenburg – University of Applied Sciences as research institution and coordinator worked on a bundle of work packages to upgrade low voltage energy distributions to smart subnets. With the partners Municipality of Offenburg and the company Günter and Martin Zapf Energie GbR mbH in Schönberg, close to Gengenbach, the project team has led the project to a full success in July 2016.

Four power distributions were transformed to real labs getting very close to smart subnets or micro grids. The supply systems or local energy grids were built up with energy sources, energy storages and energy sinks realizing typical features of a micro grid interacting with the public utility grid. All systems were extended with additional meters, sensors and actors to realize an energy management based on monitoring data.

A special research aspect was given to the potential analysis of trigeneration as a variant of local power distributions. Combining cooling power with heat and power of CHP-units the modelling of a trigeneration supply any complex grid configuration can be described on the local extent and optimized afterwards within further scientific R&D-tasks.

After upgrading the selected subnets the energy monitoring was commissioned with specific data points archived in local SQL-type databases. The databases mostly realized were then used for the development of an energy management allowing automatic evaluation of historical data and finally lead to manual decisions in the first step and automated actions in a latter sophisticated version. A high importance was given to survey and safety functions realized within the PLC-concept allowing actions initiated by thresholds, work ranges and defined limits. The PLC-based automation interacts with the visualization and offers a local overview of the system performance to the operator on site and via remote access.

In the case of remote power supply systems the evaluation of battery states-of-charge, solar and wind contributions are subjects of R&D for at least two decades. Therefore a lot of experience can be applied to set up an energy management based on logic control using simple algorithms. Introducing grid parameters, significant states and trends of a smart grid new challenges emerge together with new topologies of a combined grid including CHP units, lignite gasifiers or an ice storage.

The project offered excellent conditions to meet the challenges of smart subnets to researchers, operators, investors and energy providers. Performance checks with the analysis of databases to prepare adequate conditions for new business models. Other research activities at the Offenburg University of Applied Sciences had an important impact on the project as further works were initiated to explore specific details and subtasks. The INES Smart Grid (ISG) at the Institute of Energy Systems Technology (INES) was newly designed and assembled to have a test and validation environment for complex control and management algorithms. Stress tests should lead to optimization of already developed routines and improve the energy efficiency of decentralized energy distributions.

In details the project extended the following lab infrastructures with an energy monitoring, process automation infrastructure and data communication features.

The new features allow interactions with external data and energy management systems which help to automatically change the operation strategy or to manage energy flows:

- Real Lab "Energieinsel mit Lernecke", remote area power supply with students' corner, single phase micro grid (part of the Lab installations in Building B at the Offenburg University of Applied Sciences).
- Real Lab "INES Smart Grid – ISG" (grid setup with micro grid with PV, Wind, hydrogen, e-vehicle and combined heat and power unit), a tri-phase micro grid designed for scientific development of operation strategies and algorithms.
- Real Lab "Energienetz Gefügelhof Zapf" noodle manufactory of a poultry farm (CO₂-neutral, innovative energy grid with biomass/lignite gasification and regional value added concept), sustainable energy concept for a company using mainly local resources.

- Real Lab “Southern School Campus Northwest” (municipal, local energy distribution with high own consumption coefficient and significant saving of CO₂ emissions), a municipal way to define a local energy grid for building pools and campuses.

Within the project different functions of the real labs were chosen according to their specific request to become smart. Therefore the following results can be stated as main findings of the work packages:

External partners ask for a secured remote access to their energy systems. Communication structures as typical market solutions cannot be considered as sufficiently developed to realize safety levels with necessary authentication procedures for secured access. Operators and Investors mostly insist on running energy supplies being up-to-date but also safe. Finally not all systems are accessible by remote control by lack of permission.

Modelling complex energy grids requires high efforts and takes a lot of time. To analyze historical data and adopt existing models of the simulation environments TRNSYS and Matlab two thesis works led to the conclusion that models should be simplified and reduced to essential characteristics. The concept therefore elaborated is to develop a model based on energy meters and states including calendar evaluation and time schedules as well as weather forecasts. Works here are ongoing.

The municipality of Offenburg running a school campus proved that at high share the energy produced by the CHP units is consumed on site. As the energy management concept here was mainly concentrated on an analytical energy monitoring the aim was fulfilled with continuously monitored energy data in a widely common database format. Future tasks will extend the achieved communication infrastructure to further objects managed by the municipality.

The two real labs of the Hochschule Offenburg are objects of further analysis and ongoing research activities. At least three ongoing doctoral theses are handling aspects of optimization. As the “Energieinsel” is a quite old system the future focus will be set on tasks with the INES Smart Grid with its PV, wind, hydrogen system and e-vehicle. Within the project itself a weather station and electronic loads were added. To profit of hydrogen as storage medium for power supplies also a grid feeding of power was realized using the PEM fuel cell with 1,7 kW nominal DC power. Actually the ISG is extended with a Combined CHP (CCHP) sequence and will finally offer a highly variable hybrid infrastructure. Details can be taken of the related publications and contributions to scientific conferences and journals.

All real labs cannot be considered as completed and will be objects of further research activities. The integration of external signals and information as well as the use of historical data for supply or load profiles are in progress. Together with energy providers and energy market players a networking of local energy grids is only one of the following steps.

Acknowledgements

The Project was supported by the “Innovationsfonds für Klima- und Wasserschutz der badenova AG & Co KG” under the project-ID 2012-09. The shortly called badenova innovation fund was founded by the regional energy supplier badenova AG & CO. KG to further a wide range of measures, facilitate investment and push developments to protect the climate and secure a clean and save water access.

German Version of the the summarizing report (original)

Verfasser: ¹Jesus da Costa Fernandes, ²Günter Zapf, ³Hans-Jürgen Schneble, ⁴Elmar Bollin

Kurzbericht zum Projekt 2012-09:

Energienetzmanagement dezentraler, wärmegeführter Blockheizkraftwerke im speichergestützten KWKK-Betrieb diverser Verbraucherstrukturen

Das Projektvorhaben „Energienetzmanagement dezentraler KWK-Anlagen mit diversen Verbraucherstrukturen“, das vom Innovationsfonds der badenova AG & Co KG von Mai 2012 bis Juli 2016 unter der Fördernummer 2012-09 gefördert wurde kann aus Sicht des Projektnehmers Hochschule Offenburg und seiner Partner Stadt Offenburg und G. und M. Zapf Energie GbR mbH als sehr erfolgreich umgesetztes Fördervorhaben bezeichnet werden. Während der ca. vier Jahre Projektlaufzeit konnten mehrere Reallabore geschaffen werden, die an die Eigenschaften eines Subnetzes in einem Smart Grid sehr nah herangeführt wurden. Alle Objekte bzw. Netzstrukturen verfügen über typische Komponenten eines Microgrids mit Energiequellen, Speichern und Senken. Auch wurde die Trigeneration als Netzvariante mit Strom- Wärme und Kältebereitstellung aufgegriffen und für Verteilnetzmodelle der Niederspannungsebene beschrieben. Ausgehend von einem Mikronetzmodell für jede Energieart kann hinter jeder Trafostation eine beliebig komplexe Energieversorgungsstruktur aufgespannt werden.

Ausgehend von der Einrichtung eines Energiemonitoring werden Energiedaten gesammelt und in eine Datenbank geschrieben, die online für ein übergeordnetes Energiemanagement genutzt wird. Sicherheitsrelevante Funktionen übernimmt eine Automation mit den entsprechenden Schaltpunkten, Grenzwerten und zugelassenen Arbeitsbereichen. Die Automation übernimmt auch unmittelbare Schaltaufgaben des Energiemanagements, Überwachungsfunktionen und bedient die Visualisierung bei der Onlineübersicht zum System. Während die Auswertung von Batterieladezuständen, Solar- und Winderträgen bereits seit mehreren Jahrzehnten als Forschungsthema gelten kann, entwickeln sich in aktuellen Arbeiten die Netzparameter, signifikanten Zustände und Trends in einem Smart Grid heraus. Das Vorhaben konnte hier wesentliche Voraussetzungen schaffen, die Betreibern wie Energieversorgern und –Dienstleistern eine breite Basis von Datenpunkte liefern, um Zielfunktion zu testen oder neue Geschäftsmodelle auszuarbeiten.

Mehrere Forschungsvorhaben der Hochschule Offenburg wirkten in das Projekt ein oder wurden aus den Ansätzen des Vorhabens initiiert. Mit dem INES Smart Grid entsteht schließlich eine hochfunktionelle Umgebung zum Testen und Validieren von komplexen Algorithmen der Optimierung und für Belastungstests dezentral gesteuert Subnetze eines Smart Grids. Auch Kommunikationsstrukturen können noch nicht als ausgereift gelten und fordern insbesondere Überwachungsfunktionen und Sicherheitsaspekte z.B. nach Anforderungen des BSI (Bundesamt für Sicherheit im Internet) und müssen nicht zuletzt den Erwartungen genügen, die es dem Betreiber gestatten, eine energietechnisch aktuelle und ausreichend geschützte Energieversorgung zu betreiben.

Im Rahmen des Projekts wurden mehrere Eigenschaften und Funktionen bearbeitet, um die Reallabore „smart“ zu machen. Die folgenden Ergebnisse können als wichtigste Erkenntnisse aus den Arbeitspaketen benannt werden:

Externe Projektpartner wünschen in der Regel einen gesicherten Datenzugang zu ihren Energienetzen und –anlagen. Vorhandene Lösungen, die als markttypische Produkte angeboten werden, können nicht als ausreichend entwickelt bezeichnet werden, um geforderten Sicherheitsansprüchen mit geschützter Authentifizierung und gesicherten Verbindungsaufbau gerecht zu werden. Betreiber und Investoren bestehen auf hochaktuelle Energiesysteme, die aber auch betriebssicher und gegen unbefugten Eingriff geschützt sind.

Die Modellierung komplexer Energienetze erfordert einen sehr hohen Aufwand an Analyse und Zeit. Um historische Daten auszuwerten und ausgewählte Energienetze oder Teilbereiche eines Microgrid in der Simulationsumgebung TRNSYS und MATLAB einzuarbeiten wurden zwei Masterarbeiten ausgearbeitet, die folgenden Schluß zulassen.

¹ Hochschule Offenburg - INES

² Günter und Martin Zapf Energie GbR mbH

³ Stadt Offenburg

⁴ Hochschule Offenburg - INES

Die Modellerstellung ist hoch aufwendig und fordert eine deutliche Vereinfachung der Einzelmodelle des Energienetzes. Als Entwicklungsansatz wird an einem Netzmodell gearbeitet, daß auf die Energiebilanzierung über Zählerstrukturen aufbaut und Zustandsinformationen wie eine automatisierte Kalenderauswertung nutzt. Ergänzend werden Produktions- und Nutzungspläne sowie Wettervorhersagen für die Erstellung von Profilen berücksichtigt.

Die technischen Abteilungen der Stadt Offenburg betreiben einen Schulcampus im Süden des Schulenzentrums Nordwest. Im Projektverlauf wurde gezeigt, daß die aus dem BHKW-Betrieb kommenden Strom- und Wärmemengen zu hohen Anteilen auf dem Campus verbraucht werden. Das städtische Konzept für ein Energienetzmanagement konzentrierte sich vor allem auf die Einrichtung eines Musternetzes zum analytischen Energiemonitoring, das auf standardisierte, am Markt übliche Datenformate und Datenbankstrukturen zurückgreift. Die Fortsetzung der Arbeiten geht von einer Verstetigung des kommunikationstechnischen Ausbaus und von Erweiterungen auf weitere Liegenschaften und Gebäudepools aus.

Die beiden Reallabore der Hochschule Offenburg sind Test- und Forschungsumgebung für weitere Auswertungen und Forschungsarbeiten. In mindestens drei kooperativen Promotionsvorhaben werden Optimierungsaufgaben am INES Smart Grid bearbeitet. Für das Reallabor "Energieinsel" sind Komponentenaktualisierungen wie der im Rahmen des Projekts installierte Windgenerator geplant. Der Hauptfokus liegt hingegen beim INES Smart Grid, bei dem Entwicklungsarbeiten fortgesetzt werden. Im Rahmen des Projekts wurden Komponenten wie die Strom-Rückspeisung über eine 1,7 kW-PEM-Brennstoffzelle, der Aufbau und die Inbetriebnahme einer Wetterstation und die Möglichkeit zur Nutzung von elektronischen Lasten zur Analyse unterschiedlicher Lastprofile neu eingerichtet. Laufende Arbeiten am INES beschäftigen sich mit der Erweiterung des Microgrids um eine KWKK-Einheit, die die Komplexität des Reallabors deutlich anhebt. Details zu laufenden F&E-Arbeiten sind den Publikation, Konferenz- und Fachjournalbeiträgen zu entnehmen.

Alle Teilprojekte des Projekts 2012-09 können nicht als vollständig abgeschlossen bezeichnet werden. Sowohl für die Hochschule Offenburg als auch deren Projektpartner sind sie Gegenstand weiterer Entwicklungen. Das Einkoppeln externer Informationen und Signale sowie die automatisierte Auswertung historischer Daten für die Energiebereitstellung oder die Generierung von Lastprofilen sind Themen aktueller Forschung. Zusammen mit Energieversorgern und Akteuren am Energiemarkt ist das Vernetzen von Microgrids wichtiges Thema zur Ausarbeitung künftiger Geschäftsmodelle und für den Austausch übergeordneter Parameter zur Netzstabilität. Hier wurden Anschlußprojekte wie das Projekt C/Sells in der Initiative Smart Grid Baden-Württemberg bewilligt und sorgen für den wissenschaftlichen Anschluß.

Die Hochschule forscht weiter an technischen Möglichkeiten und bietet Partnern aus Wirtschaft und Industrie die Umgebungen zur Entwicklung neuer Infrastrukturen und Energieversorgungslösungen. Eingebettet ist das neugeschaffene Laborumfeld in die Forschungsarbeiten des INES in Kooperation mit weiteren Forschungs- und Ausbildungseinrichtungen der Region. Bundesweite und internationale Promotionsvorhaben ergänzen den innovativen Charakter über Landesgrenzen hinaus.

Das Projekt wurde durch den "Innovationsfonds für Klima- und Wasserschutz der badenova AG & Co KG" im Rahmen der Projekt-ID 2012-09 gefördert. Der badenova Innovationsfonds wurde von dem regionalen Energieversorger badenova AG & Co. KG gegründet, um ein breites Spektrum an Maßnahmen zu fördern, Investitionen zu erleichtern und Entwicklungen zum Klimaschutz und zur Sicherung eines sauberen und sicheren Wasserzugangs voranzutreiben.

Übersicht der Reallabore im Projekt 2012-09

Folgende Reallabore wurden mit einem Energiemonitoring ausgerüstet und die automations- und kommunikationstechnische Ausrüstung soweit vorbereitet, das Interaktionen mit einem externen Energiemanagement möglich sind und zu Entscheidungen bei der Wahl der Betriebsstrategie oder der Steuerung von Energieflüssen führen:

Reallabor 1:

Energieinsel mit Lernecke für Studierende - Teil des Laborbereichs an der Hochschule Offenburg, aufgebaut als einphasiges Microgrid mit der Laststruktur eines Raummanagements.



Abbildung 1: Die Außenanlagen der Energieinsel als Teil des Testfelds für erneuerbare Energietechnik und Wettermeßtechnik am Hauptcampus der Hochschule Offenburg. Rechts: Windgenerator seit 2015



Abbildung 2: Lernecke Ausleuchtungssimulation der Studierendenarbeitsplätze (links, Planung) und umgesetzte Lernecke (rechts, seit 2011)

Reallabor 2:

INES Smart Grid (kurz: ISG) - Ein im Aufbau befindliches dreiphasiges Microgrid für vielfältige Entwicklungs- Forschungs- und Schulungsaufgaben. Ein Microgrid mit vielfältigen Testoptionen bestehend aus Komponenten wie Photovoltaik, Wind, Wasserstoffsystem mit Elektrolyseur und Brennstoffzelle, einem E-Fahrzeug und einem Bürobereich als Laststruktur.



Abbildung 3: Außenanlagen und Institutsgebäude am Campus Nord der Hochschule Offenburg.



Abbildung 4: Komponenten des INES Smart Grid am Campus Nord der Hochschule Offenburg (PV-Generatoren, Klein-Windkraftanlage, Wetterstation, E-Fahrzeug Nissan Leaf mit Ladestation und Wechselrichtergruppe zur PV, Elektrolyseur, Brennstoffzelle).

Reallabor 3:

Energienetz des Produktionsbetriebs Geflügelhof Zapf - CO₂-neutrales, innovatives Energienetz eines Produktionsbetriebs mit Biomassenutzung und der Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte unter hohen Ansprüchen zur Erhaltung der regionalen Wertschöpfungskette.



Abbildung 5: Übersicht zum Demoprojekt Geflügelhof Zapf.

Reallabor 4:

Südliches Niederspannungsverteilstetz im Schulenzentrum Nordwest - Kommunales Energieverteilnetz mit hohen Eigenverbrauchscoeffizienten und Einsparungen bei CO₂-Emissionen.



Micro-BHKW 15 kW th.



Schulgebäude Oken-Gymnasium



Wärmeverteilung



Heizkessel 285 kW th.



Sporthalle Oken-Gymnasium



Transformatorstation

Abbildung 6: Komponenten des virtuellen Subnetzes im südlichen Teil des Schulenzentrum Nordwest in Offenburg.