



Jahresbericht vom 1. März 2017

WarmUp Phase 3

Optimale Verwertung der Flexibilität von thermischen Speichern





Datum: 1. März 2017

Ort: Visp

Subventionsgeberin:

Schweizerische Eidgenossenschaft, handelnd durch das
Bundesamt für Energie BFE
Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprogramm
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Subventionsempfänger:

Misurio AG
Bahnhofplatz 1a, CH-3930 Visp
www.misurio.ch

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz)
Tramstrasse 35, CH-8050 Zürich
www.ewz.ch

Autoren:

Samuel Pfaffen, Misurio AG, samuel.pfaffen@misurio.ch
Dr. Karl Werlen, Misurio AG, karl.werlen@misurio.ch

BFE-Programmleitung: Dr. Yasmine Calisesi, yasmine.calisesi@bfe.admin.ch
BFE-Projektbegleitung: Dr. Michael Moser, michael.moser@bfe.admin.ch
BFE-Vertragsnummer: SI/501383-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch



Inhaltsverzeichnis

Projektziele	4
Zusammenfassung	4
Übersicht der drei Phasen von WarmUp	5
Projektplan	6
Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse	8
Nationale Zusammenarbeit	10
Internationale Zusammenarbeit	10
Bewertung und Ausblick	10
Referenzen	11



Projektziele

Das Konzept von WarmUp2 wird im Rahmen von WarmUp3 mit vier Anlagen umgesetzt und demonstriert. Während einer einjährigen Betriebsphase im WarmUp-Modus wird anhand von Key Performance Indikatoren ein Vergleich mit der klassischen Betriebsweise durchgeführt. Dadurch kann der Wert der Flexibilität quantifiziert werden. Basierend auf den Erkenntnissen bezüglich der Lernkurve und dem Wert der Flexibilität können Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

Zusammenfassung

Warmwasserspeicher und die thermische Trägheit von Gebäuden bieten ein grosses Potential an Flexibilität. Diese Art von Energiespeicher ist bereits heute in grosser Zahl vorhanden und bietet sich fürs Lastmanagement an. Die thermische Trägheit von Gebäuden erlaubt es, die Wärmeerzeugung zeitlich zu verschieben, ohne dass der Wärmekomfort beeinträchtigt wird. Die flexible Steuerung von Wärmepumpen kann für vielerlei Anwendungen im Stromsystem eingesetzt werden. Mit einem ganzheitlichen Ansatz können Kosten, Effizienz, Ökologie und Komfort optimiert werden.

Das WarmUp Projekt untersucht, wie die Flexibilität von thermischen Speichern optimal verwertet werden kann. Basierend auf den Ergebnissen aus WarmUp1 [1] wurde im Rahmen einer zweiten Phase ein Proof of Concept [2] auf einer Anlage aus dem Contracting-Pool von ewz realisiert. Das Konzept aus Phase 1 konnte umgesetzt werden und die Optimierungskaskade funktioniert über alle Stufen bis hin zur Umrechnung auf Sollwerte für die Maschinen. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Flexibilität existiert und genutzt werden kann. Es konnten zahlreiche wertvolle Erfahrungen mit der Anbindung von Wärmepumpen gesammelt werden. Damit zukünftig Anlagen einfacher eingebunden werden können, wurden Empfehlungen erarbeitet (WarmUp-ready Kriterien).

Mit dem Start von WarmUp3 im Jahr 2016 wurde die dritte Phase des Projektes in Angriff genommen. Das Projekt soll aufzeigen, wie das System von einer auf mehrere Anlagen erweitert werden kann. Ziel von WarmUp3 ist es, einen Pool bestehend aus mehreren Anlagen aufzubauen und dadurch mehr Erfahrungen und grössere Handelsvolumen zu erreichen. Es ist geplant, insgesamt vier Anlagen aus dem Pool der ewz Contracting Anlagen einzubinden. Die Anlagen sind von unterschiedlicher Grösse und unterschiedlicher Komplexität. Anhand dieser Erfahrungen wird sich zeigen, wie die Lernkurve bei der Einbindung weiterer Anlagen verläuft.



Übersicht der drei Phasen von WarmUp

Das WarmUp Projekt ist in 3 Phasen unterteilt:

Phase 1: Potentialanalyse

Im Rahmen der Potentialanalyse (Projekt WarmUp1) konnte aufgezeigt werden, dass das Potential an Flexibilität bei bestehenden Anlagen gross ist. Dieses Potential wird heute kaum genutzt. Parallel mit Investitionen in Batteriespeicher ist es naheliegend, die bereits vorhandene Speicherkapazität optimal zu nutzen.

Für die Potentialanalyse (WarmUp1) wurde ein Simulator entwickelt. Er besteht aus einer Kaskade von Optimierungen, welcher das Verhalten des Marktes, die optimale Angebotsgestaltung, die Vermeidung von Netznutzungskosten und das daraus resultierende Betriebsregime der Wärmeerzeugung abbildet. Den Basisfall bildete eine moderne Liegenschaft mit 22 Wohnungen. Durch optimale Bewirtschaftung wurden eine Kostenreduktion sowie zusätzliche Erträge von insgesamt etwa 800 CHF pro Anlage gegenüber der heutigen Betriebsweise erzielt. WarmUp1 wurde im Herbst 2013 abgeschlossen. Gleichzeitig wurde der Komfort verbessert und die Energieeffizienz gesteigert.

Phase 2: Proof of Concept

Mit dem Proof of Concept (WarmUp2) wurde die Nutzung der Flexibilität thermischer Speicher im Feldversuch nachgewiesen und die Ergebnisse von WarmUp1 bestätigt. Im Vordergrund stand die Entwicklung eines geeigneten Gebäudemodells, die Zustandserfassung der thermischen Speicher, die Anbindung der Daten und die Integration mit den übergeordneten Wetter-, Betriebs- und Marktdaten. Das Projekt liefert Erfahrungen mit der bidirektionalen Anbindung einer bestehenden Anlage und dem Verhalten der thermischen Verbraucher bei einer Anbindung an ein übergeordnetes Energiemanagement-System. Im Vordergrund stand dabei die Einhaltung der Komfortvorgaben der Bewohner. WarmUp2 dauerte von September 2013 bis Mai 2016.

Phase 3: Erweiterung auf mehrere Anlagen

Im Anschluss an den Proof of Concept erfolgt mit dem vorliegenden Projekt die Erweiterung auf mehrere Anlagen (WarmUp3). Das Projekt soll aufzeigen, wie das System von einer auf mehrere Anlagen skaliert werden kann. Es ist geplant, insgesamt vier Anlagen aus dem Pool der ewz Contracting Anlagen einzubinden. Die Anlagen sind von unterschiedlicher Grösse und unterschiedlicher Komplexität. Es ist davon auszugehen, dass diese Kriterien bei der Wahl der richtigen Methodik zur Bestimmung des optimalen Betriebsregimes entscheidend sind.



Projektplan

Die Umsetzung von WarmUp3 besteht aus 6 Arbeitspaketen:

AP1: Auswahl der Anlagen und Planung der Anbindung

Die Auswahl der Anlagen erfolgt nach Kriterien, die im Rahmen von WarmUp2 definiert wurden. Es handelt sich um Liegenschaften mit Wärmepumpen mit Warmwasserspeicher und Gebäudemasse als thermische Speicher. Anlage 1 wurde bereits im Rahmen von WarmUp2 integriert. Anlagen 2-4 werden für das vorliegende Projekt bestimmt und integriert. In WarmUp2 wurden „WarmUp-ready“ Designkriterien für neue Anlagen definiert. Falls die Designkriterien eingehalten werden, ist es sehr einfach und kostengünstig, Neuanlagen in WarmUp zu integrieren.

AP2: Schnittstellen Handel, Netz, Leitsystem, Anpassung WebGUI

Ein Grossteil der erforderlichen Schnittstellen kann von WarmUp2 übernommen werden. Der Technologiewandel bringt es mit sich, dass regelmässig Updates an den Schnittstellen vorgenommen werden müssen. Es braucht ein paar kleine zusätzliche Verbesserungen sowie die Anbindung der neuen Anlagen. Für die Integration weiterer Anlagen müssen zuerst die Schnittstellen zur Gebäudeautomation installiert werden. Hier können die in WarmUp2 entwickelten Software Module verwendet werden. Je nach Anlage müssen Anpassungen vorgenommen werden. Nach dem Test der relevanten Mess- bzw. Datenpunkte wird das Monitoring in Betrieb genommen. Es müssen Anpassungen auf der Anlage vorgenommen werden, damit die bestehende lokale Steuerung mit der übergeordneten WarmUp Steuerung abgestimmt ist und bei Bedarf als Rückfallebene dient.

AP3: Integration von weiteren Anlagen

Nach der Auswahl und der Planung der Anlagen erfolgt deren Integration für die übergeordnete WarmUp-Steuerung. Dieser Arbeitsschritt erwies sich in der frühen Phase der Entwicklung als aufwendig. Mit zunehmender Erfahrung nimmt der Engineering Aufwand von Anlage zu Anlage ab.

Mit Hilfe der technischen Spezifikation und der Daten aus dem Monitoring wird das Anlagemodell erstellt. Das Modell soll das Verhalten der Anlage möglichst gut abbilden, damit die übergeordnete Optimierung antizipieren kann, wie sich der Zustand der Anlage bei Steuerbefehlen und aufgrund externer Einflüsse (z.B. Wetter, Benutzerverhalten) verändert. Das Optimierungsmodell entscheidet, wie die Anlagen eingesetzt werden sollen (z.B. ein- und ausschalten von Wärmepumpen). Neue Anlagemodelle erfordern eine Anpassung des Optimierungsmodells. Aus Sicherheitstechnischen Gründen hat sich der Auftraggeber entschieden, dass die Optimierung via lokales Leitsystem indirekt auf die Wärmepumpe zugreift. Schliesslich erfolgt eine Test- und Inbetriebnahme-Phase für jede einzelne Anlage, bevor sie für die Betriebsphase frei gegeben wird.

AP4: Betriebsphase inkl. Messung Erfolgskontrolle

In einer einjährigen Betriebsphase werden die eingebundenen Anlagen mit der übergeordneten WarmUp Steuerung betrieben. Es werden Erfahrungen mit den Betreibern von ewz gesammelt und Erfolgskontrollen durchgeführt. Die Erfolgskontrollen messen den Einfluss von WarmUp auf die Energieeffizienz, die Einhaltung der Komfortvorgaben und die erzielten zusätzlichen Erlöse pro Anlage.

**AP5: Technologietransfer, Beitrag zur Standardisierung, „WarmUp-ready“**

Im Vordergrund steht das „WarmUp-ready“ Modell. Im Rahmen von WarmUp2 wurden Designkriterien für neue Anlagen skizziert. Sie unterteilen sich in „must-have“ Kriterien und „nice-to-have“ Kriterien. Die Kriterien sollen weiterentwickelt und verfeinert werden. Ziel ist mit den Kriterien und Praxiserfahrungen aus dem Projekt einen Beitrag zur Standardisierung zu leisten, ggf. mit dem Verein Smart Grid Schweiz.

AP6: Kommunikation, Projektmanagement und Schlussbericht

Das Projekt soll in Fachpublikationen und Vorträgen an Konferenzen und Seminaren präsentiert werden. Es sollen zudem Artikel in der Tagespresse veröffentlicht werden. Das Projekt kann auf dem WarmUp Webportal demonstriert werden.

Das Projektmanagement wird wie in WarmUp2 weiterverfolgt. Die Projektleitung wird begleitet durch den Steuerungsausschuss in dem das BFE, ewz und Misurio vertreten sind. Es finden 1-2 Sitzungen pro Jahr statt, an denen die erforderlichen Richtungsentscheide gefällt werden. Bei Bedarf eines der Partner können ad-hoc zusätzliche Sitzungen des Steuerungsausschusses einberufen werden.

Am Projektende werden die wesentlichen Erkenntnisse und Beschreibungen der Arbeitsschritte im Schlussbericht zusammengefasst.



Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Von März 2016 bis März 2017 wurden nachfolgende Arbeiten durchgeführt:

Selektion der Anlagen

Sämtliche Anlagen aus dem Contracting Pool von ewz wurden anhand der Kriterien aus WarmUp2 bewertet. Die vier besten Anlagen wurden für die Phase 3 selektioniert. Bei zwei Anlagen sind die Arbeiten praktisch abgeschlossen. Eine dritte steht kurz vor Inbetriebnahme. Bei der vierten Anlage wurde die Planungsphase abgeschlossen und die Modellierung ist im Gange.

Anbindung an bestehende Datenbank mit Messdaten

Bei allen vier Anlagen wurde die Schnittstelle zur bestehenden Datenbank mit den Messdaten konfiguriert und in Betrieb genommen. Die historischen Daten werden für die Modellierung und die Definition der Randbedingungen benötigt.

Modellierung weiterer Anlagen

Zwei zusätzliche Anlagen wurden modelliert. Bei einer Anlage waren sämtliche Zustandsgrößen bereits mit Sensoren erfasst und folglich konnte eine automatische Parameteridentifikation mit dem eigens entwickelten Tool durchgeführt werden. Bei einer Anlage waren keine nutzbaren Zustandsgrößen vorhanden. Die Modellierung wurde anhand eines vorhandenen SIA-Ausweises für diese Anlage vorgenommen. Die Arbeiten für die Modellierung der vierten Anlage haben begonnen. Bei dieser Anlage werden die relevanten Zustandsgrößen nicht gemessen. Die Modellierung muss wiederum manuell durchgeführt werden. SIA-Ausweis gibt es ebenfalls nicht.

Anbindung an die bestehende Gebäudeautomation

Für jede Anlage wurde ein Konzept für die Anbindung an das bestehende Regelsystem und den Eingriffsmöglichkeiten erstellt. Zwei Anlagen wurden an die bestehende Gebäudeautomation angeschlossen und funktionieren im WarmUp Modus. Die dritte Anlage wird in Kürze angeschlossen und die vierte folgt voraussichtlich im März/April 17. Alle Anpassungen auf den SPS vor Ort sind abgeschlossen und getestet worden.

WarmUp-ready Kriterien

Damit die Erkenntnisse aus WarmUp in die Planung von neuen Anlagen einfließen, wurden WarmUp-ready Kriterien definiert. Die Kriterien aus der Phase 2 werden laufend überarbeitet, wenn neue Erkenntnisse resultieren.

Schnittstellen Handel, Netz, Leitsystem, Anpassung WebGUI

Sämtliche Schnittstellen zu Handel, Netz, Leitsystem, Börse etc. sind abgeschlossen worden. Die API zu Börse wurde von EPEX SPOT zertifiziert und ist im Einsatz. Die API muss gemäss Vorgaben von EPEX gelegentlich angepasst werden (Änderung der Spezifikationen, neue Produkte). Jede Änderung bedarf einer erneuten Zertifizierung. Das nächste Update steht im März 2017 im Zusammenhang mit der Einführung von 30-Min-Kontrakten an.



Modellierung der Geschäftsprozesse

Sämtliche Geschäftsprozesse sind modelliert. Damit die Prozesse automatisch gesteuert und überwacht werden können, wurde ein auf Geschäftsprozess-Modellierung spezialisiertes Tool in WarmUp integriert. Dank dieses Tools konnten sämtliche Geschäftsprozesse in einer graphischen Oberfläche modelliert werden. Anschliessend stellt dieses Tool sicher, dass die verschiedenen Prozesse getriggert und überwacht werden.

Optimierung

Die Optimierungskaskade aus WarmUp2 wird laufend weiterentwickelt. Die Erkenntnisse aus dem bisherigen Testbetrieb der ersten beiden Anlagen haben zu zahlreichen Anpassungen in der Optimierung geführt. Es gibt noch etwas Handlungsbedarf bezüglich Exception Handling und Finetuning der Parameter.

Webapplikation

Die Arbeiten an der Webapplikation sind praktisch abgeschlossen. Zahlreiche Charts mit historischen Messdaten, Marktdaten, Prognosedaten und der Visualisierung der getroffenen Entscheidungen wurden implementiert.

Test und Inbetriebnahme

Die Tests und die Inbetriebnahme der Anlagen 1 & 3 wurden abgeschlossen. Der WarmUp-Modus funktioniert gut. Die Fahrpläne und die tatsächliche Leistung stimmen sehr gut überein. Im weiteren Verlauf wird es darum gehen, möglichst immer online zu sein und einen stabilen Betrieb über längere Zeiten nachzuweisen. Die weiteren zwei Anlagen werden Schritt für Schritt ergänzt und dann ebenfalls getestet, bevor sie definitiv in Betrieb genommen werden.

Kalte Witterung im Januar 2017

Der Januar 2017 war im statistischen Vergleich so kalt wie seit 30 Jahren nicht mehr. Im Monatsmittel waren es auf der Alpennordseite rund 3 Grad unter der Norm der letzten 30 Jahren. Die automatische Parametrierung von WarmUp stützt sich auf die Werte der letzten 2-3 Jahre. Folglich waren die Parameter nicht für jede Situation im Januar ideal. Die Erfahrungen des Januars sind nun in den Parametern ergänzt worden und die Robustheit für kommende kalte Winter sollte damit gegeben sein. Im Gegenzug zu den Herausforderungen in der Gebäudetechnik gab es aufgrund der kalten Witterung interessante Opportunitäten auf dem Strommarkt. Die Höchstpreise lagen über 700 EUR/MWh. In solchen Zeiten hat die Flexibilität von thermischen Speichern einen enormen Wert. Die Erfahrungen zeigen, dass selbst bei tiefen Temperaturen noch etwas Flexibilität vorhanden ist. Diese Aussage ist abhängig von den jeweiligen Anlagekonfigurationen und nicht allgemein gültig.



Nationale Zusammenarbeit

Das Projekt wird in enger Zusammenarbeit mit ewz durchgeführt. Die Spezialisten von ewz bringen mit ihrem Erfahrungsschatz viel Knowhow in das Projekt. Das Projekt profitiert stark von der Tatsache, dass das ewz sowohl im Netz, im Wärme/Kälte-Contracting wie auch im Handel seit vielen Jahren aktiv ist und viel Erfahrung aufgebaut hat. Ein gutes Zusammenspiel dieser Akteure ist auch ausserhalb der technischen Schnittstellen äusserst wertvoll.

In bestimmten Gebieten wurden bisherige Lieferanten und externe Spezialisten der Firmen MST Systemtechnik AG, Burkhalter Group, KWT Kälte-Wärmetechnik AG, Hoval AG und Boxler MSRL Engineering AG beigezogen.

Misurio verfügt über gute Kontakte zu Hochschulen in der Schweiz und ist in mehreren Projekten in Begleitgruppen vertreten.

Internationale Zusammenarbeit

Misurio beteiligt sich am europäischen FP7¹ Forschungsprojekt SEMIAH². Am Projekt beteiligen sich insgesamt 12 Partner aus Norwegen, Dänemark, Deutschland und der Schweiz. SEMIAH dauert von 2014 bis 2016 und wird von der EU mit einem Betrag von 3.8 Mio. Euro unterstützt. Ähnlich wie im WarmUp2 Projekt handelt es sich um ein „Demand Response“-Projekt mit dem Ziel, die Flexibilität von Verbrauchern zu nutzen. Im Rahmen des Projekts wird ein kostengünstiges Smart Gateway für Haushalte entwickelt. Es werden Piloten in Norwegen und der Schweiz mit je 100 Haushalten installiert und in Betrieb genommen. Die Misurio wird mit Simulationen mögliche Geschäftsmodelle evaluieren.

Bewertung und Ausblick

Das vorliegende Pilotprojekt hat einen grossen Innovationsgrad und zahlreiche Schnittstellen zu internen und externen Akteuren. Diese Koordination ist mit viel Aufwand verbunden. Alle involvierten Stakeholder haben einen wesentlichen Einfluss auf den Projektverlauf. Die Schnittstellen, Modelle und die Webapplikation führen zu einem relativ grossen Initialaufwand. Da diese Punkte nur einmalig erstellt werden müssen, ist der Aufwand für die weiteren Anlagen wesentlich kleiner und nimmt mit zunehmender Zahl der Anlagen weiter ab.

Bei der Wahl der Anlagen hat man sich bewusst für grössere Anlagen entschieden. Es wurde davon ausgegangen, dass grössere Anlagen im Betrieb wirtschaftlicher sind als kleine. Im Gegenzug waren diese grösseren Anlagen aber wesentlich komplizierter als kleine Anlagen. Insofern war der Aufwand hierfür grösser als angenommen. Die zweite Anlage ist jene aus WarmUp1 und entsprechend ist der Aufwand kleiner im Vergleich zu den anderen Anlagen. Die dritte und vierte Anlage haben keine brauchbare Sensorik der Zustandsgrössen. Es wird spannend sein, wie gut diese Anlagen funktionieren werden.

¹ FP7: Framework Programme 7

² SEMIAH: Scalable Energy Management for the Integration of households



Die Inbetriebnahme der Anlagen 1 & 3 wurde abgeschlossen und die Anlagen laufen so oft wie möglich im WarmUp-Betrieb. Die Fahrpläne und die tatsächliche Leistung stimmen sehr gut überein. Die aktuelle Herausforderung ist das Finetuning einzelner Parameter. Die Anlage 2 wird in Kürze in Betrieb genommen werden. Für die Anlage 4 existiert das Konzept der Anbindung und die externen Arbeiten sind erledigt. Die vierte Anlage wird voraussichtlich im März/April in Betrieb genommen.

Das Monitoring ist zu 95 % fertiggestellt. Die verschiedenen Puzzleteile der Optimierung sind zusammengefügt und die Optimierungskaskade funktioniert. Es gibt noch etwas Handlungsbedarf bezüglich Exception Handling und Finetuning der Parameter.

Während einer einjährigen Betriebsphase im WarmUp-Modus wird anhand von Key Performance Indikatoren ein Vergleich mit der klassischen Betriebsweise durchgeführt. Dadurch wird es möglich sein, den Wert der Flexibilität zu quantifizieren. Basierend auf den Erkenntnissen bezüglich der Lernkurve und dem Wert der Flexibilität können Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

Das Projekt wird in Fachpublikationen und Vorträgen an Konferenzen und Seminaren präsentiert werden. Das Projekt kann auf dem WarmUp Webportal demonstriert werden. Das Webportal erklärt mit einfach verständlichen Grafiken das Prinzip von WarmUp, sowie die Dynamik der flexiblen Steuerung von Wärmepumpen und dem dahinterliegenden ganzheitlichen Ansatz.

Das Potential von thermischen Speichern kombiniert mit der richtigen Betriebsweise ist für das zukünftige Energiesystem von grosser Bedeutung. Der Bezug von nachhaltig produzierter Wärme und Kälte aus Wärmepumpen mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen leistet einen wertvollen Beitrag zur Energiewende. Dank WarmUp wird Flexibilität für die Integration von neuen erneuerbaren Energien wie Wind und Photovoltaik nutzbar gemacht. Die aktuellen Entwicklungen auf dem Strommarkt mit ansteigender Volatilität der Preise und der Integration von neuen Produkten, sowie der Reduktion der Vorlaufzeiten für Handelsgeschäfte zeigt, dass wir auf dem richtigen Weg sind.

Referenzen

- [1] Samuel Pfaffen, Karl Werlen, «WARMup - Optimale Verwertung der Flexibilität von thermischen Speichern; Schlussbericht BFE Forschungsprojekt Vertrag Nr. SI/500710-01,» Visp, 29. November 2013.
- [2] Samuel Pfaffen, Karl Werlen, «WarmUp Phase 2 - Pilotversuch zur optimalen Verwertung der Flexibilität von thermischen Speichern; Schlussbericht BFE Forschungsprojekt Vertrag Nr. SI/500710-02,» Visp, 31. Oktober 2016.