

Projekt 2011-5

Wetterbasierte Gebäudesteuerung zur Steigerung der Energie-Effizienz

Abschlussbericht Mai 2014

Projektlaufzeit Februar 2011 bis April 2014



Objekt	Freie Evangelische Schule (FES) Lörrach Austraße 19, 79540 Lörrach
Antragssteller:	Freie Evangelische Schule (FES) Lörrach
Förderung durch:	Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz der badenova AG & Co. KG
Projektkoordinator:	Delzer Kybernetik GmbH Ritterstrasse 51, 79541 Lörrach Ansprechpartner Siegfried Delzer Telefon: 07621 / 9577-12 Fax(-20)
Wetterprognose	meteoblue AG Clarastrasse 2, CH-4058 Basel

Inhaltsverzeichnis

PROJEKT 2011-5.....	1
1 PROJEKT BESCHREIBUNG.....	3
2 ZIELSETZUNG.....	4
2.1 NUTZEN FÜR WEITERE PROJEKTE.....	4
3 VORGEHENSWEISE.....	6
3.1 STAND DER TECHNIK.....	7
3.2 EIGENE VORARBEITEN.....	7
4 ARBEITSERGEBNISSE.....	8
4.1 HEIZUNG-LÜFTUNG-ARBEITEN.....	8
4.2 ELEKTROARBEITEN.....	8
4.3 EIB-KNX TECHNIK.....	8
4.4 KOPPELUNG DER WETTERDATEN VIA INTERNET.....	9
4.5 LEITSYSTEM FÜR DAS MANAGEMENT UND MESSDATENERFASSUNG.....	9
5 MONITORING.....	11
5.1 WÄRMEPUMPE PRIMÄRSEITE / SEKUNDÄRSEITE 6.2.2014.....	12
5.2 WÄRMEPUMPE PRIMÄRSEITE / SEKUNDÄRSEITE 7.2.2014.....	14
6 ANALYSE.....	16
6.1 SIMULATIONSMODELL UND ENERGIEEINSPARUNG.....	16
6.2 UMSETZUNG.....	16
7 ERKENNTNISSE.....	18
7.1 HAUSTECHNIK.....	18
7.2 ELEKTROARBEITEN_EIB.....	18
7.3 WETTERPROGNOSE.....	19
7.4 ENERGIEMANAGEMENT MIT WETTERPROGNOSE / ERKENNTNISSE.....	26
8 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT.....	28
8.1 PLANER.....	28
8.2 FES.....	28

1 Projektbeschreibung

Die Projektbeschreibung entspricht der im Förderantrag:

Die wetterbasierte Gebäudesteuerung zur Steigerung der Energie-Effizienz soll mit diesem Projekt nachgewiesen werden.

In diesem Projekt sollen lokale Wettervorhersagen eingesetzt werden, um die Gebäudeheizung, -kühlung und Lichtsteuerung energieeffizienter zu steuern.

Die Trägheit des Wärmetransfers in der Bausubstanz verzögert die Wirkung von Heiz- oder Kühlmassnahmen. Zudem lässt sich der Einfluss von extreme Ereignisse wie Nachtfröste oder hochsommerlich Sonneneinstrahlung auf das Gebäudeklima nur bedingt mit den installierten Kapazitäten kompensieren. Konkrete Massnahmen sind:

1. Anschluss von Wettervorhersagen an das Gebäudesteuerungssystem;
2. Entwicklung von Steuerungsroutinen unter Einbindung der Wettervorhersage in die Routinen der Gebäudesteuerung für Heizung, Kühlung und Beleuchtung.
3. Messung und Auswertung von Erfolgskriterien.
4. Anpassung von Steuerungsroutinen an gewünschte Gebäude-Nutzungszeiten sowie an Lastgänge beim Energiebezug.

Weiterhin sollen die Wetterdaten für eine Diagnose der energetischen Gebäudeeffizienz (Bedarfsermittlung, IST-SOLL) herangezogen und mit Hilfe der Wetterdaten Schwachstellen aufgespürt und Verbesserungsmöglichkeiten getestet werden.

Das Projekt hat neben den Managementaufgaben mittels Wetterprognose noch folgende Besonderheiten im Konzept:

1. Die Erdsonden werden mit Wasser gefahren, das ermöglicht den direkten Kühlbetrieb ohne Wärmetauscher, das spart Kosten und steigert die Effizienz.
2. Im gesamten Gebäude wird das vorhandene Heizungsnetz für die Kühlung im Sommer genutzt, das bedeutet es sind nur Temperaturen oberhalb des Taupunktes zulässig (ca. 17°C). Das hat ein paar Nachteile, aber die Vorteile sind gewichtiger:
 1. Die Kosten sind deutlich tiefer.
 2. Die Erdsonden können im free cooling Betrieb mehr Kälte liefern.
 3. Ist eine aktive Kühlung mit Wärmepumpen notwendig, dann ist der Wirkungsgrad deutlich besser.

2 Zielsetzung

Das Hauptgebäude der FES Lörrach soll energetisch verbessert und die im Dachgeschoss liegenden Räume im Sommer in der Behaglichkeit verbessert werden.

Mit einer Erdsondenanlage soll die Kühlung über das Heizungsnetz für die Räume im Dachgeschoss mit „free cooling“ realisiert werden. Die Kühlung mit den vorhandenen Heizkörpern ist für diese Räume zu gering, deshalb wurden Umluftkonvektoren in die Südräume im Dachgeschoss eingebaut. Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit wurde die Teilkühlung für das Gesamtgebäude über die eingebauten Heizkörper mit eingeplant.

In der Übergangszeit und im Winter werden die Erdsonden als Wärmequelle für Wärmepumpen zu Unterstützung der Heizung genutzt.

Dabei gibt es eine positive Wechselwirkung zwischen Kühlung und Heizung. Die Heizungsunterstützung sorgt für tiefe Erdsonden-temperaturen im Frühjahr, deutlich tiefer als die mittlere Erdreich-temperatur von ca. 13°C und somit ein höheres Kühlpotential im Sommer. Der Wärmeeintrag mit der Kühlung im Sommer sorgt für höhere Temperaturen in den Erdsonden und somit für einen höheren Deckungsanteil bei der Heizung mit den Wärmepumpen.

Damit die Gesamtanlage optimal läuft, soll mit einer wetterbasierten Regelung das Management für die Energiebereitstellung, für die Kühlung und Heizung mittels Wetterprognose optimiert werden.

2.1 Nutzen für weitere Projekte

Die entwickelten Datenübertragungsmethoden und Steuerungsroutinen lassen sich in vorhandene Gebäudesteuerungssysteme einbinden. Die Anpassung erfolgt mit Hilfe bekannter, geeigneter Gebäude-Simulationsprogramme wie DK-INTEGRAL sowie aufgrund der Erfahrungswerte im Pilotprojekt.

Die eingeführten Maßnahmen lassen sich in zwei Kategorien teilen:

1. Diagnostische Massnahmen: diese führen durch Beseitigung von Schwachstellen zu einer einmaligen dauerhaften Verbesserung bei den Einsparungen.
2. Dynamische Massnahmen: diese führen durch Verwendung der Wettervorhersagen im Tagesbetrieb laufend zu Einsparungen in Abhängigkeit der Wetterlage.

Das Grundprinzip der wetterabhängigen Gebäudesteuerung ist seit langem bekannt und wird mit Hilfe von Aussenfühlern an den meisten Gebäuden auch praktiziert. Der vorgeschlagene Ansatz erlaubt es, mit den Massnahmen vorausschauend unter Einbezug von Gerätelaufzeiten und der Trägheit der Gebäudeteile eine noch bessere Energieeffizienz zu erreichen.

Dieser Ansatz ist nur mit Hilfe von sehr präzisen lokalen Wettervorhersagen, einem automatisierten Übertragungsweg und einem Dynamischen Gebäudesteuerungsmodell möglich.

Das Projekt soll den Beweis erbringen, dass die effiziente Verknüpfung dieser drei Komponenten heute technisch machbar, Energie sparend und auch wirtschaftlich ist.

3 Vorgehensweise

Die Entwicklung des Konzepts wird von drei Partnern getragen:

meteoblue AG; Lieferant von hochaufgelösten, ortsgenauen und automatisierten Wettervorhersagen;

Delzer Kybernetik GmbH, Anbieter von Gebäudesimulationsprogrammen, Analysesoftware und integralen Lösungen

FES Lörrach, als Gebäudebetreiber, -nutzer und -verwalter

Die Einführung des neuen Konzeptes erfordert technische Entwicklungen in den Bereichen:

1. Einführung einer Schnittstelle für die Datenübertragung ins Gebäude;
2. Programmierung der Zusatzroutinen im Gebäudesteuerungsprogramm;
3. Umsetzung von Massnahmen im Gebäude;
4. Messung und Dokumentation von Ergebnissen

Diese Massnahmen erforderten einen zusätzlichen Aufwand, der über die Erprobung einer einfachen Änderung an einzelnen Geräten hinausgeht. Deshalb war die finanzielle Unterstützung durch den Badenova Innovationsfonds eine gute Voraussetzung, um die Kooperation zwischen Partnern aus unterschiedlichen Branchen (Wetter, Gebäudesimulation, Betrieb) zu verbessern und eine aussagefähige Dokumentation der Ergebnisse zu ermöglichen.

Im Rahmen der Testphase konnten einzelne Punkte für Energieservice-Modelle im Rahmen der "Remote Control" Steuerung von Gebäuden erprobt werden.

Durch das Projekt ist die Voraussetzungen erarbeitet worden, Energieerzeugungsanlagen mit unterschiedlichen Energiequellen wie Wärmepumpe, KWK, Solarenergie, Erdsonden, effizient zu koppeln, was einfach auf andere Projekte übertragen werden kann. Das ist offensichtlich, wie das Projekt in der Umsetzung zeigt, noch ein grosses Problem und vermindert so die Einführung von effizienten Energiesystemen.

Verbal ist vieles klar, aber im Ergebnis, wenn die reale Umsetzung in die Praxis kommt, ist ablesbar, hier gibt es noch sehr grosse Know-How Lücken.

Investitionen in weiterführende Technologie (Module für die Datenübertragung und Simulation, Remote Control Systeme) sind nach dem Projekt angedacht und teilweise in der Umsetzung.

Die folgenden Punkte sollen eine grobe Information zu den Randbedingungen für das Projekt liefern., damit das Projekt besser eingeordnet werden.

3.1 Stand der Technik

Für die Sanierung wurde in der Planungsphase entschieden, die Funktionen mit EIB-Komponenten umzusetzen. Dabei wurde der ausführenden Firma, dem Komponentenhersteller das Konzept zur Prüfung der Machbarkeit und Kostenberechnung übergeben. Die Rückmeldung von der ausführenden Firma, dem Komponentenhersteller und Softwarelieferanten war sehr positiv:

1. Das Projekt ist so gut machbar
2. Die Kosten für die Umsetzung lagen in dem vom Planer geschätzten Rahmen
3. Das Projekt war für den EIB-KNX-Komponentenlieferanten so interessant, dass eine finanzielle Beteiligung zugesagt und eine spätere gemeinsame Vermarktung vereinbart wurde.

3.2 Eigene Vorarbeiten

Das Projekt wurde integral mit den Bauherren und Nutzern in mehreren Workshops entwickelt. Dabei wurde als Vorbereitung für die jeweiligen Fragen dynamische Simulationen mit DK-INTEGRAL durchgeführt, so dass auf einer fundierten Basis gemeinsam das Projekt integral entwickelt werden konnte.

4 Arbeitsergebnisse

4.1 Heizung-Lüftung-Arbeiten

Die Heizung und Lüftung wurde zügig umgesetzt. Im Vorfeld wurde die Lüftung für die Klassenzimmer mit einigen Nutzern bezüglich Geräuschpegel getestet und als akzeptabel eingestuft. In der Praxis sind die noch vorhandenen Geräusche nicht so gut angekommen. Der Nutzer kann jetzt manuell die Lüftung beeinflussen. Eine Ursache für den als unbehaglich empfundenen Geräuschpegel kann an der ungünstigen Reglerparametrierung liegen.

4.2 Elektroarbeiten

Die Planung und Umsetzung der Elektroarbeiten und EIB-KNX-Regelung erfolgte aus einer Hand.

In der Praxis hat das bei diesem Projekt dazu geführt, dass die Dokumentation der ausgeführten Arbeiten und für die Schaltschränke mangelhaft ist. Die finale Abnahme der Elektroarbeiten wurde so zwangsläufig durch das betreuende Architekturbüro durchgeführt, für solch komplexe Aufgabe war das als Kontrolle nicht ausreichend. Als Erkenntnis aus dem Projekt kann solch eine Konstellation nur für sehr einfache Projekte als akzeptabel angesehen werden.

4.3 EIB-KNX Technik

Der aktuelle Stand der EIB-KNX-Technik hat sich im Haustechnikbereich leider nicht bewährt.

Folgende Punkte sind für diese Aussage massgebend:

1. Das Wissen in der Umsetzung ist nicht in der erforderlichen Breite im Handwerk vorhanden.
2. Die Hersteller der EIB-KNX-Komponenten kommen von der Elektroseite, nicht von der Anlagen- oder Verfahrenstechnik. Das hat zur Konsequenz, dass Sicherheitsbetrachtungen bezüglich Anlagen- und Betriebssicherheit in hohem Masse fehlen.
 1. Gibt es beim EIB-KNX-System eine Störung, dann ist ein manueller Eingriff nicht möglich. So wird aus einer kleinen Störung ein grosses Problem. Mit einen entsprechenden Schaltschrank mit Zusatzfunktionen könnte das kompensiert werden, dazu ist jedoch Fachwissen erforderlich.
 2. Die Dokumentation der ausführenden Firmen fehlt häufig und die programmierten EIB-KNX-Komponenten sind zwangsläufig nicht selbsterklärend.
3. Im Industriebereich gibt es erprobte Komponenten, die einen Homeserver in der Leistung weit übertreffen und auf Industriestandard-Niveau erweitert werden können und das zu einem deutlich tieferen Preis. Gleichzeitig ist mit diesem

Industriestandard auch die Koppelung mit sehr vielen anderen Bussystemen gleichzeitig möglich. Warum hier von den EIB-KNX-Herstellern etwas Neues angeboten wird, ist nur unter dem angestrebten Ziel Gesamtsysteme zu liefern verständlich.

Damit der EIB-KNX in der Haustechnik einsetzbar wird, sind noch einige Aufgaben zu lösen, das beginnt bei der Qualifikation der Handwerker bis zum Support der Hersteller von EIB-KNX-Systemen. Es muss gelingen, die Ingenieure mit ins Boot zu holen, sonst bleibt es bei EIB-KNX.

4.4 Koppelung der Wetterdaten via Internet

Via Internet die Wetterprognosen vom meteoblue-Server abrufen und für die Regelung nutzen war einfach realisierbar und hat auch sicher funktioniert.

4.5 Leitsystem für das Management und Messdatenerfassung

Für die Implementierung des Leitsystems wurde ein Industrie-Laptop eingesetzt. Damit wurde die gesamte Kommunikation, das Abrufen der Wetterprognosen vom Internet-meteoblue-Server, die Fernwartung durchgeführt und die Messdaten erfasst.

Es würde zu weit führen, die gesamten Möglichkeiten des Leitsystems aufzuzeigen, aber die folgende Eingabemaske vermittelt die hohe Flexibilität in der Anwendung.

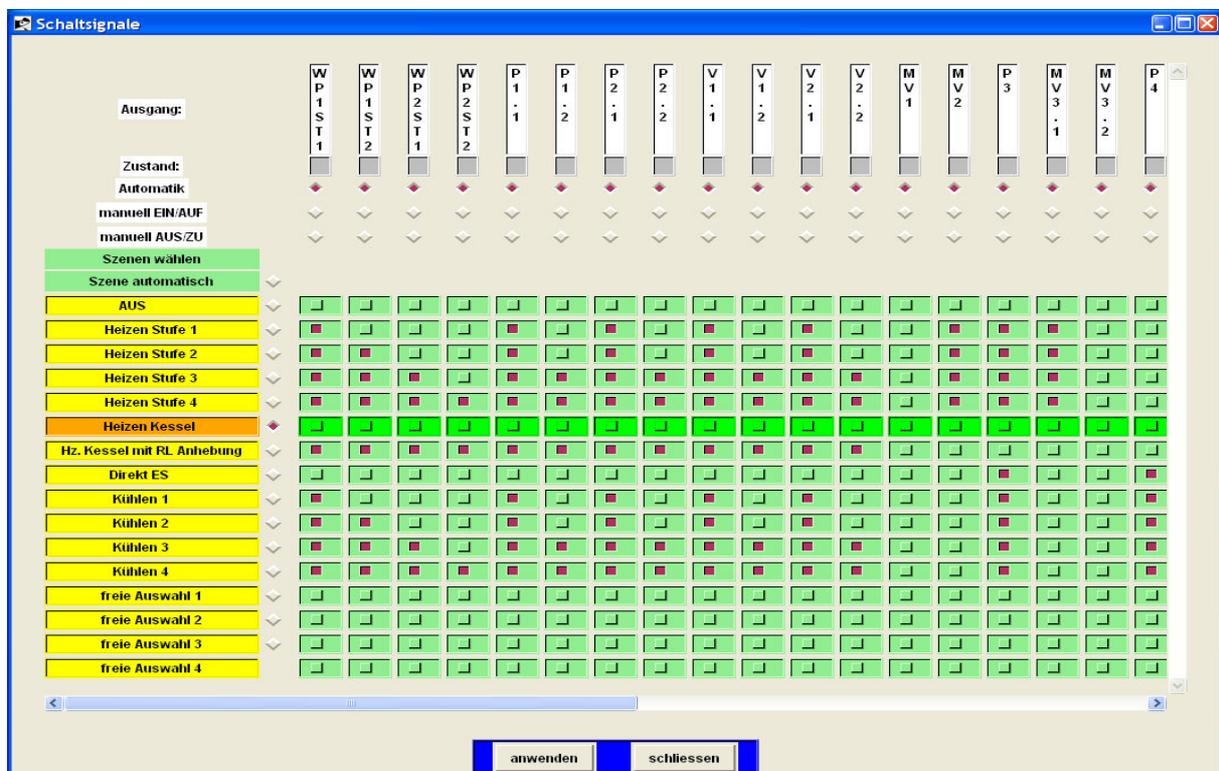


Bild 4.5.1 Schaltmatrix mit individueller Einstellung und Zustandsanzeige

Im grünen Matrixbereich können alle Ventile und Pumpen in der Anlage für jede Funktion in der gelben Spalte flexibel im Menü eingestellt werden.

Damit ist eine schnelle Konfiguration an unterschiedlichsten Aufgaben möglich.

Die Schaltmatrix für die unterschiedlichen Anlagenzustände ist einfach in Spalten und Zeilen erweiterbar.

Die Spalten der Matrix steht für die Anzahl der Ventile, Pumpen, etc.

und

die Zeilen stehen für die Betriebszustände: keine Aktivität, free cooling, Wärmepumpe, KWK, etc. und/oder deren Kombinationen.

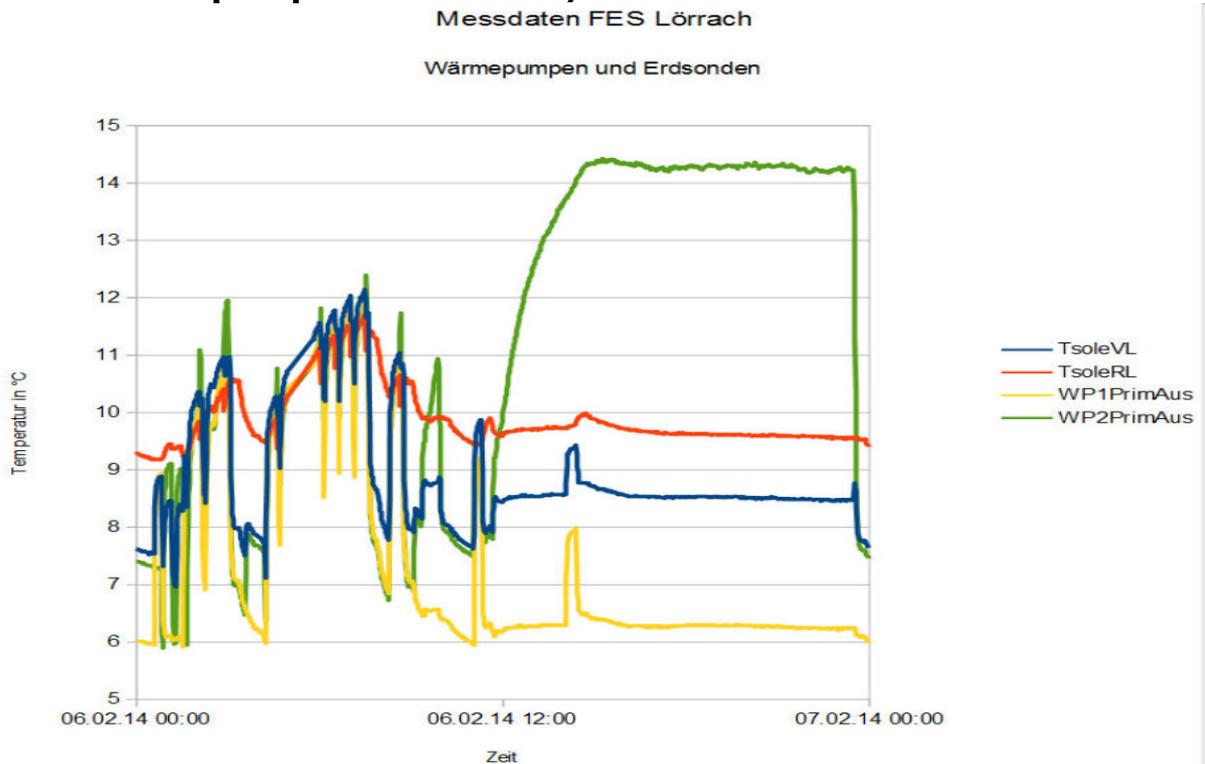
Mit der frei programmierbaren Steuerung können die Abhängigkeiten der einzelnen Betriebszustände und die Regelstrategien wie adaptive Steuerungen effizient umgesetzt werden.

Im folgenden Kapitel 5 Monitoring zeigen die Grafiken Tagesverläufe mit unterschiedlichen Anforderungen bei der Vorlauftemperatur und der Heizleistung.

5 Monitoring

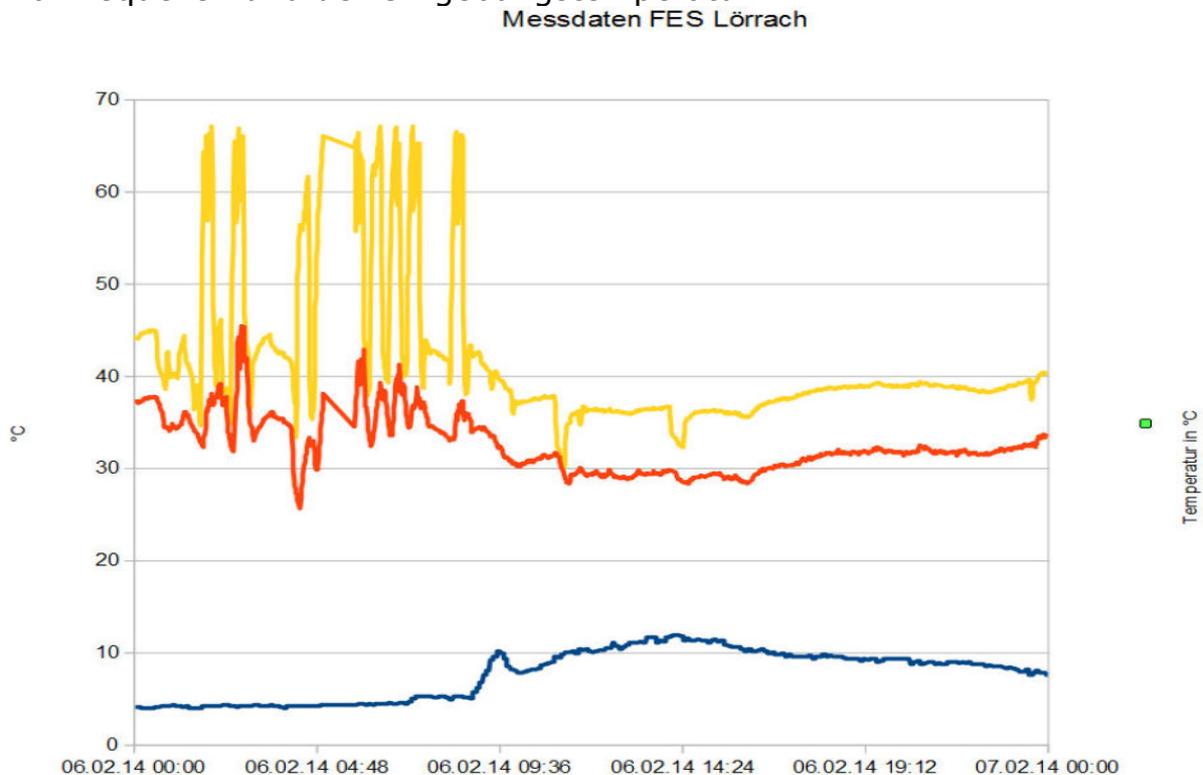
Es wurden Sensoren für Wetter, Räume, Anlagentechnik installiert, diese wurden erfasst und gesichert. Ausgewählte Daten/Sensoren werden als Grafik im zeitlichen Verlauf ausgegeben, so dass der Betriebszustand der Anlage gut ablesbar ist. Die folgenden Grafiken sollen einen Eindruck vermitteln, wie die Anlage funktioniert.

5.1 Wärmepumpe Primärseite / Sekundärseite 6.2.2014



Grafik 5.1.1 Temperaturverläufe Wärmepumpe Primärseite und Erdsonden

Die folgende Grafik zeigt die Vorlauftemperatur in Funktion der Wärmequellen und der Umgebungstemperatur.



Grafik 5.1.2 Temperaturverläufe Heizkreislauf und Umgebungstemperatur

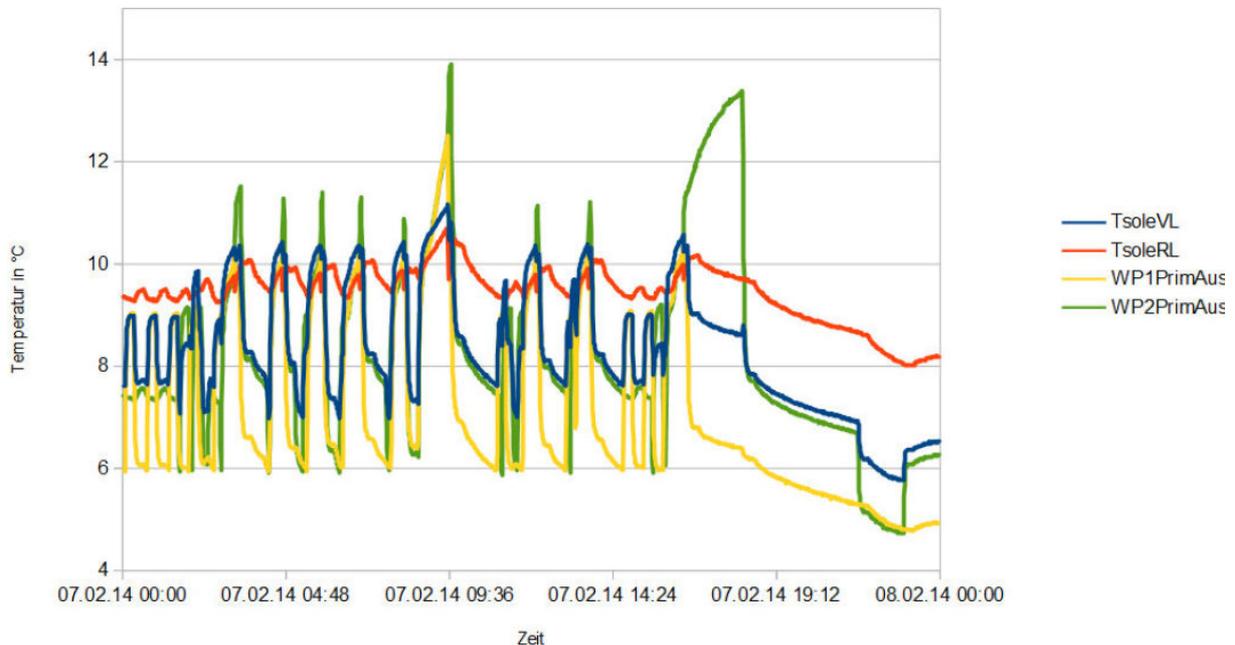
Die gelbe Kurve ist die Vorlauftemperatur und die rote Kurve die Rücklauf-temperatur im Heizkreislauf. Die blaue Kurve ist die Umgebungstemperatur.

Die Temperaturwerte bei der Vorlauftemperatur bis ca. 45 °C werden von der Wärmepumpe geliefert, die Spitzen über 60C° werden vom Gaskessel geliefert, wenn die Soll-Vorlauftemperatur von den Wärmepumpen nicht erreichbar ist. Das ist in der Aufheizphase am Morgen der Fall, danach erreichen die Wärmepumpen die notwendige Vorlauftemperatur, die bei ansteigender Umgebungstemperatur ab ca. 8 Uhr reduziert wird und am Nachmittag nach 14 Uhr wieder ansteigt, da die Umgebungstemperatur fällt.

5.2 Wärmepumpe Primärseite / Sekundärseite 7.2.2014

Messdaten FES Lörrach

Wärmepumpen und Erdsonden



Grafik 5.2.1 Temperaturverläufe Wärmepumpe Primärseite und Erdsonden

Der Kurvenverlauf der Temperaturen auf der Primärseite der Wärmepumpe zeigt, dass die Wärmepumpen nicht durchgelaufen sind, die Antwort kann aus der folgenden Grafik abgelesen werden.

Messdaten FES Lörrach

Heizkreis



Grafik 5.2.2 Temperaturverläufe Heizkreislauf und Umgebungstemperatur

Der Verlauf der gelben Kurve zeigt den Einsatz des Gaskessels, weil die Wärmepumpen die vom Leitsystem / Energiemanager berechnete Vorlauf-Temperatur mangels Leistung nicht erreicht hat.

Detailliert Beschreibung der Grafik:

Die gelbe Kurve ist die Vorlauftemperatur und die rote Kurve die Rücklauf-temperatur im Heizkreislauf. Die blaue Kurve ist die Umgebungs-temperatur.

Die Temperaturwerte bei der Vorlauftemperatur bis ca. 45 °C werden von der Wärmepumpe geliefert, die Spitzen über 60C° werden vom Gaskessel geliefert, wenn die Soll-Vorlauftemperatur von den Wärmepumpen nicht erreichbar ist. Das ist häufig in der Aufheizphase am Morgen der Fall oder bei zu tiefen Umgebungstemperaturen. Hier ist deutlich erkennbar, dass mit der Nachtabsenkung im Schulgebäude die Wärmepumpen die Anforderungen erfüllen, obwohl die Umgebungstemperatur sinkt.

6 Analyse

6.1 Simulationsmodell und Energieeinsparung

In der Vorplanungsphase wurde ein Simulationsmodell erstellt, das die Machbarkeit und die Wirksamkeit des Konzeptes belegt.

Simulationsmodelle sollten möglichst realitätsnah sein, deshalb ist es sehr wichtig, Modelle durch Rückkoppelung von Messungen aus der Praxis immer wieder zu validieren und weiter zu optimieren.

Mittels dynamischer Simulation wurde im Jahr 2010 der Energieanteil für die Heizungsunterstützung mit Erdsonden berechnet. Die 2014 mittels Erdsonden und Wärmepumpe gewonnene Energie liegt im Bereich der simulierten Prognose.

Die Prognose lag für die realisierte Variante bei 108 679,01 kWh/a

Vom 13.1.2014 bis zum 28.5.2014 lieferten die Wärmepumpen 72 000 kWh und die Erdsonden haben gute Reserven.

Damit können sicher mehr als 100 000 kWh/Jahr an Wärmeleistung durch die Wärmepumpen geliefert werden. Wenn die Erdsonden im Sommer über die Kühlung effektiv regeneriert werden, dann können in guten Jahren auch mehr als 150 000 kWh/a erreicht werden. Es lohnt sich die Kühlung in der Schule weiter auszubauen.

6.2 Umsetzung

Die unter 3. aufgeführten Punkte haben zu einer sehr trägen Umsetzung der wetterbasierten Regelung geführt. In Stichworten sollen die mehr als 3 Jahre der Umsetzung verdeutlicht werden:

1. Elektropartner 1

Grundfunktion für den Heizbetrieb wurde auch nach 1,5 Jahre nicht erreicht. Hauptursache war die fehlende Möglichkeit der freien Programmierung des Homeservers.

Das störungsfreie Umschalten zwischen dem Gaskessel und den 2 Wärmepumpen mit jeweils 2 Stufen, damit eine definierte Vorlauf-temperatur entsprechend einer Heizkennlinie gefahren werden kann wurde nicht erreicht.

2. Elektropartner 2

Die Grundfunktion mit einem stabilen Umschalten zwischen den Energiewandlern (Wärmepumpen, Gaskessel) wird auch nach einem weiteren Jahr nicht erreicht.

3. Eine mit MSR vertraute Firma hat innerhalb von 3 Monate die Heizungszentrale auf EIB-KNX-Basis in Betrieb gesetzt und es werden 2 weitere Monate benötigt die Fehlinstallation im Bereich der Sicherheitsüberwachung und Antriebe für die Wärmepumpen zu bereinigen.

Da keine Dokumentation für den Schaltschrank und die Elektroarbeiten vorliegt, wurden die Arbeiten stark erschwert. Bei diesen Arbeiten sind auch die gravierenden Mängel, die für den Anlagenbau nicht akzeptabel sind, aufgefallen:

1. Fehlerhafte Installation der Sicherheitstechnik
2. Fehlende Dokumentation der Elektroarbeiten
3. Fehlende Dokumentation des Schaltschrank
4. Fehlende Dokumentation der Programmierung der EIB-KNX-Geräte

Trotz mehrfacher Nachfrage wurden die Unterlagen nicht bereitgestellt. Der Aufwand für eine gute Dokumentation ist grösser als vielfach angenommen. Stimmt die interne Dokumentation der ausführenden Firma nicht, dann ist eine nachträgliche Dokumentation für den Kunden offensichtlich nicht mehr mit akzeptablem Aufwand machbar.

7 Erkenntnisse

7.1 Haustechnik

Im Rahmen des Projektes wurde die vorhanden Haustechnik bezüglich der Erweiterung für die Kühlung analysiert und es wurde ein Konzept entwickelt das nur minimale Änderungen für die Umsetzung erforderte. Die minimalen und deshalb Kosten-Nutzen-Optimalen Änderungen an der Hydraulik haben das Ziel in vollem Umfang erreicht: hohe Effizienz bei minimalen Umbaukosten.

Damit die Kühlung für das Gesamtgebäude und nicht nur für das Dachgeschoss verfügbar ist, muss die Raumregelung in allen Räumen um den Kühlbetrieb erweitert werden. Das ist mit EIB-KNX-Reglern machbar.

Auf der Basis der bei diesem Projekt gewonnenen Erkenntnisse sollte für jedes Projekt gut geprüft werden, die Elektroplanung einem erfahrenen Elektroplaner anzuvertrauen. Damit wird eine Kosten-Nutzen-Optimierung, Qualitätssicherung und gute Dokumentation erreicht. Das Honorar für den Elektroplaner ist eine sehr gute Investition, die sich in der Regel schon bei der Umsetzung der Massnahmen rechnet und nicht erst im Störfall.

7.2 Elektroarbeiten_EIB

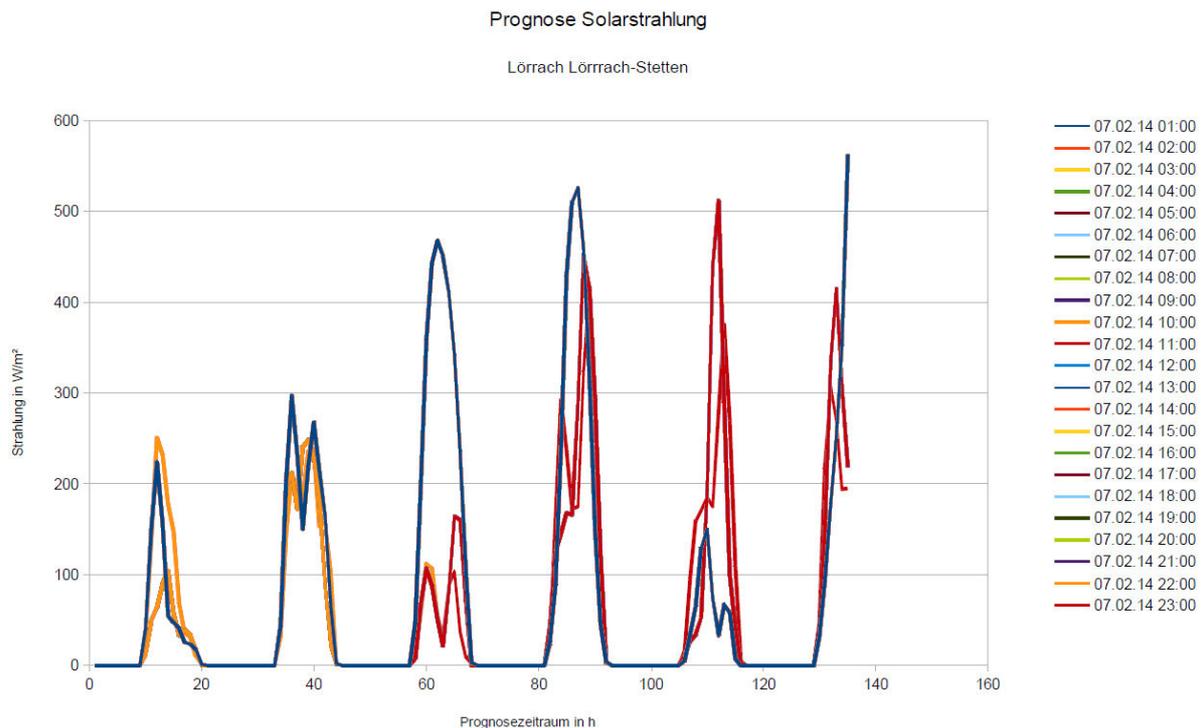
Die Elektroarbeiten und die EIB-Komponenten waren im Vorfeld mit dem Lieferanten inklusive Homeserver abgestimmt. Die Kostenschätzung lag im Bereiche der MSR-Planung. Diese basierten auf den etablierten Systemen von Honeywell, Sauter, etc. Es war erfreulich festzustellen, dass das EIB-System hier mithalten kann.

Die Praxis lieferte folgendes Bild:

1. Die Dokumentation der Schaltschränke und der Anlageninstallation wurde eingespart
2. Die Kenntnisse im HLK-Bereich sind so rudimentär, dass das Projekt in den Grundfunktionen nie einen stabilen Zustand erreicht hat. Die Ursache für die vielen Störungen wurden der Hydraulik zugeschrieben.
3. Auf Empfehlung des Systemlieferanten wurde eine weitere Firma mit Systemintegrator eingesetzt, die ebenfalls an der gleichen Aufgabe mit den gleichen Argumenten (Entschuldigungen) nicht zum Ziel kam, die Grundfunktionen als Basis für dieses Projekt bereit zu stellen. Die Kosten für diese Leistung sollten das 5-fache der geplanten Kosten sein.
4. Der Unterschied von einer Steuerung zu einer Regelung ist nicht bekannt und war auch nicht vermittelbar. Die Frage steht im Raum: Müssen Handwerker Ingenieurarbeiten übernehmen, nur weil sie die Geräte einbauen?

7.3 Wetterprognose

Die Wetterprognosen wurden sehr detailliert erfasst und dokumentiert. Dabei wurden die Prognosen mit 7 Tagen Vorlauf im Stundenabstand dokumentiert. Damit sind wir in der Lage, die Prognosequalität sehr genau zu prüfen. Die gesammelten Daten sind hervorragend geeignet, weitere detaillierte Analysen durchzuführen. Im Rahmen des Projektes wurden statistische Analysen für die Temperatur und Einstrahlung durchgeführt (siehe Anhänge). Es wurde auch eine Zeitreihenanalysen in grafischer Form durchgeführt. Die folgenden Grafiken zeigen einen Teil der Ergebnisse:



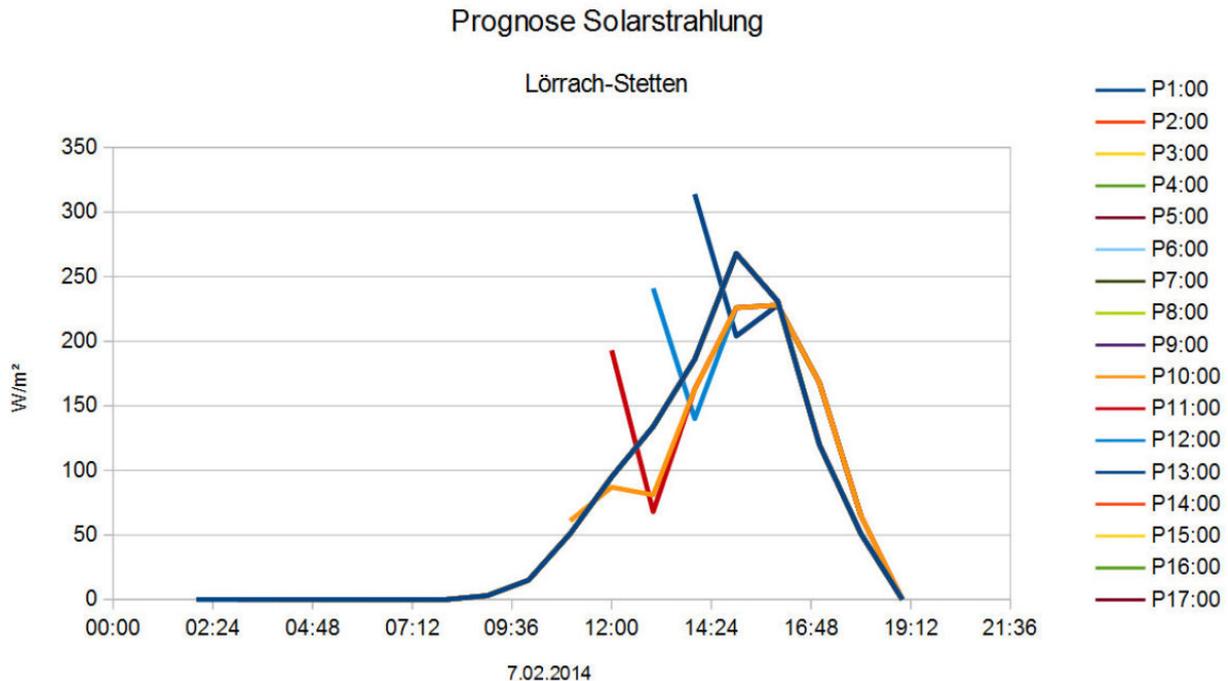
Grafik 7.3.1 Prognose im Vergleich für 5 Tage 7.2. bis 11.2.2014

Die Kurvenschar ergibt sich aus der Prognose in den 24 Stunden des ersten Tages mit stündlicher Aktualisierung für die nächsten 5 Tage. Die Aktualisierung erfolgte per Internet vom meteoblue server. Der stündliche Abruf der Wetterprognose ist nicht synchron mit der Aktualisierung der Wetterprognosen auf dem Server von meteoblue, deshalb kann es sein, dass mehrfach die gleichen Prognose-Daten vom Server im Stundenabstand abgerufen und dokumentiert werden. Gleiche Prognose kann deshalb bedeuten, es gibt keine neue oder die neue ist im Ergebnis gleich wie die alte Prognose.

Die Sicherheit der Einstrahlungsprognose für den aktuellen und die folgenden Tage ist sehr klein, bei 4 von 5 Tagen schwankt die Einstrahlung von minimaler zu maximaler Erwartung sehr stark.

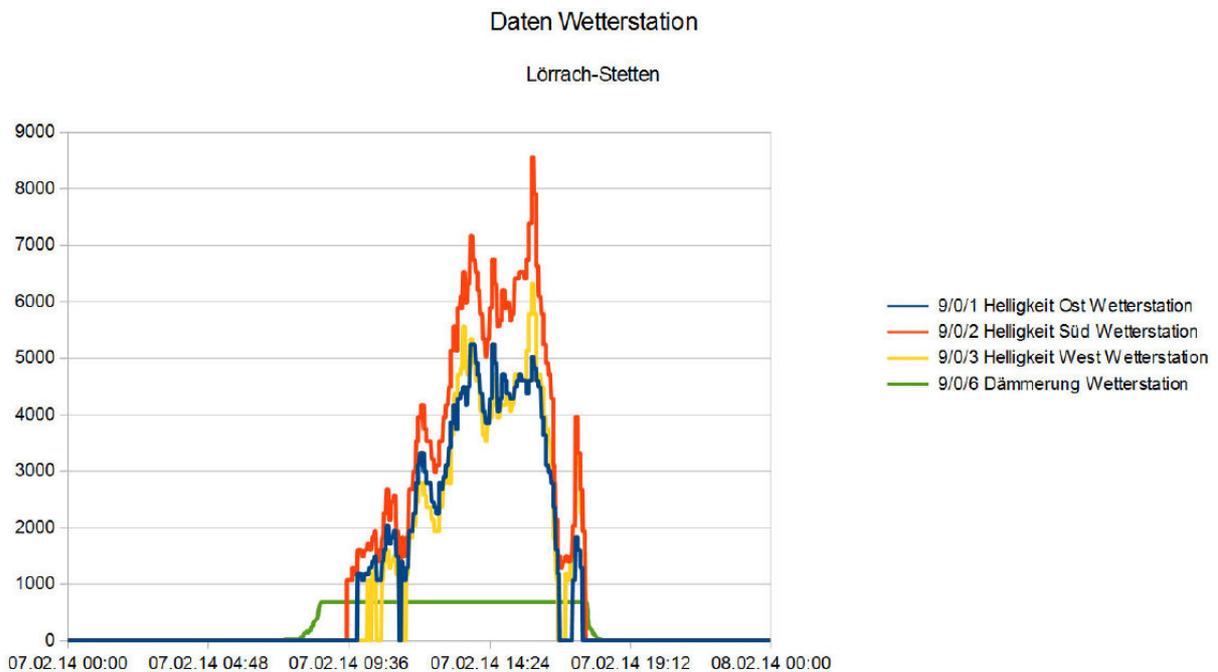
Die folgenden Grafiken zeigen den Verlauf der Prognosen für den jeweiligen Tag mit stündlicher Aktualisierung. Im Vergleich gefolgt von den Helligkeitssensoren für die Lamellensteuerung. Die Helligkeitssensoren

geben einen Hinweis, ob die Prognose in etwa mit der realen Sonneneinstrahlung übereinstimmt.



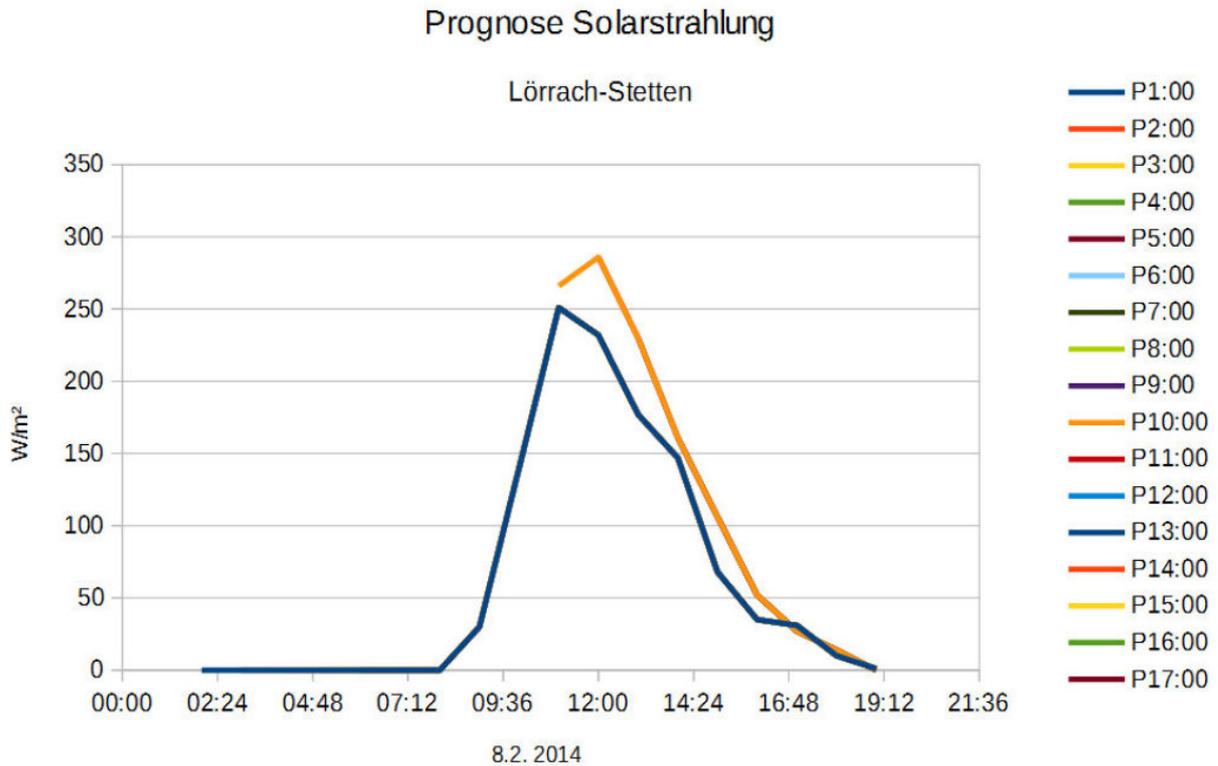
Grafik 7.3.1P Prognose während des Tagesverlaufs 7.2.2014

3 Aktualisierungen der Einstrahlungsprognose um 12, 13 und 14 Uhr zeigen deutlich höhere Werte, die dann nach einer Stunden wieder in etwa auf die erste Prognose einschwinger. (4 Anpassungen an diesem Tag)



Grafik 7.3.1M Messung der Helligkeitssensoren am Gebäude als Tagesverlaufs (wahrscheinlich in Lux)

Der qualitative Vergleich zeigt eine akzeptable Übereinstimmung zwischen Prognose und Messung.

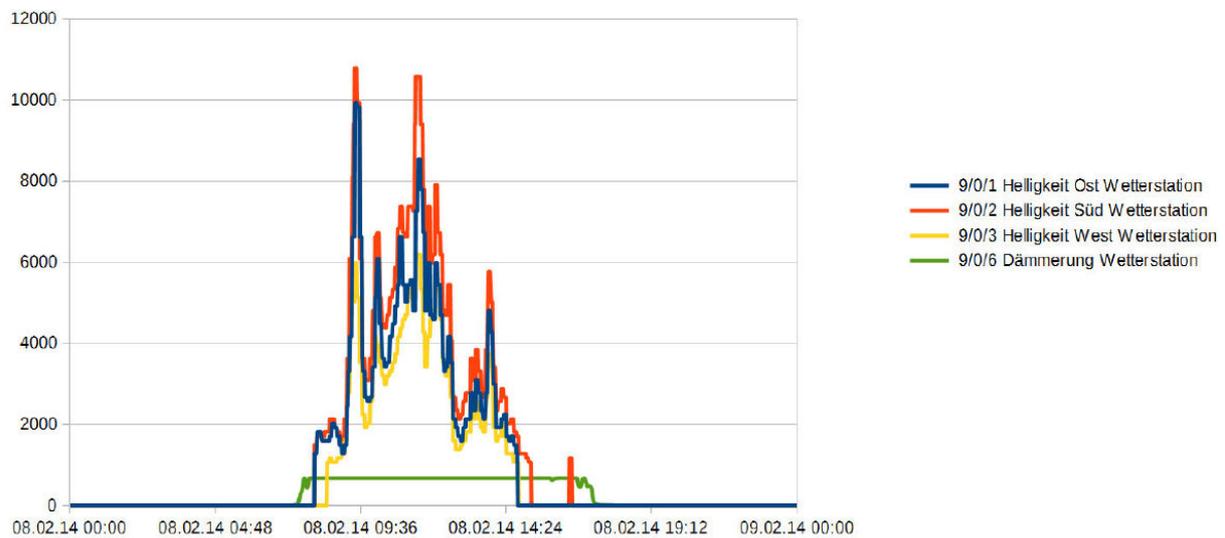


Grafik 7.3.2P Prognose während des Tagesverlaufs 8.2.2014

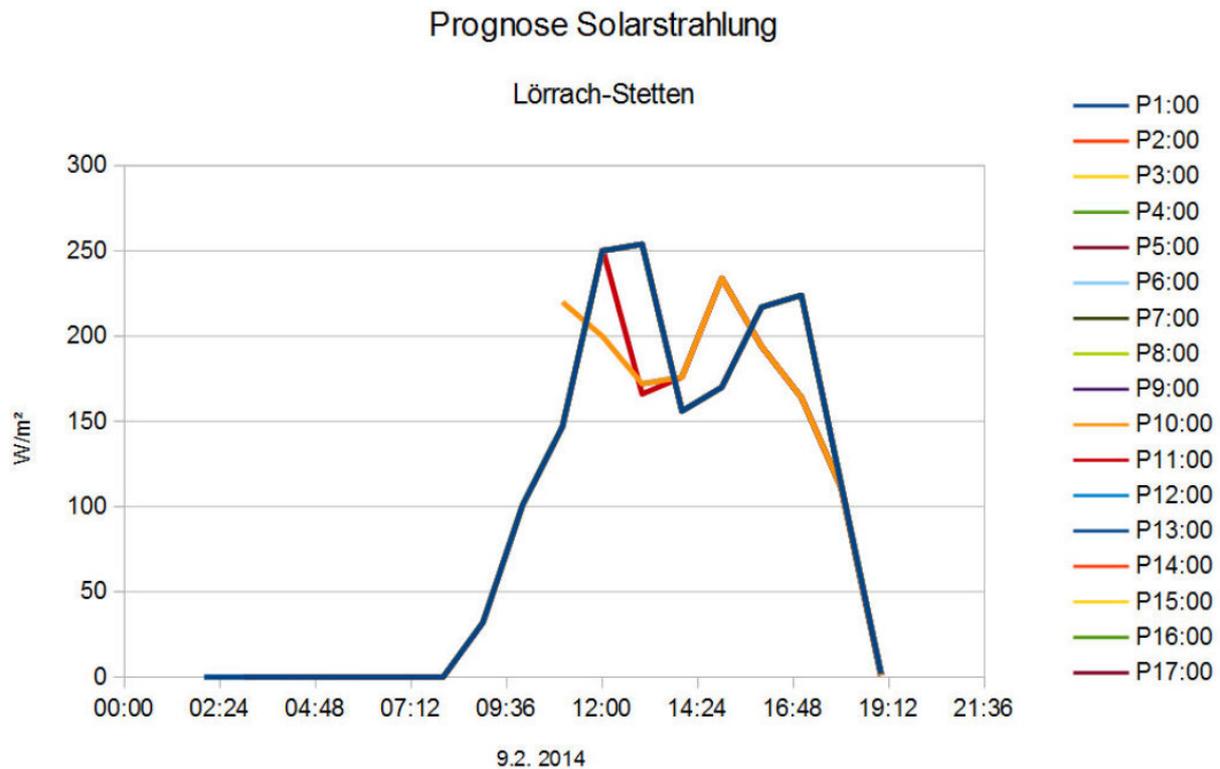
(1 Prognoseanpassung an diesem Tag)

Daten Wetterstation

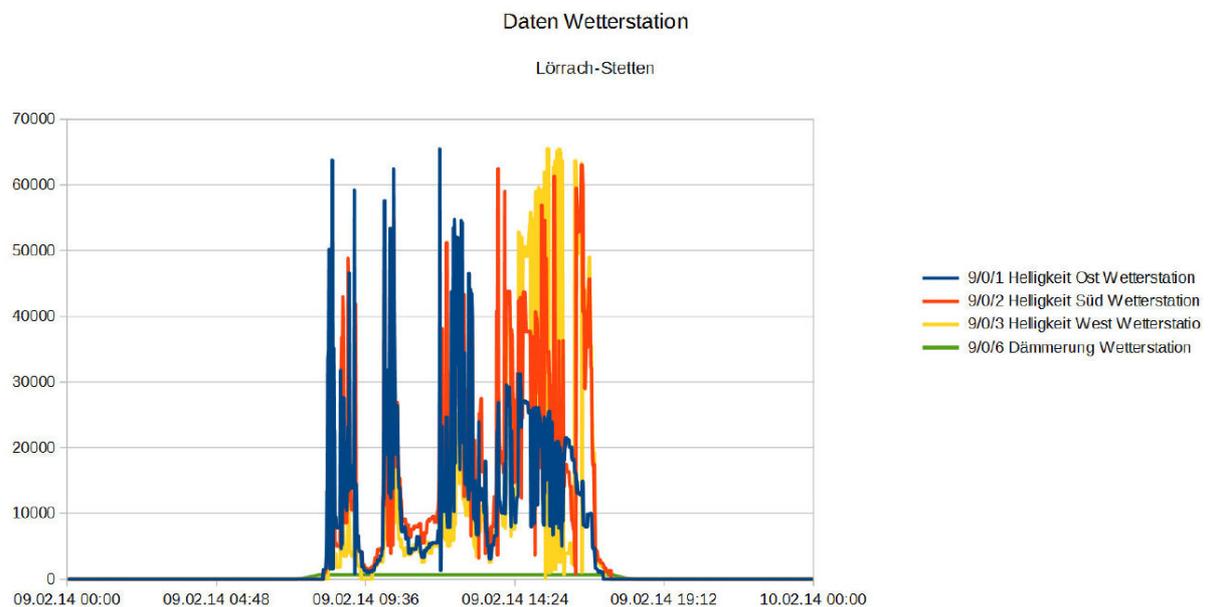
Lörrach-Stetten



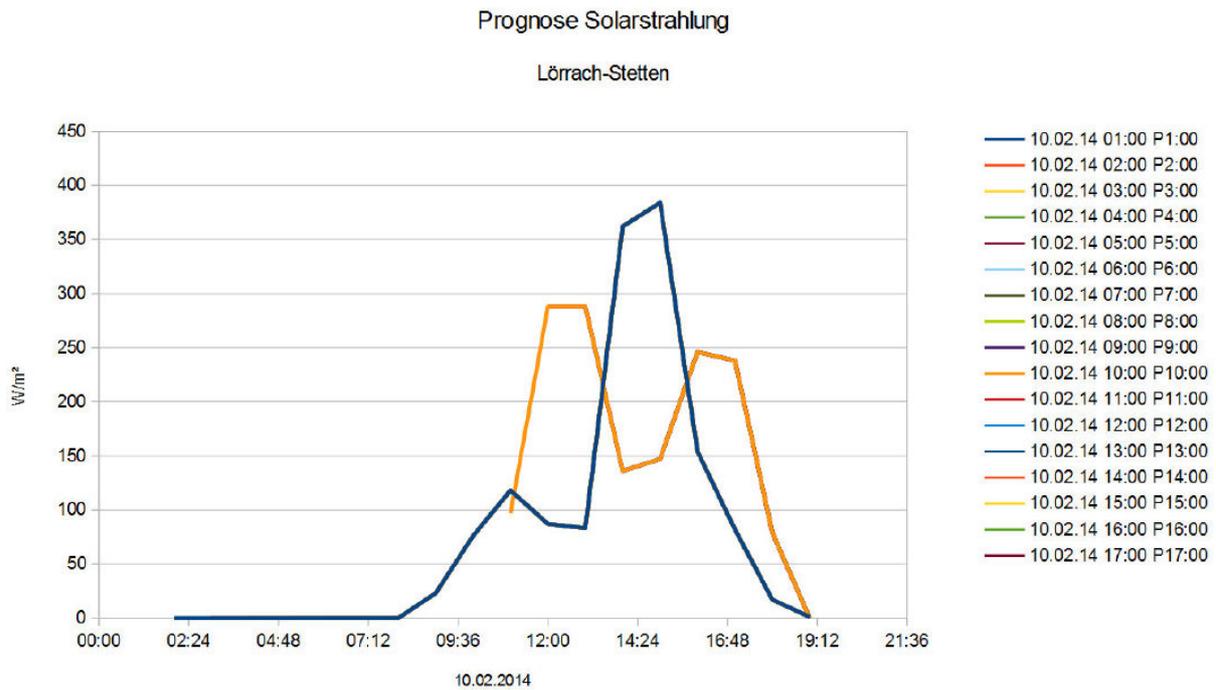
Grafik 7.3.2M Messung der Helligkeitssensoren am Gebäude als Tagesverlauf (wahrscheinlich in Lux)



Grafik 7.3.3P Prognose während des Tagesverlaufs 9.2.2014
(2 Prognoseanpassungen an diesem Tag)



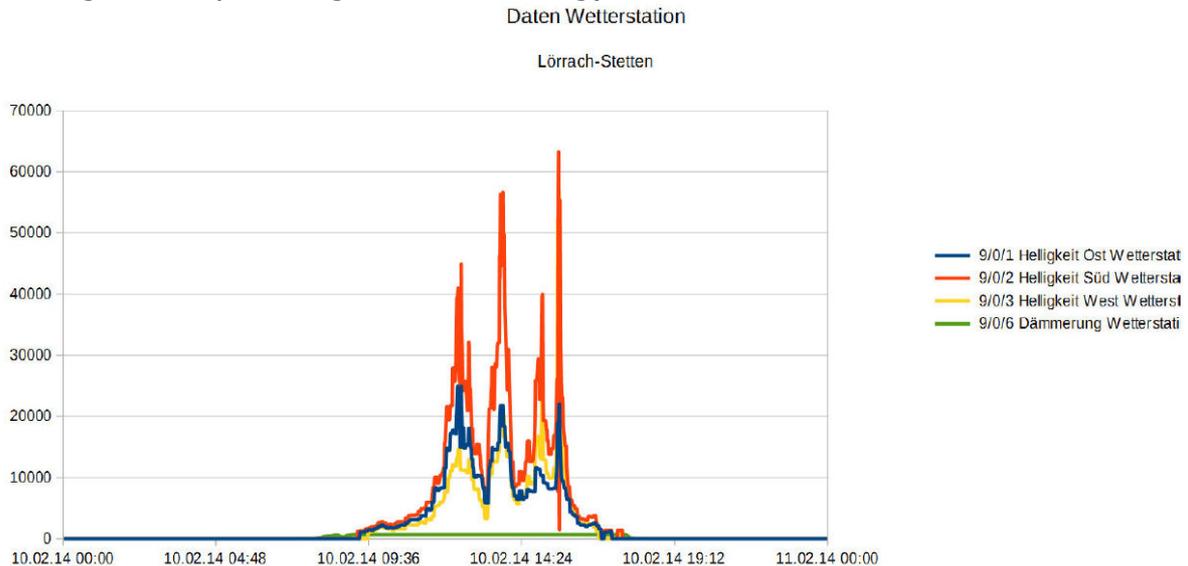
Grafik 7.3.3M Messung der Helligkeitssensoren am Gebäude als Tagesverlauf (wahrscheinlich in Lux)



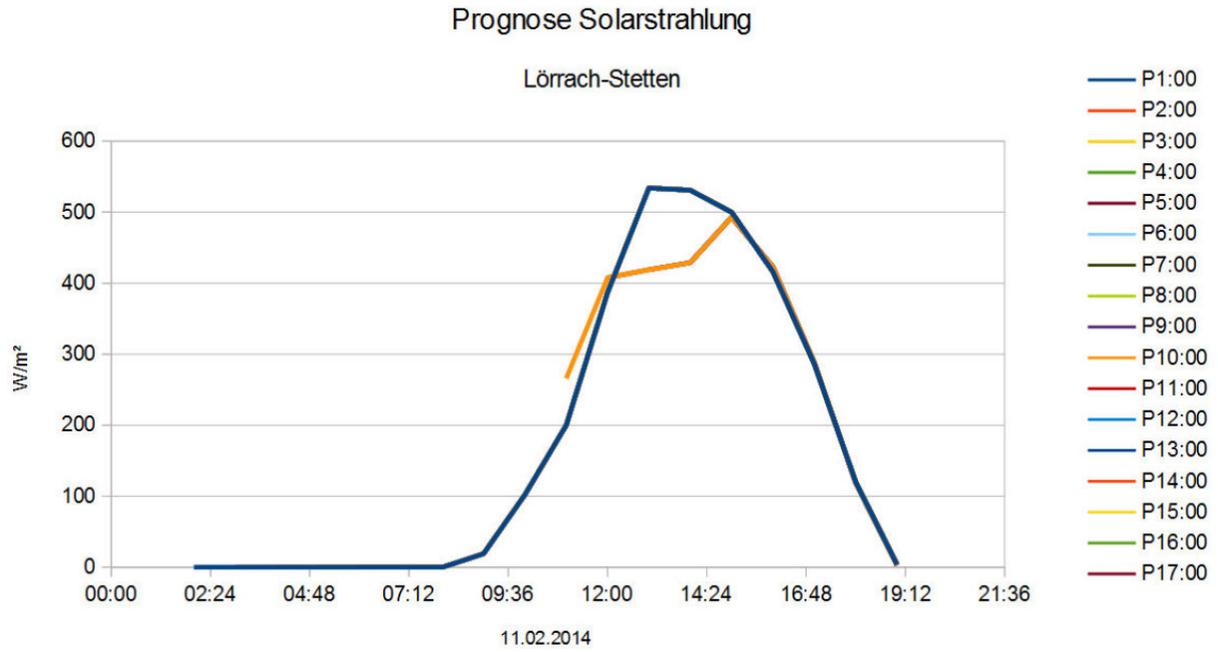
Grafik 7.3.4P Prognose während des Tagesverlaufs 10.2.2014

Auffällig ist hier das Kippen der Maxima von einem Maximum um 14 Uhr auf zwei und 12 und 18 Uhr.

(1 Prognoseanpassung an diesem Tag)



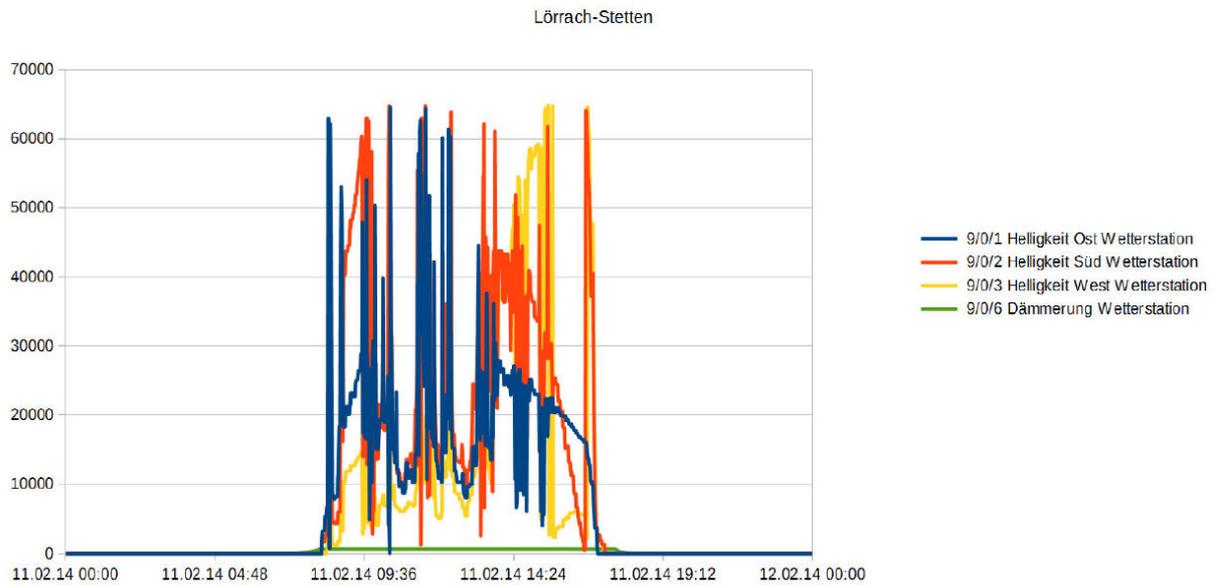
Grafik 7.3.4M Messung der Helligkeitssensoren am Gebäude als Tagesverlaufs (wahrscheinlich in Lux)



Grafik 7.3.5P Prognose während des Tagesverlaufs 11.2.2014

(1 Prognoseanpassung an diesem Tag)

Daten Wetterstation



Grafik 7.3.5M Messung der Helligkeitssensoren am Gebäude als Tagesverlauf (wahrscheinlich in Lux)

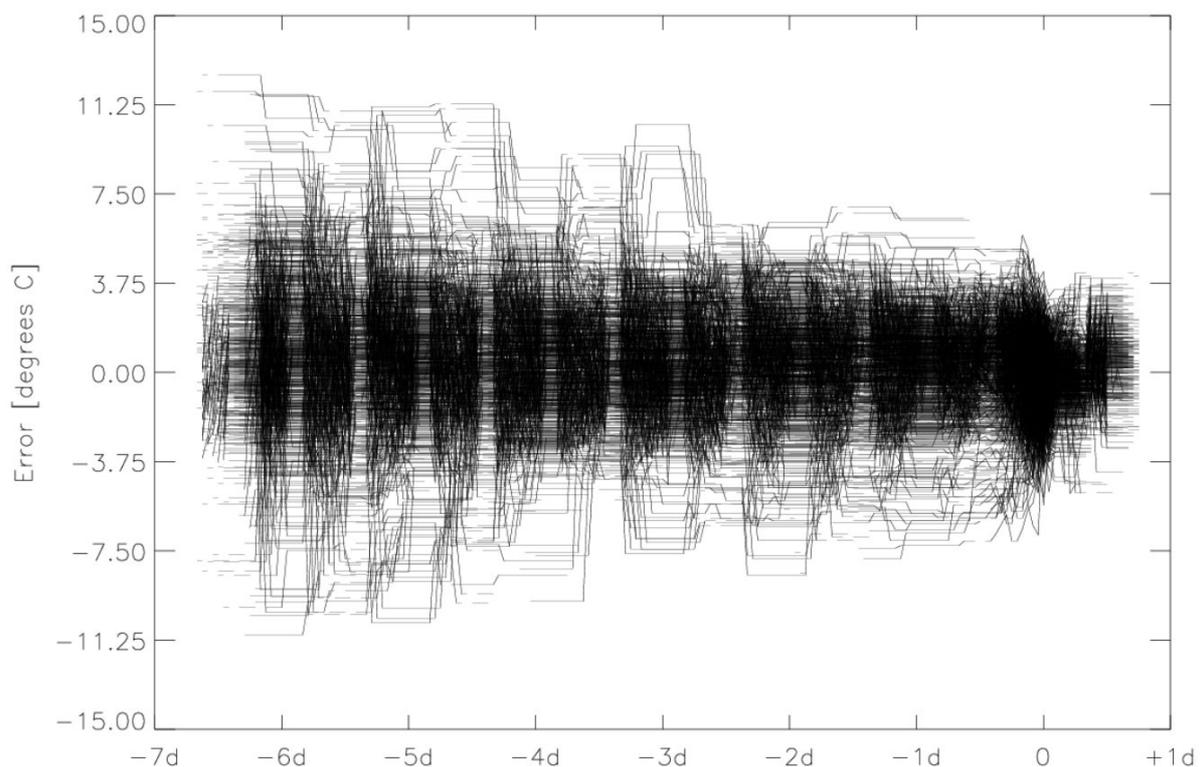


Abbildung 4: Fehler (in °C) aller Vorhersagen im Messzeitraum 09:00 - 17:00 Uhr (Tag), in Abhängigkeit des Vorhersage-Zeitraums in Tagen vor (-) und nach (+) der Messung.)

Grafik 7.3.6 Temperatur-Fehler über den Prognosezeitraum von 7 Tagen

Links sind die Prognosewerte (-7d) 7 Tage vorher und rechts (0) zu dem aktuellen Zeitpunkt, hier trifft die Realität auf die Prognose.

Folgende Punkte sind auffällig im direkten Vergleich der Prognosen:

1. Die äussere gedachte Hüllkurve über die maximalen Abweichungen wird mit kürzerem Prognosezeithorizont ebenfalls kleiner. Das entspricht der Erwartung.
2. Am Tag 0 des Prognosevorlaufs wird die Prognose unruhiger als an den Tagen zuvor, hier sorgen die Messpunkte vor Ort für eine Unruhe in der Prognose. Das war nicht zu erwarten, denn die Messwerte vor Ort sollen die Genauigkeit in der Prognose verbessern.

Leider sind die Wetterprognosen nicht auf dem hohen Niveau wie zu Beginn des Projektes angenommen. Der Vergleich der Prognosen mit der Realität oder die Prognosen im Vergleich mit den Prognosen aus der Vergangenheit zeigten eine hohe Varianz, so dass eine Verbesserung der Energiebilanz in der Praxis nur sehr klein war. Zum aktuellen Zeitpunkt ist die Wetterstation in der Nähe der Gebäude aus unserer Sicht immer noch die beste Lösung.

Für die nachträgliche Analyse von Gebäuden sind die aus Prognosen erzeugten Klimadaten für die jeweiligen Jahre besser als die Korrektur mit Heizgradstunden für die jeweiligen Jahre.

7.4 Energiemanagement mit Wetterprognose / Erkenntnisse

Die bei dem Projekt gewonnenen Erfahrungen lassen folgende Aussagen zu:

1. Die ausführenden Firmen sind hoch ausgelastet, eine Steigerung der Umsetzungsgeschwindigkeit ist unter dem Aspekt des Mangel an geeigneten Mitarbeitern kaum vorstellbar
2. Die neuen Techniken wie Wärmepumpen mit Erdsonden etc. sind so wenig verstanden, dass die Umsetzung nur einen Teil der Einsparung generiert oder sogar eine Verschlechterung erzeugt.
3. Im Bereich Elektro hat der EIB-KNX-Bus zu einer starken Erweiterung der Möglichkeiten im Elektrohandwerk geführt. Das hat mehrere Konsequenzen:
 1. Die Möglichkeiten die EIB-Funktionalität hat zu einer Vervielfachung des notwendigen Know-How zur Beherrschung dieser Technologie geführt.
 2. Die Anwendungserweiterung wie die Integration der:
 1. Heizung
 2. Lüftung
 3. Energiebereitstellung
 1. Heizkessel
 2. Wärmepumpe
 3. Erdsonden
 4. etc.in ein Gesamtsystem, führt zu einer weiteren Know-How-Anforderung.
Das ist aus unserer Sicht für Handwerksbetriebe nicht machbar. Es werden zwar Berufsbilder wie Systemintegratoren eingeführt, aber ob die Basis einer Handwerker Ausbildung dafür ausreicht ist nach den vorliegenden Praxisergebnissen sehr zweifelhaft.
Erkennbar ist das auch daran, dass die Kosten ebenfalls beim vielfachen bei dem von darauf spezialisierten Regelungstechnik-Firmen liegen.
Wir können nur einem altes Handwerker Sprichwort zustimmen: „Schuster bleib bei Deinen Leisten“.
4. Die Techniklieferanten ermuntern die Handwerkerfirmen, solche Regelungsaufgaben zu übernehmen, da mit einer geschlossenen Wertschöpfungskette der Gewinn und der Einfluss höher ist.
5. Ohne die Förderung durch den Badenova Innovationsfonds wäre dieses Projekt mit hoher Sicherheit nicht erfolgreich zu Ende geführt worden, da sich zwei Pole entwickelt hatten.
 1. Die Hydraulik und die Vorgaben sind die Fehlerquelle, ohne massiven Umbau geht da nichts.
 2. Die Umsetzer beherrschen ihr Handwerk nicht.

Mit der erfolgreichen Realisierung ohne Änderungen an der Hydraulik und an dem Konzept ist die Frage klar entschieden.

6. Die Einsparung durch ein gutes Energiemanagement sind gut erkennbar, das ist an dem hohen Anteil an Wärmepumpenwärme ablesbar. Eine Steigerung der Energieeinsparung durch moderne Wetterprognosen konnten nicht bestätigt werden. Dafür war eventuell die verfügbare Zeit, trotz Verlängerung von einem Jahr, zu kurz. Auf der anderen Seite kann mit den im Projekt gesammelten Wetterprognosen eine Optimierung kaum erwartet werden. Gut ablesbar ist das bei den Vergleichen der Prognosen im Kapitel 7.3, die doch eine hohe Unsicherheit aufzeigen. Auf dieser Prognose-Basis eine Optimierung in der Energiebereitstellung durchzuführen, führt mit hoher Sicherheit zeitweise zu einem unbehaglichen Raumklima, da das Wetter zu oft nicht so kommt wie prognostiziert. Da Kundenzufriedenheit erste Priorität hat, ist solch eine Umsetzung mit hoher Vorsicht anzugehen. Das mittels dynamischer Simulation ermittelte Einsparpotential von 10 bis 30 % ist mit der von uns ermittelten Unsicherheit bei der Wetterprognose nicht erreichbar. In der dynamischen Simulation ist die Wetterprognose sehr genau abbildbar, so dass das Einsparungspotential mit einer genaueren Wetterprognose in der Zukunft genutzt werden kann.

8 Öffentlichkeitsarbeit

8.1 Planer

Im Rahmen von Vorträgen wurde das Projekt vorgestellt. Da die für den Nachweis notwendigen Funktionen erst 2014 in Betrieb gesetzt werden konnten, war der Zeitraum zur Darstellung der Ergebnisse klein. Es ist geplant, in Vorträgen dieses Projekt als Beispiel für eine erfolgreiche Förderung durch den Badenova Innovationsfonds vorzustellen. Ohne diese unkomplizierte und gezielt unterstützende Förderung wäre das Projekt in eine kritische Phase gekommen.

Da innovative Projekte immer ein hohes Konfliktpotential haben, sind gezielte Förderungen aus unserer Sicht eine sehr sinnvolle Massnahme.

Die wichtigen Erkenntnisse bei dem Projekt und Randbedingungen für die erfolgreiche Umsetzungen werden wir in unseren Vorträgen und Artikeln so kommunizieren.

8.2 FES

Die FES als Antragssteller wird die Aktivitäten auf einem separaten Blatt darstellen