

Projekt 2014-01

"EQM-Energie-und Qualitätsmanagement für nachhaltige Gebäude"

Abschlussbericht

Erstellungsdatum 18.12.2015



Zuwendungsempfänger:

Stadt Weil am Rhein

Thomas Klug

Verfasser:



synavision GmbH, Aachen

Dr.-Ing. Stefan Plessler (Projektleitung)

Dr. Claas Pinkernell

Sabine Beckerle Cand. M. Sc



energydesign braunschweig GmbH,
Braunschweig

Dipl.-Ing. Lars Altendorf

I. Dank

Dieser Forschungsbericht (Projektnummer 2014-01) wurde mit Mitteln des badenova Innovationsfonds in Freiburg gefördert.



Der vorliegende Forschungsbericht ist als Sonderbericht im übergeordneten Rahmen des Forschungsprojekts „EQM – Energie- und Qualitätsmanagement für nachhaltige Gebäude - Innovative Prozesssteuerung im Feldtest“ (Az.: 31099-25) erstellt worden, das mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, gefördert und durch proKlima - Der enercity-Fonds, Hannover, unterstützt wurde.



Der Stadt Weil am Rhein danken wir für die Möglichkeit, Gebäude und Anlagen im Betrieb zu untersuchen, und für die konstruktive Begleitung des Projekts.



Die Autoren danken den Fördergebern und allen weiteren Beteiligten für Ihre intensive Unterstützung und die gute Zusammenarbeit. Sie haben durch ihren Einsatz zur Umsetzung des Vorhabens beigetragen.

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt beim Autor.

Inhalt

I. Dank	2
1 Projektüberblick	6
1.1 Ausgangslage	6
1.2 Wissenschaftliche und technische Ziele	6
2 Projektbeschreibung	7
2.1 Projektablauf	7
2.1.1 Projektidee	7
2.1.2 Projektumfang	7
2.1.3 Förderung	9
3 Projektwerkzeuge und -methodik	10
3.1 Checklisten mit dem task manager	10
3.1.1 Allgemeine Beschreibung des Werkzeugs	10
3.1.2 Angewandte Checklistentypen	11
3.1.3 Anwendung des Werkzeugs im Projekt	12
3.2 Betriebsmonitoring mit dem Prüfstand für Gebäudeperformance	12
3.2.1 Allgemeine Beschreibung des Werkzeugs	12
3.2.2 Anwendung des Werkzeugs im Projekt	14
4 Qualitätsprüfungen Feuerwache/Betriebshof	15
4.1 Gebäudebeschreibung	15
4.2 Thermografie	17
4.2.1 Dokumentation der Prüfung	17
4.2.2 Analyse und Bewertung	17
4.3 Temporäre Messung von Systemtemperaturen	19
4.3.1 Brunnen	20
4.3.2 Solarabsorberanlage	22
4.3.3 Sekundärkreislauf Wärmepumpe	24
4.3.4 HK4 Fuhrparkwerkstätten	26
4.3.5 HK5 Betriebshof	32
4.4 Prüfung der Gebäudeautomation	35
4.4.1 Prüfprozess für die Gebäudeautomation	35
4.4.2 Funktionsbeschreibungen	37
4.4.3 Umsetzung des Datenimports aus der Gebäudeautomation	39
4.4.4 Analysen und Bewertung	40

4.5	Zusammenfassung der Prüfungen	43
5	<i>Qualitätsprüfung Oberrhein-Gymnasium</i>	44
5.1	Gebäudebeschreibung	45
5.2	Ausgangssituation Stromverbrauch	46
5.3	Messung Luftvolumenstrom im Raum	47
5.3.1	Dokumentation der Prüfung	47
5.3.2	Analyse und Bewertung	48
5.3.3	Checkliste im task manager	49
5.4	Messung der spezifischen Ventilatorleistung	50
5.4.1	Dokumentation der Prüfung	50
5.4.2	Analyse und Bewertung	50
5.4.3	Checkliste im task manager	51
5.5	Messung Stromlastprofil Lüftungsanlage	54
5.5.1	Dokumentation der Prüfung	54
5.5.2	Analyse und Bewertung	54
5.6	Messung Stromlastprofil Klimasplitgeräte	57
5.6.1	Dokumentation der Prüfung	57
5.6.2	Analyse und Bewertung	57
5.7	Auswertung der Stromverbräuche	59
5.8	Zusammenfassung der Prüfungen	60
6	<i>Qualitätsprüfung Sporthalle Markgrafenschule</i>	62
6.1	Gebäudebeschreibung	62
6.2	Thermografie	63
6.2.1	Dokumentation der Prüfung	63
6.2.2	Analyse und Bewertung	63
6.2.3	Checkliste im task manager	64
6.3	Raumtemperatur / Raumfeuchte Geräteraum	66
6.3.1	Dokumentation der Prüfung	66
6.3.2	Analyse und Bewertung	66
6.4	Zusammenfassung der Prüfungen	67
7	<i>Qualitätsprüfung Rheinschule Neubau</i>	68
7.1	Gebäudebeschreibung	68
7.2	Thermografie	69
7.2.1	Dokumentation der Prüfung	69
7.2.2	Analyse und Bewertung	69
7.2.3	Checkliste im task manager	70
7.3	Raumtemperatur/ Raumfeuchte Werkraum	70

7.4	Zusammenfassung der Prüfungen	71
8	<i>Wirkung der Umsetzung</i>	72
8.1	Entwicklung der Qualitätssicherung	72
8.2	Weiterführende, resultierende Maßnahmen	72
9	<i>Öffentlichkeitsarbeit</i>	73
9.1	Workshops und Vorträge	73
10	<i>Zusammenfassung</i>	75
11	<i>Fazit und Ausblick</i>	78
12	<i>Anlage: Projekterkenntnisse</i>	80

1 Projektüberblick

1.1 Ausgangslage

Konzepte für Gebäude haben sich in den letzten Jahrzehnten stark verändert. Durch die Einführung des Gedankens einer integralen Planung, die alle Aspekte eines Gebäudes als ein zusammenwirkendes System begreift und versucht, die resultierenden Optimierungspotenziale zu nutzen, konnten Gebäudekonzepte in ihrer Energieeffizienz erheblich verbessert werden. Die Entwicklung ging jedoch einher mit einer zunehmenden Technisierung und Komplexität. Diese führt nach vorliegenden Analysen zu erheblichen Differenzen zwischen der in der Planung angestrebten und der im Betrieb tatsächlich erreichten Performance.

1.2 Wissenschaftliche und technische Ziele

Das Forschungsprojekt „EQM – Energie- und Qualitätsmanagement für nachhaltige Gebäude - Innovative Prozesssteuerung im Feldtest“, hat sich zum Ziel gesetzt, diesen Qualitätsdefiziten durch Anwendung von innovativen Prozessen zum Energie- und Qualitätsmanagement zu begegnen. Das Projekt wurde mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt unter dem Aktenzeichen 31099-25 gefördert und im Juli 2015 abgeschlossen.

Der generische Prozess, um den Umfang und die Folgen der Defizite in einem akzeptablen Maße zu halten, wurde als Qualitätsregelkreis auf verschiedene Bereiche und Methoden des nachhaltigen Bauens angewendet und optimiert, wie z.B. auf konventionelle Bauprotokolle, Checklisten spezieller technischer Prüfungen und Nachhaltigkeitszertifizierungen.

Die Checklisten und die entsprechenden Anwendungsprozesse wurden dann in einem innovativen Webservice, dem task manager der synavision GmbH, umgesetzt und sowohl in Bezug auf ihre Praktikabilität als auch in der konkreten Anwendung getestet. Insgesamt wurden mehr als hundert Checklisten entworfen, geprüft und optimiert. Dies zeigte zum einen die hohe Flexibilität und leichte Anwendbarkeit der eingesetzten Software, zum anderen aber auch die Herausforderung, einen effektiven und praktikablen Prüfprozess einschließlich übersichtlicher Dokumentation zu entwickeln. Nach Abschluss der Optimierungsrunden liegen nun mehr als 40 optimierte Checklisten für die Anwendung in der Praxis vor.

Im Ergebnis des DBU-Projekts steht ein leistungsfähiger und kostengünstiger Webservice für das Energie- und Qualitätsmanagement für Gebäude zur Verfügung. Er bietet die Möglichkeit, erfolgreiche Methoden des Qualitätsmanagements, z.B. des proKlima-Fonds Hannover oder auch energetischer Inspektionen, in eindeutig definierter und nachvollziehbarer Form effektiv in den verschiedenen Phasen des Lebenszyklus von Gebäuden anzuwenden. Damit sind die Grundlagen für eine standardisierte und leistungsfähige Skalierung des Energie- und Qualitätsmanagements als Dienstleistung für nachhaltige Gebäude gelegt.

2 Projektbeschreibung

2.1 Projektablauf

2.1.1 Projektidee

Die Stadt Weil am Rhein strebt in ihren Gebäuden eine kontinuierliche Verbesserung der energetischen Qualität an. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden dazu Checklisten zum Energie- und Qualitätsmanagement für vier Gebäude in der Praxis angewendet. Die Stadt Weil am Rhein beteiligt sich mit Unterstützung des badenova-Innovationsfonds an dem Forschungsprojekt, das unter anderem folgende Zielsetzungen umfasst:

- Feldversuch von Qualitätssicherungsprozessen
- Analyse in der Praxis festgestellter Qualitätsdefizite und deren Ursachen
- Vergleich in der Praxis angewendeter Qualitätssicherungsmethoden

Zum anderen werden Qualitätsprüfungen an den Gebäuden durchgeführt, wofür Checklisten für Prüfungen der Gebäudehülle, Anlagentechnik und -regelung vor Ort zu Verfügung stehen. Darüber hinaus werden auf Basis von Betriebsdaten der Gebäudeautomation Analysen zum Gebäudebetrieb für das Gebäude Feuerwache / Betriebshof durchgeführt.

2.1.2 Projektumfang

In Tabelle 1 sind die festgelegten Prozesse zur Qualitätsprüfung für die Feuerwache mit Betriebshof zusammengetragen. Im Mittelpunkt steht die Prüfung des Heizungskonzepts. Hierzu werden die Systemtemperaturen der Geothermieanlage, des Solarabsorbers, der Wärmepumpe und von zwei Heizkreisen sowie Oberflächentemperaturen der Wärmeübergabe analysiert. Der Umfang der umgesetzten Analyse entspricht im Wesentlichen den geplanten Leistungen des Antrags. Eine Betriebsoptimierung der Geothermieanlage konnte aufgrund eines unvollständigen Datenumfanges insbesondere für die festgelegte Parametrierung der Regelung nicht vertieft werden. Die vorhandenen Daten waren aber plausibel.

Tabelle 1 Vergleich der Arbeitsthemen aus Antrag und Bericht

1. Feuerwache Betriebshof	
Antrag	Betriebsoptimierung der Geothermieanlage Prüfung des Heizungskonzepts inkl. der thermischen Zonierung
Bericht	Betriebsprüfung der Geothermieanlage Analyse Systemtemperaturen Prüfung des Heizungskonzepts inkl. der thermischen Zonierung Analyse Systemtemperaturen Solarabsorber Analyse Systemtemperaturen Wärmepumpe Analyse Systemtemperaturen Heizkreise 4 und 5 Thermografie der Fußbodenheizung

Beim **Oberrhein Gymnasium** wurde beispielhaft der Betrieb der Lüftungsanlage 1 für die Klassenräume Nord geprüft. Dazu gehörten Analysen zum Luftvolumenstrom im Raum, zur

spezifischen Ventilatorleistung (SFP), die Messung des Stromlastprofils sowie des Stromverbrauchs. Eine Betriebsoptimierung erfolgte bei der effizienten Anlage nicht.

Auf die Prüfung des Innenraumklimas mit Messung der Raumtemperaturen, Raumluftfeuchten und der CO₂-Konzentration wurde auf Wunsch der Stadt Weil am Rhein verzichtet, da sich die Untersuchung auf die Klärung des hohen Stromverbrauchs konzentrieren sollte. Hierzu wurden zwei Klimasplitgeräte untersucht.

Tabelle 2 Vergleich der Arbeitsthemen aus Antrag und Bericht

2. Oberrhein Gymnasium	
Antrag	Betriebsoptimierung Lüftungsanlagen Prüfung Innenraumklima (Temperatur, CO ₂)
Bericht	Betriebsprüfung der Lüftungsanlage 1 Luftvolumenstrommessung im Raum Bestimmung SFP-Wert Messung Stromlastprofil Analyse Stromverbrauch Stromverbrauch Klimasplitgeräte Messung Stromlastprofil /-verbrauch

Schwerpunkt für die **Sporthalle Markgrafenschule** war die thermografische Prüfung der im Jahr 2013 ausgeführten Innendämmung im Bereich der Südfassade sowie der unsanierten Bereiche an der Nordfassade. Der Betrieb des Heiz- / Lüftungskonzepts ist in Abstimmung mit der Stadt nicht weiter vertieft worden. Beschränkt wurde sich auf die Kontrolle des Raumklimas im Geräteraum hinsichtlich der Raumtemperatur und-feuchte. Die Gerätebereiche sind im Deckenbereich unzureichend gedämmt. Das Lüftungskonzept sieht eine Überströmung der Abluft aus der Sporthalle vor.

Tabelle 3 Vergleich der Arbeitsthemen aus Antrag und Bericht

3. Sporthalle Markgrafenschule	
Antrag	Ausführung Innendämmung Betrieb des innovativen Heiz- / Lüftungskonzept
Bericht	Ausführung Innendämmung Ortung Wärmebrücken über Thermografie Prüfung Heiz- / Lüftungskonzept Messung Raumtemperatur/ -feuchte Geräteraum

Im **Erweiterungsbau der Rheinschule** wurde die Einregulierung der Heizungsanlage durch thermografische Untersuchung der Erwärmung und das Temperaturniveaus der Fußbodenheizung geprüft. Die Einregulierung der Lüftungsanlage wurde nicht betrachtet. Die Aufschaltung der Bestandsanlagen auf die zentrale GLT ist nicht geprüft worden.

Tabelle 4 Vergleich der Arbeitsthemen aus Antrag und Bericht

4. Rheinschule Neubau	
Antrag	Einregulierung Heizungs- / Lüftungsanlagen Aufschaltung der Bestandsanlagen auf zentrale GLT
Bericht	Einregulierung Heizungs- / Lüftungsanlagen Thermografieuntersuchung der Fußbodenheizung Messung Raumtemperatur/ -feuchte Werkstatttraum

2.1.3 Förderung

Der vorliegende Badenova-Forschungsbericht ist als Sonderbericht im übergeordneten Rahmen des Forschungsprojekts „EQM – Energie- und Qualitätsmanagement für nachhaltige Gebäude - Innovative Prozesssteuerung im Feldtest“ (Az.: 31099-25) erstellt worden. Dieses Projekt wurde mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, gefördert und durch proKlima - Der enercity-Fonds, Hannover unterstützt.

3 Projektwerkzeuge und -methodik

Bei der Bearbeitung der Gebäude der Stadt Weil am Rhein wurde der Prüfstand für Gebäudeperformance der synavision GmbH eingesetzt. Es kamen sowohl webbasierte Checklisten als auch ein Betriebsmonitoring zum Einsatz.

3.1 Checklisten mit dem task manager

3.1.1 Allgemeine Beschreibung des Werkzeugs

Im Rahmen des Forschungsprojektes „EQM – Energie- und Qualitätsmanagement für nachhaltige Gebäude“ wurden Checklisten zur Überwachung und Dokumentation von Gebäudequalitäten mit dem Software-Werkzeug task manager umgesetzt und evaluiert.

Die folgende Abbildung beschreibt das Zusammenwirken der Akteure im Qualitätssicherungsprozess, wie es das Projekt vorsieht. Die Methodik sieht einen Austausch von Qualitätsvorgaben und Qualitätsnachweisen über die Checklisten vor.

Zunächst werden die Qualitätsanforderungen vom Bauherrn oder Energiemanager festgelegt und in einer Checkliste zusammengestellt. Auch Fördergeber oder Ordnungsgeber können Qualitätsanforderungen auf diese Weise definieren. Der Qualitätssicherer übernimmt die zentrale Rolle im Prüfprozess am Gebäude bzw. in der Planung. Entweder prüft er selbst durch Sichtung von Unterlagen, eigene Begehung der Baustelle oder Analyse des im Betrieb befindlichen Gebäudes oder er gibt Prüfaufträge über ein Ticket an die verantwortlichen Errichter bzw. Fachingenieure weiter, siehe Abbildung 1.

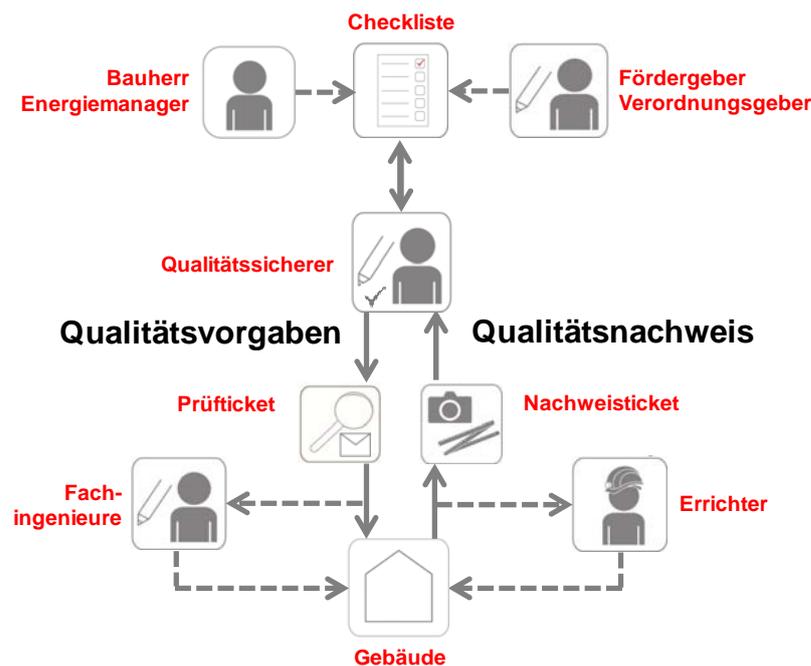


Abbildung 1 Prozess der Qualitätssicherung im Ticketsystem

Über das Ticket werden die vorhandenen Qualitäten mit geeigneten Nachweisdokumenten zentral dokumentiert. Der Qualitätssicherer überwacht die Qualitäten und veranlasst bei Nichteinhaltung der Anforderungen eine Behebung des Mangels.

3.1.2 Angewandte Checklistentypen

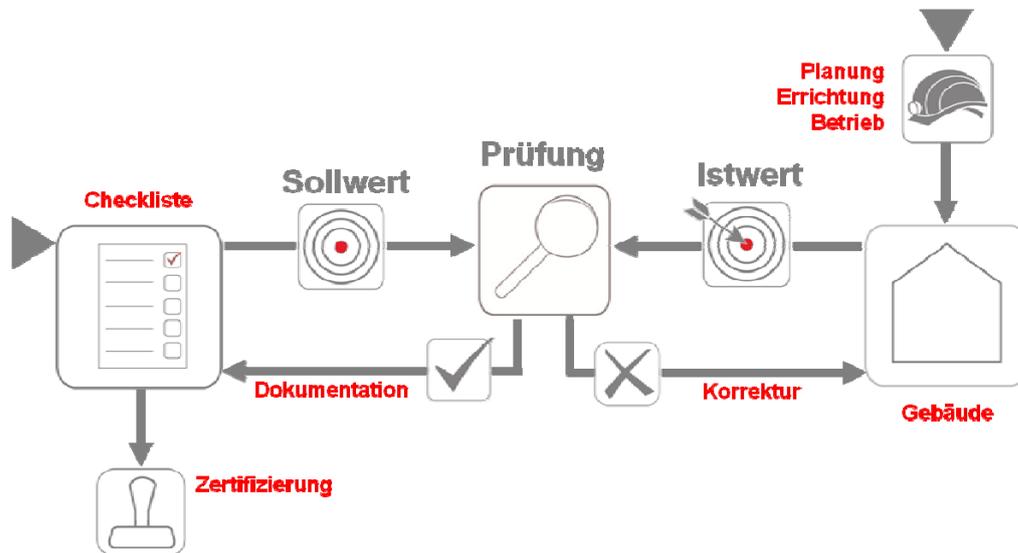


Abbildung 2 Prozess der Qualitätssicherung im Checklisten-Ticket

Ein Checklisten-Ticket beruht auf einer strukturierten Konformitätsprüfung der Qualitäten, die in einer frühen Planung als Sollwerte definiert worden sind, mit den Ist-Werten aus einer Planungsphase, aus der Errichtung oder des Betriebs des erstellten Gebäudes. In Form von Checklisten wird der Anwender durch entsprechende Prüf- und Dokumentationsprozesse geleitet.

Checklisten-Tickets werden angewendet für die Zertifizierung von Qualitäten wie etwa bei EnEV-Nachweisen, Förderprogrammen oder energetischen Inspektionen. In einem Ticket werden die Prozesse der Prüfung, Dokumentation, Zertifizierung und ggf. der Mängelbeseitigung kombiniert.

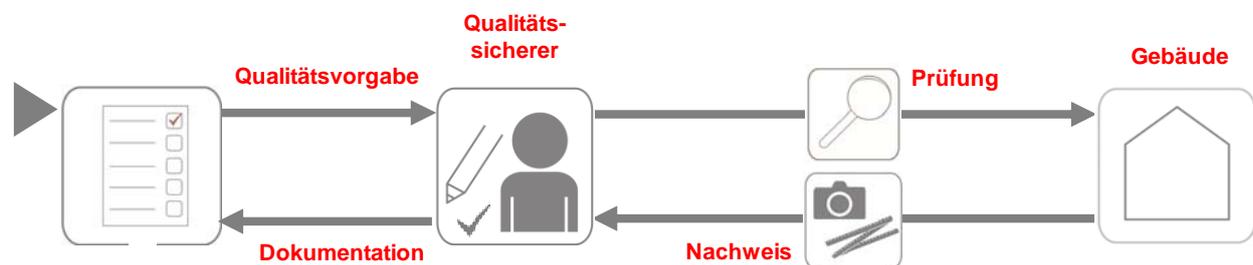


Abbildung 3 Prozess der Qualitätssicherung im Dokumentations-Ticket

Ein Dokumentations-Ticket umfasst den Prüfprozess des Qualitätssicherers von der allgemeinen Vorgabe von Qualitäten, der Prüfung und der Zusammenstellung der gemessenen Ist-Werte in einer Checkliste. Zu diesem Tickettyp zählt z.B. die Prüfung der Heizfunktion der Fußbodenflächen durch Thermografieaufnahmen, wie sie im Projekt im Neubau der Rheinschule und der Sporthalle Markgrafenschule angewendet worden sind.

3.1.3 Anwendung des Werkzeugs im Projekt

Für das Forschungsprojekt sind für die vier Gebäude folgende verschiedene Tickets verwendet worden:

Checklisten-Tickets:

- Bewertung eines Heizkreises hinsichtlich Betriebsregelung
- Durchführung und Bewertung einer Luftmengenmessung
- Ermittlung der Spezifischen Ventilatorleistung

Dokumentations-Tickets:

- Bewertung der Thermografieaufnahmen

Die Tickets beziehen sich alle auf die Betriebszeit der fertiggestellten Gebäude. Die Planungs- und Bauphase wurde im Qualitätssicherungsprozess nicht betrachtet.

3.2 Betriebsmonitoring mit dem Prüfstand für Gebäudeperformance

Nur mit einem effektiven Qualitätsmanagement kann gewährleistet werden, dass die planerischen Vorgaben auch zur Praxis werden und die Gebäudetechnik das leistet, was sie leisten kann. Genau an dieser Stelle setzt der Prüfstand für Gebäudeperformance der synavision GmbH an. Mit der Software können Anlagenfunktionen schon in der Planung präzise spezifizieren. Im Zuge der Inbetriebnahme wird dann geprüft, ob die Anlagen tatsächlich entsprechend der funktionalen Vorgaben funktionieren. Die Analysen unterstützen den Anlagenerrichter und liefern Fachplaner und Bauherr transparente Nachweise der erreichten Anlagenperformance. Damit entsteht erstmals ein effektiver Qualitätsregelkreis, der ein weitgehend automatisiertes, standardisiertes und wirtschaftliches Qualitätsmanagement für Anlagenfunktionen ermöglicht.

3.2.1 Allgemeine Beschreibung des Werkzeugs

3.2.1.1 Spezifikation von Funktionen in der Planung

Mit der Software können TGA- oder GA-Fachplaner Automationsfunktionen für einzelne Anlagen mit Hilfe von Betriebszuständen und Betriebsregeln in einer einfachen Baumstruktur spezifizieren. Die Spezifikation – eine sogenannte Aktive Funktionsbeschreibung - liegt anschließend in der Software vor, kann aber auch als Textdokument, z.B. für Ausschreibungen, genutzt werden. Wichtiger Baustein der aktiven Funktionsbeschreibung ist eine Liste sämtlicher spezifizierter Parameter. Für diese Datenpunkte sind später im Betrieb, Daten aus der Gebäudeautomation zu übergeben.

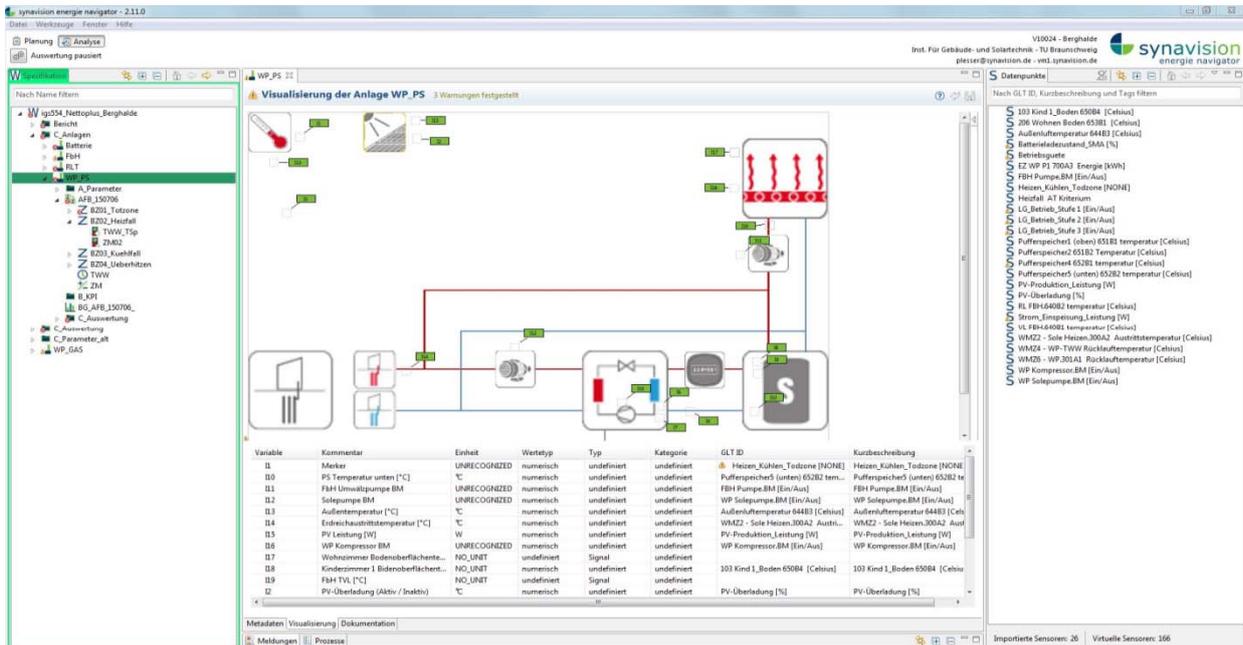


Abbildung 4 Analyse mit „Prüfstand für Gebäudeperformance“

3.2.1.2 Prüfung von Funktionen im Betrieb

Für die Überprüfung des Anlagenbetriebs werden Betriebsdaten aus der Automationsanlage exportiert und in die Software importiert. Dort werden sie den spezifizierten Parametern zugewiesen. Nun kann die Software die Einhaltung der spezifizierten Betriebsregeln für jeden Zeitpunkt der Betriebsphase, für die Daten importiert wurden, automatisch überprüfen. Als Ergebnis erhält der Anwender eine Auswertung, die in ihrer Struktur der Spezifikation gleicht. So sieht er zunächst in aggregierter Form, wie oft die Anlage innerhalb eines Prüfzeitraums entsprechend dem gesamten spezifizierten Zustandsraum mit all seinen Betriebsregeln betrieben wurde. Bei Auffälligkeiten kann der Anwender gezielt einen einzelnen Betriebszustand und einzelne Betriebsregeln prüfen, um anschließend für einzelne, als kritisch identifizierte Funktionen eine detaillierte technische Analyse durchzuführen.

3.2.1.3 Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis

Der Prüfstand ermöglicht ein effektives Qualitätsmanagement für die Gebäudeperformance. Durch den geschlossenen Qualitätsregelkreis aus eindeutiger Spezifikation und klar definierter Prüfmethode kann die Performance von Anlagen als geschuldete Leistung definiert werden. Damit bieten sich verschiedene Anwendungsmöglichkeiten:

- Fachplaner für technische Gebäudeausrüstung oder Gebäudeautomation können Funktionsbeschreibungen erstellen oder ergänzen.
- Auf Basis der aktiven Funktionsbeschreibung können sie erweiterte Funktionsprüfungen nach HOAI LPH8 als besondere Leistungen der Objektüberwachung anbieten.
- Automationserrichter können digitale Pflichtenhefte für ihre Leistungen und einen standardisierten Leistungsnachweis für die Abnahme erstellen.

- Alle genannten Akteure können die Software auch für eine unabhängige Prüfung der Gebäudeperformance einsetzen, z. B. im Rahmen von Probetrieben, zur Bestandsanalyse oder als Monitoring-Werkzeug.

Die eindeutige Prüfmethodik ermöglicht auch die Definition und Prüfung von technischen Service-Leveln für das Betreiben von Gebäuden, sodass alle Leistungen, die die Gebäudeperformance beeinflussen - Fachplanung, Errichtung, Betreiben – kontinuierlich und automatisiert überwacht werden können.

3.2.2 Anwendung des Werkzeugs im Projekt

Der „Prüfstand für Gebäudeperformance“ wurde bei der Auswertung der Daten aus der Gebäudeautomation der Feuerwache mit Betriebshof verwendet. Es wurden Linien-, Punkt- und Flächendiagramme verwendet, um Parameter zur Anlagenregelung bewerten zu können.

Die Anwendung der „Aktiven Funktionsbeschreibungen“ konnte aufgrund der unzureichenden Datengrundlage nicht umgesetzt werden.

4 Qualitätsprüfungen Feuerwache/Betriebshof

Für die Feuerwache mit Betriebshof wurden die folgenden Punkte im Rahmen der Qualitätsprüfung untersucht:

Tabelle 5 Qualitätsprüfungen zum Gebäude

Nr.	Prüfung	Methode/Werkzeug	Anlage
1	Thermografieuntersuchung	Mobile Messtechnik Prüfstand für Gebäudeperformance (task manager)	Fußbodenheizung
2	Temporäre Messung der Systemtemperaturen	Mobile Messtechnik Prüfstand für Gebäudeperformance (Monitoring)	Geothermieanlage
3	Temporäre Messung der Systemtemperaturen	Mobile Messtechnik Prüfstand für Gebäudeperformance (task manager)	Solarthermieanlage
4	Temporäre Messung der Systemtemperaturen	Mobile Messtechnik Prüfstand für Gebäudeperformance (Monitoring)	Heizkreisverteilung

4.1 Gebäudebeschreibung

Der Neubau der städtischen Feuerwache mit dem Betriebshof ist im Jahr 2010 in Betrieb genommen worden. Das Gebäude erfüllt einen EnEV-30 % -Standard



Abbildung 5 West-Ansicht Feuerwache



Abbildung 6 West-Ansicht Betriebshof

Die Wärmeversorgung der Feuerwache und dem Betriebshof erfolgt über eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe (150 kW). Vom Entnahmehrunnen im südlichen Grundstücksbereich wird das Grundwasser in zwei solare Kombispeicher in die Technikzentrale gefördert. Der Schluckbrunnen befindet sich westlich des Gebäudes.

Tabelle 6 Allgemeine Gebäudeparameter

Feuerwache und Betriebshof Weil am Rhein	
Baujahr	2010
Nutzung	Städtische Feuerwache und angegliederter Betriebshof
Wärmebereitstellung	Wärmepumpe, Brunnen, PV, Solarthermie
Standard/Ziel	EnEV-30% / CO ₂ Neutralität
NGF	1.809 m ²

Zur Unterstützung der Wärmepumpe und der Brauchwasservorerwärmung ist ein 60 m² großer Solarabsorber vorgesehen; der in die Solarspeicher einspeist. Zudem ist auf dem Sheddach eine 94,6 kWp große Photovoltaikanlage installiert.

Die Heizwärmeübertragung erfolgt über eine Flächenheizung (Fußbodenheizung) im Bereich der Feuerwache und über Deckenstrahlplatten vorwiegend im Bereich des Betriebshofes. Für den Sommerfall ist in den Büro- und Seminarräumen eine passive Kühlung über das Grundwasser möglich.

Die Versorgung der Duschen des Betriebshofes erfolgt über einen Warmwasserspeicher mit Trinkwasserstation, der an die Wärmepumpe angeschlossen ist und zusätzlich über einen Elektro-Heizstab verfügt. Die Duschen der Feuerwache werden über einen separaten Warmwasserspeicher mit Elektroheizpatrone versorgt. Für die Reinigung der Betriebsfahrzeuge im Fuhrparkgebäude ist eine Brauchwassererwärmung über eine gesonderte Flachkollektoranlage mit Solarspeicher vorgesehen.

Die Bereiche Umkleiden/Duschen sind mit einer mechanischen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ausgestattet.

4.2 Thermografie

Ziel der Untersuchung war die Prüfung einer gleichmäßigen Erwärmung des Fußbodens, um Strömungsblockaden zu identifizieren, sowie des richtigen Temperaturniveaus.

4.2.1 Dokumentation der Prüfung

Die Thermografieuntersuchung ist am 15.10.15 um 14 Uhr bei Außentemperaturen von 6,3°C (DWD) in den Bereichen der Feuerwache und des Betriebshofes durchgeführt worden.

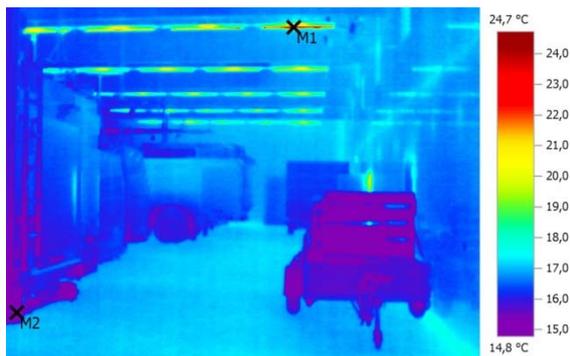


Abbildung 7 Thermografie F E01 Fahrzeughalle

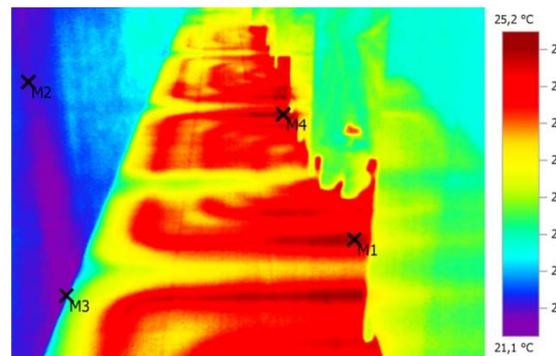


Abbildung 8 Thermografie F E03 Umkleide Herren

Im Anhang ist die gesamte Untersuchung mit den Thermografieaufnahmen und den realen Bildern sowie einer kurzen Bewertung dokumentiert.

4.2.2 Analyse und Bewertung

Tabelle 7 Bewertung der Thermografieaufnahmen

Gebäude/ Raum	Fußbodenheizung		Deckenstrahlplatten	
	Betrieb	Temperatur	Betrieb	Temperatur
F E01 Fahrzeughalle	Nein	15°C bis 18°C	-	-
F E03 Umkleide Herren	Ja	25°C	-	-
F E04 Wasch Herren	Ja	25°C bis 26°C	-	-
F E03 Umkleide Herren	Ja	23°C bis 26°C	-	-
F E16 Flur	Ja	22°C	-	-
F O09 Flur/Treppe	Ja	22°C bis 24°C	-	-
F O14 Einsatzzentrale	Ja	22°C bis 24°C	-	-
F O15 Besprechung	Ja	23°C bis 25°C	-	-
F O32 Flur	Ja	21°C bis 22°C	-	-
F E31 Umkleide Herren	Ja	25°C	-	-

B E29 Teeküche	Ja	22°C bis 24°C	-	-
B E40 Zentrallager	-	-	Nein	19°C bis 20°C
B E44 Fuhrpark Werkstatt	-	-	Nein	16°C bis 19°C

Abbildung 7 zeigt, dass die Fußbodenheizung im Bereich der Fahrzeughalle noch außer Betrieb ist. In allen Aufenthaltsbereich dagegen sind Oberflächentemperaturen von 22 bis 26°C gemessen worden. Die Fußbodenheizung ist dort schon in Betrieb.

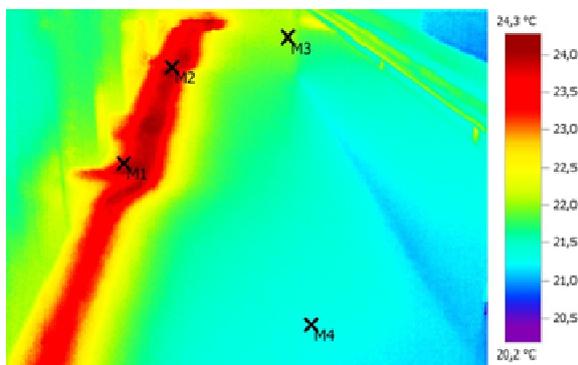


Abbildung 9 Thermografie F E01 Fahrzeughalle

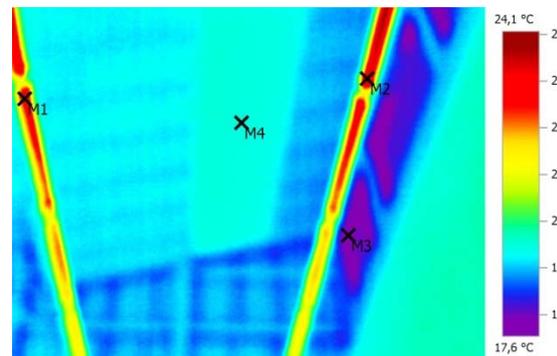


Abbildung 10 Thermografie B E44 Fuhrpark Werkstatt

Die Oberflächentemperaturen der Flurbereiche in der Feuerwache und dem Betriebshof liegen bei 21 bis 22°C, die Fußbodenheizung ist dort vermutlich nicht in Betrieb (s. Abbildung 9).

Die Oberflächentemperatur der Deckenstrahlplatten im Fuhrpark entsprechen mit ca. 19°C vermutlich der Innenraumtemperatur im Deckenbereich (s. Abbildung 10).

Da die Außentemperatur bei 6,3 °C liegt und die Heizphase gerade begonnen hat, sind hier keine Auffälligkeiten im Betrieb der Fußbodenheizung und der Deckenstrahlplatten zu sehen.

4.3 Temporäre Messung von Systemtemperaturen

Temporäre Messungen sollen Aufschluss geben über das Betriebsverhalten technischer Anlagen. Dies ist insbesondere für komplexe Anlagen von Bedeutung. In der Feuerwache bzw. Betriebshof sind ab dem 10.12.14 bis zum Frühjahr bzw. Sommer folgende Systemtemperaturen gemessen worden:

- Vorlauftemperatur Entnahmebrunnen, Rücklauftemperatur Schluckbrunnen
- Vorlauf- und Rücklauftemperatur Solarabsorberanlage
- Vorlauf- und Rücklauftemperatur Wärmetauscher Sekundär
- Vorlauf- und Rücklauftemperatur Heizkreis 4 Fuhrparkwerkstätten
- Vorlauf- und Rücklauftemperatur Heizkreis 5 Betriebshof

Abbildung 11 beschreibt das Schema für die Heizung und die Trink- bzw. Brauchwassererwärmung. Die rot markierten Punkte verorten die beschriebenen Messpunkte.

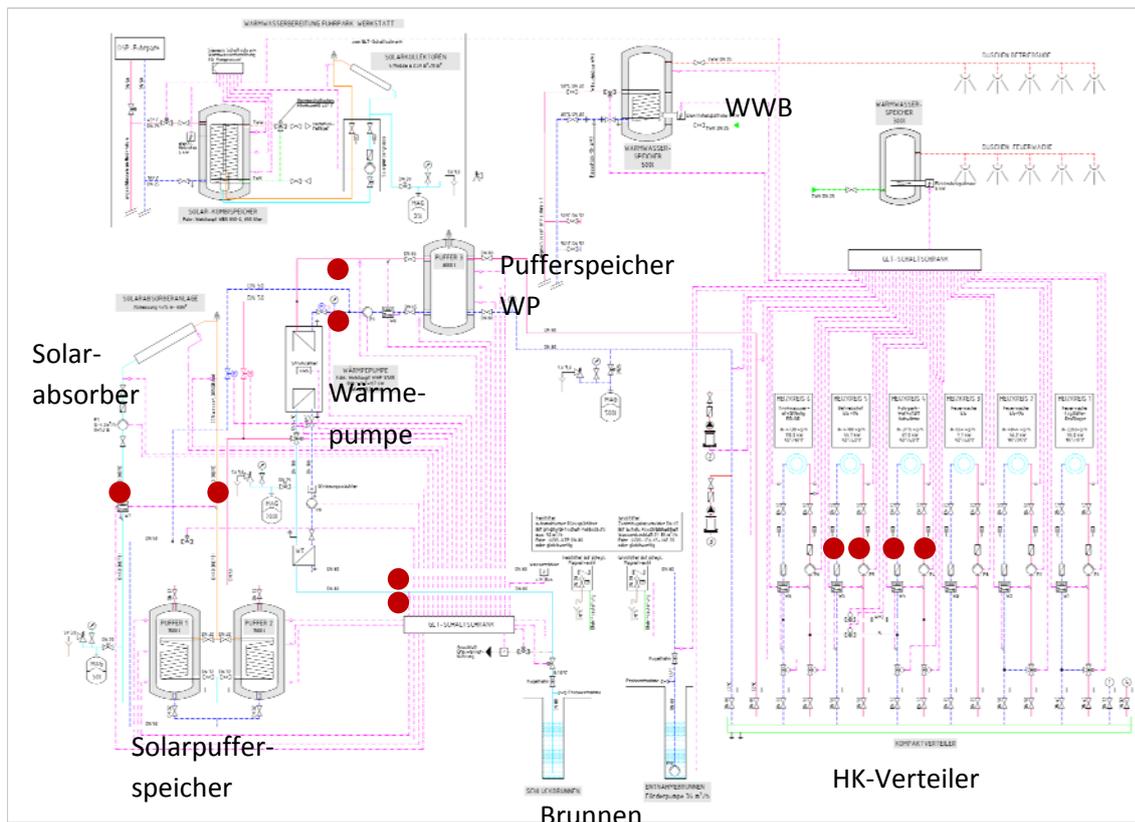


Abbildung 11 Schema Heizung und Brauchwassererwärmung

4.3.1 Brunnen



Abbildung 12 VL Entnahmebrunnen RL Schluckbrunnen

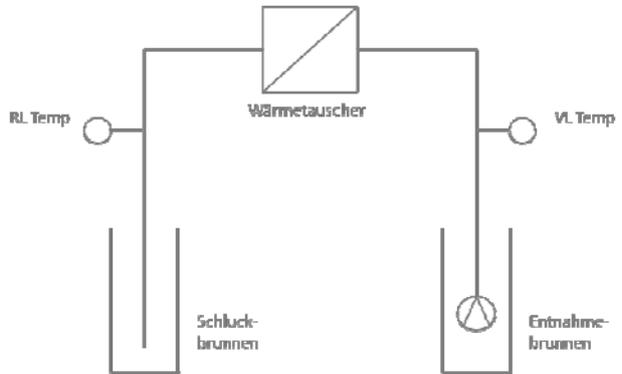


Abbildung 13 Schema Messung Systemtemperaturen Brunnen

4.3.1.1 Vorgaben der Funktionsbeschreibung

Steuerung Pumpe P9

Die Pumpe P9 wird über eine Differenztemperatur zwischen dem Pufferspeicher oben und der Sollwertanforderung der Verbraucher (Heizkreis 1-6 als max-Auswahl) gesteuert. Unterschreitet die Puffertemperatur oben den Sollwert der Verbraucher um 5 Kelvin (einstellbar) wird die Pumpe eingeschaltet.

Die Pumpe wird bei überschreiten der Puffertemperatur unten von 45 °C ausgeschaltet.

Die Not-Handsteuerung der Pumpe P9 erfolgt am Modul im Schaltschrank und wird auf die DDC gemeldet.

Zu beachten: Bei Not-Handbedienung über das Modul ist der Bediener selbst verantwortlich für die korrekte Steuerung der Anlagenelemente.

Steuerung Entnahmepumpe P10

Die Anforderung der Pumpe P11 erfolgt nach dem Betrieb der Pumpe P8 und nach Umschalten auf den Entnahmebrunnen.

Die Not-Handsteuerung der Pumpe P11 erfolgt am Modul im Schaltschrank und wird auf die DDC gemeldet.

Zu beachten: Bei Not-Handbedienung über das Modul ist der Bediener selbst verantwortlich für die korrekte Steuerung der Anlagenelemente.

Abbildung 14 Funktionsbeschreibung für die Pumpen P9 und P10¹

¹ Quelle: Funktionsbeschreibung MSR/GLT, Stand 03.06.09; ist EnergiePlan GmbH

4.3.1.2 Analyse und Bewertung

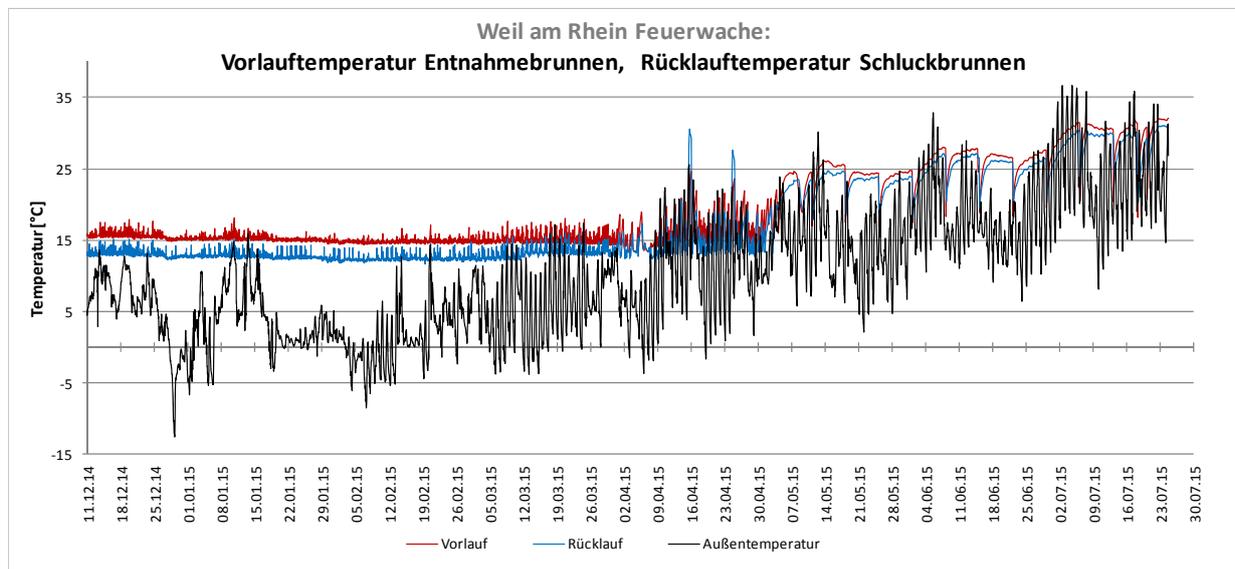


Abbildung 15 Liniendiagramm VL RL Brunnen

Der Verlauf der Brunnentemperaturen lässt erkennen, dass der Brunnen von Dezember bis April als Wärmequelle für die Wärmepumpe genutzt wird. Die Vorlauftemperatur der Quelle von konstant 15 °C ermöglicht einen effizienten Wärmepumpenbetrieb.

Ab dem 03.04.15 wird kein Brunnenwasser mehr über die Pumpe gefördert, die gemessenen Brunnentemperaturen gleichen sich der Raumtemperatur des Technikraumes an. Ab dem 01.05.15 wird die Pumpe im wöchentlichen Intervall zudem kurzzeitig angeschaltet, vermutlich um ein Festsetzen der Pumpe zu verhindern. Im Diagramm sind diese Zeiten durch schnell abfallende Systemtemperaturen zu erkennen.

Im Abschlussbericht „Bau einer klimaneutralen Feuerwehrrwache mit integriertem Betriebshof“ der Stadt Weil am Rhein ist konzeptionell eine passive Kühlung beschrieben. Aus den Monitoringdaten ist ein Kühlbetrieb über die Brunnensonden im Messzeitraum nicht zu erkennen.

4.3.2 Solarabsorberanlage



Abbildung 16 VL RL
Solarabsorberanlage

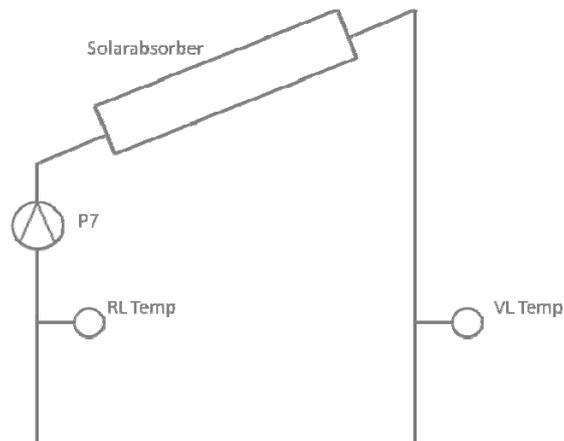


Abbildung 17 Schema Messung Systemtemperaturen
Solarabsorberanlage

4.3.2.1 Vorgaben der Funktionsbeschreibung

Steuerung Pumpe P7

Die Pumpe P7 wird über eine Differenztemperatur zwischen der Kollektortemperatur oben und der Puffertemperatur unten (minwert Auswahl) gesteuert. Die Differenz wird auf 10 Kelvin eingestellt. Liegt keine positive Differenztemperatur vor, wird die Pumpe am Tag (6:00 bis 20:00 Uhr einstellbar) alle 30 Minuten für 5 Minuten eingeschaltet (bessere Temperaturerfassung Kollektortemperatur oben).

Über den Handschalter am Modul kann die Pumpe ein bzw. ausgeschaltet werden. Die Handstellung wird vom System angezeigt.

Witz speicherbar + Pumpe (steuer) ✓

Abbildung 18 Funktionsbeschreibung für die Pumpe P72

4.3.2.2 Datenanalyse

Die Vorlauftemperaturen des Solarabsorbers steigen im Winter auf Maximalwerte von etwa 18°C. Die Vorlauftemperaturen liegen ca. 3 bis 5 Kelvin über der Außentemperatur. Die Vorlauftemperaturen des Solarabsorbers liegen damit selten über der konstanten Temperatur des Brunnenvorlaufs von 16 °C. Der Betrieb des Solarabsorbers kann damit nur wenig zur Erwärmung der solaren Pufferspeicher beitragen. Die Einbindung des Solarabsorbers an im Winter ist zu hinterfragen.

² Quelle: Funktionsbeschreibung MSR/GLT, Stand 03.06.09; ist EnergiePlan GmbH

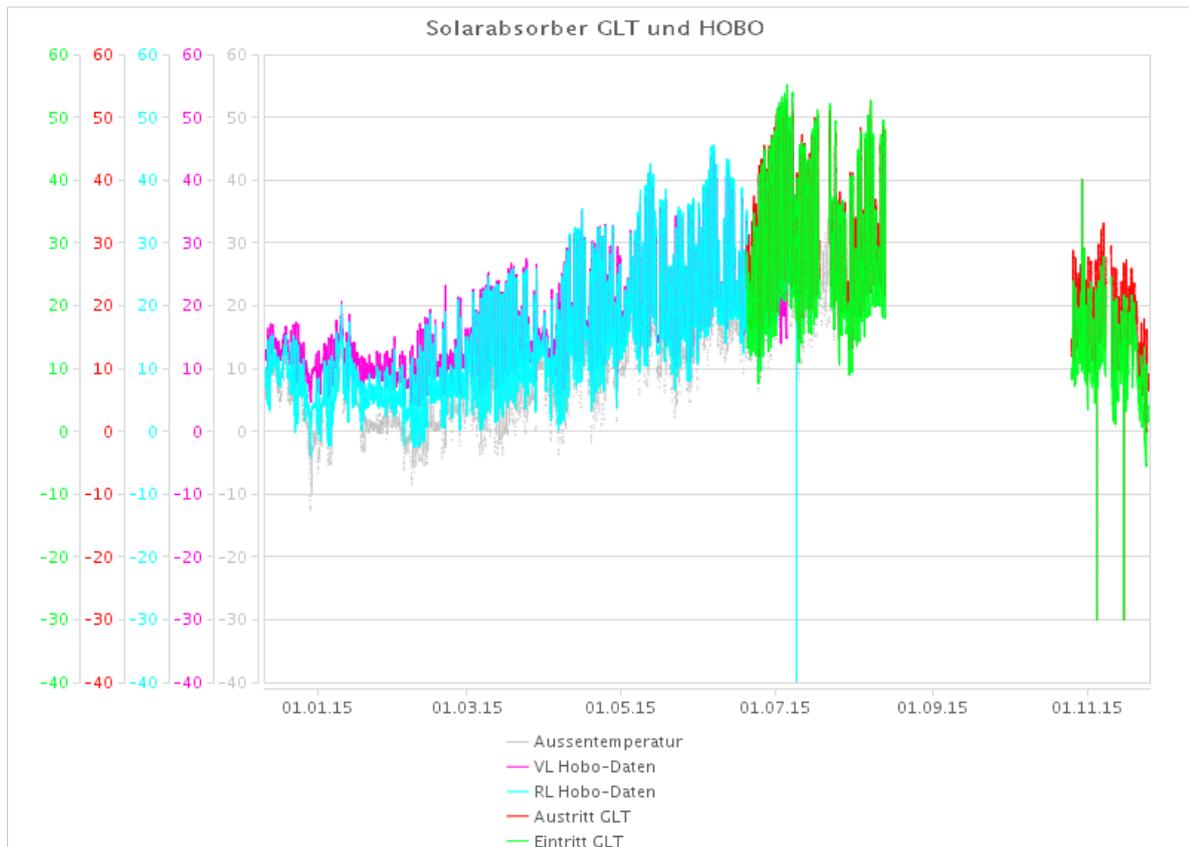


Abbildung 19 Liniendiagramm VL RL Solarabsorber

Im Sommer erreicht die Vorlauftemperatur maximal 55°C. Der eng an die Außentemperatur gekoppelte Jahresverlauf des Absorber-Vorlaufs ist typisch für das technisch einfache System.

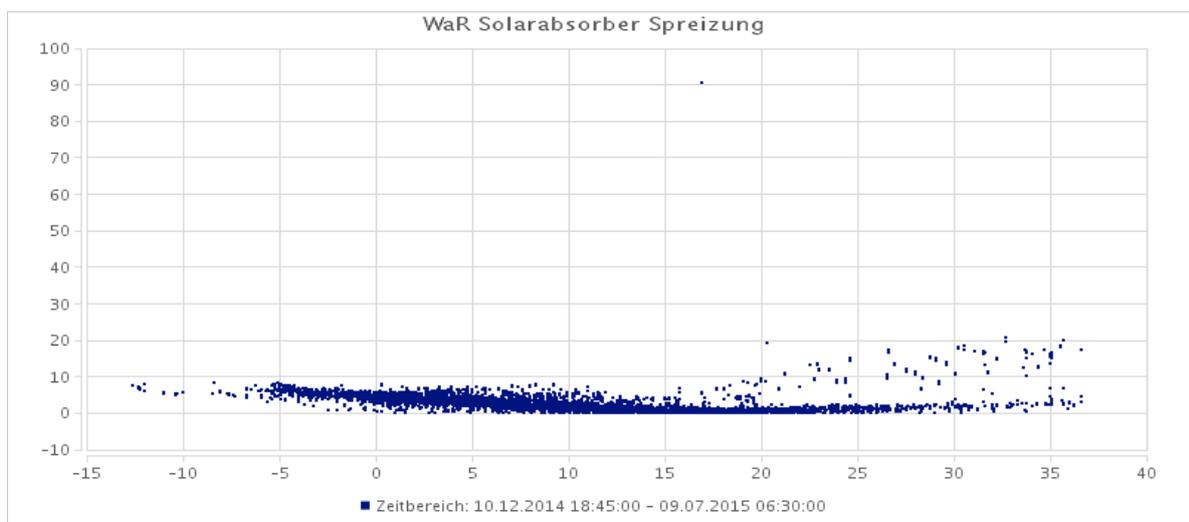


Abbildung 20 Punktdiagramm Spreizung VL RL Solarabsorber

Trägt man die Spreizung von Vor-und Rücklauftemperatur über die Außentemperatur auf, ergibt sich bei kalten Außentemperaturen eine Temperaturspreizung von weniger als 7 Kelvin. Mit steigenden Außentemperaturen nimmt die Spreizung bis gegen 0 Kelvin ab. Nur zu einzelnen Zeitpunkten bei

Außentemperaturen über 20°C werden höhere Spreizungen von bis zu 20 Kelvin erreicht. Es ist zu vermuten, dass zu diesem Zeitpunkt eine höhere Wärmeabnahme durch den Speicher erfolgt.

In der Funktionsbeschreibung ist der Pumpenbetrieb erst ab einer Differenz von 10 Kelvin von Solarabsorber und solaren Pufferspeichern vorgesehen. Im Betrieb lag eine solche Temperaturdifferenz jedoch nur sehr selten und nur oberhalb einer Außenlufttemperatur von mehr als 20°C vor.

4.3.3 Sekundärkreislauf Wärmepumpe

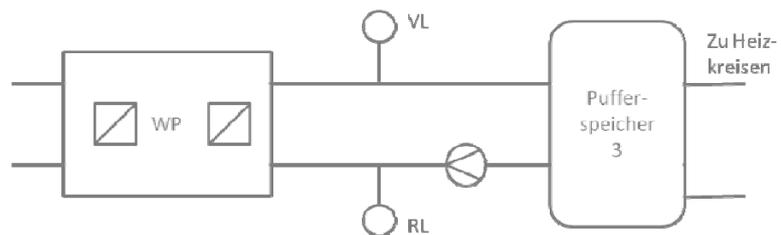


Abbildung 21 VL RL
Sekundärkreislauf Wärmepumpe

Abbildung 22 Schema Sekundärkreislauf Wärmepumpe

4.3.3.1 Vorgaben der Funktionsbeschreibung

Steuerung Pumpe P9

Die Pumpe P9 wird über eine Differenztemperatur zwischen dem Pufferspeicher oben und der Sollwertanforderung der Verbraucher (Heizkreis 1-6 als max-Auswahl) gesteuert. Unterschreitet die Puffertemperatur oben den Sollwert der Verbraucher um 5 Kelvin (einstellbar) wird die Pumpe eingeschaltet.

Die Pumpe wird bei überschreiten der Puffertemperatur unten von 45 °C ausgeschaltet.

Die Not-Handsteuerung der Pumpe P9 erfolgt am Modul im Schaltschrank und wird auf die DDC gemeldet.

Zu beachten: Bei Not-Handbedienung über das Modul ist der Bediener selbst verantwortlich für die korrekte Steuerung der Anlagenelemente.

Abbildung 23 Funktionsbeschreibung für die Pumpe P7³

³ Quelle: Funktionsbeschreibung MSR/GLT, Stand 03.06.09; ist EnergiePlan GmbH

4.3.3.2 Datenanalyse

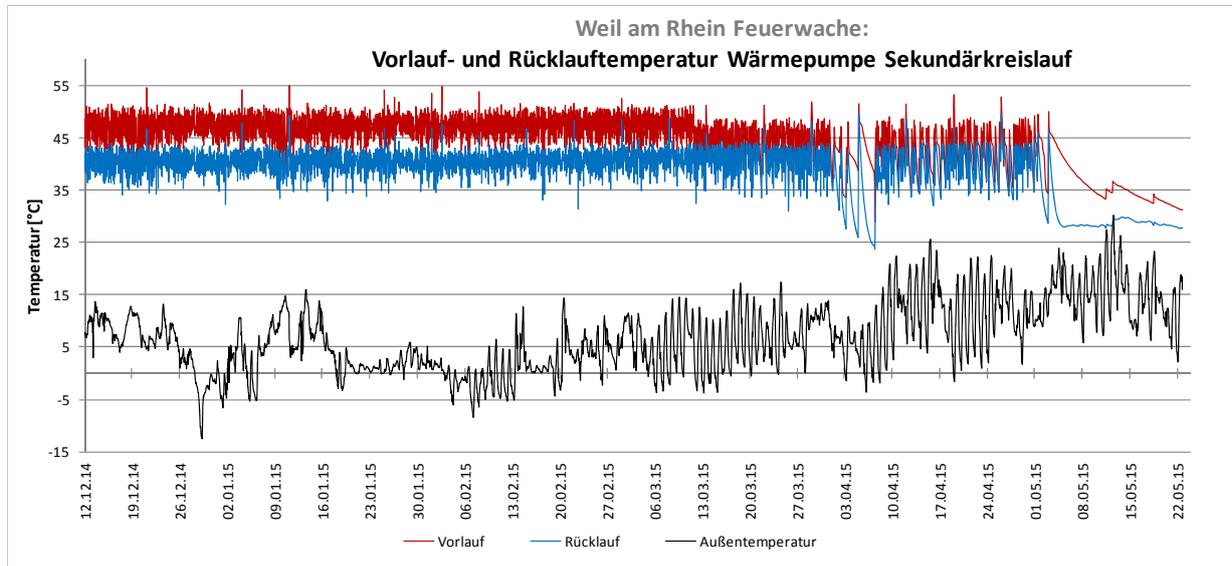


Abbildung 24 Liniendiagramm VL RL Sekundärkreislauf Wärmepumpe

Die Vorlauftemperaturen im Sekundärkreislauf der Wärmepumpe liegen bis zum 10.03.15 regelmäßig zwischen 40°C bis 50°C. Zum Ende der Heizperiode sinken sie auf 43°C bis 47°C leicht ab. Anfang April geht die Wärmepumpe für wenige Tage außer Betrieb und ab dem 01.05.15 wird der Heizbetrieb komplett eingestellt.

Da die Wärmepumpe aufgrund fehlender Invertertechnik nicht modulierend geregelt werden kann, fährt sie in der Regel für eine halbe Stunde im Vollastbetrieb bis sie die Solltemperatur von 50°C erreicht hat. Nach dem Abschalten kühlen sich die Vorlauftemperaturen im Sekundärkreislauf der Wärmepumpe über eine halbe Stunde wieder auf etwa 40°C ab und der Vorgang wiederholt sich. Wenn die Heizkreise Wärme anfordern, wird der Pufferspeicher wieder geladen.

In der folgenden Abbildung ist der Verlauf der Vor- und Rücklaftemperaturen einer Februarwoche dargestellt. Pro Tag sind im Heizkreis ca. 13 Schaltzyklen zu erkennen. Die Anzahl der Starts liegt im unkritischen Rahmen.

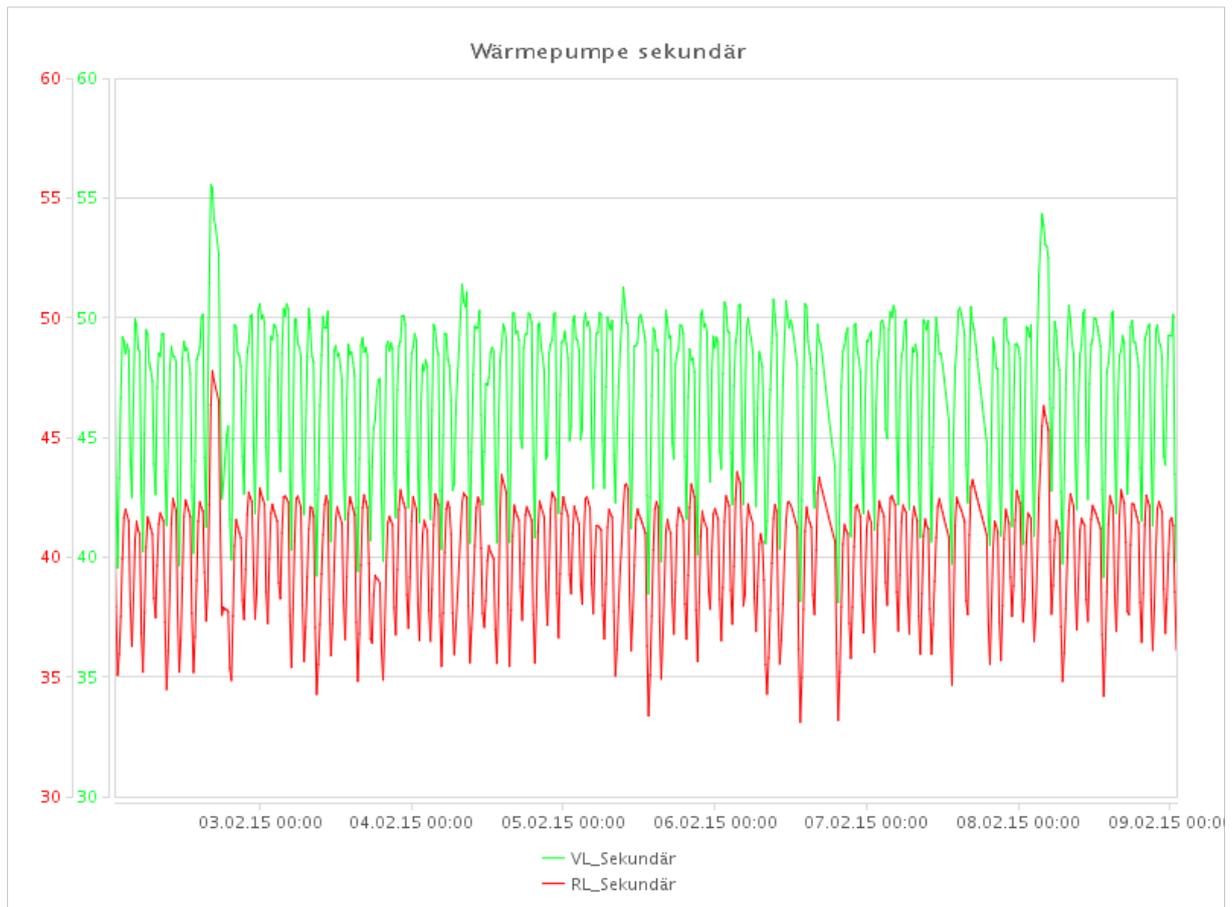


Abbildung 25 Liniendiagramm Sekundärkreislauf Wärmepumpe

4.3.4 HK4 Fuhrparkwerkstätten



Abbildung 26 VL RL HK4 und HK5

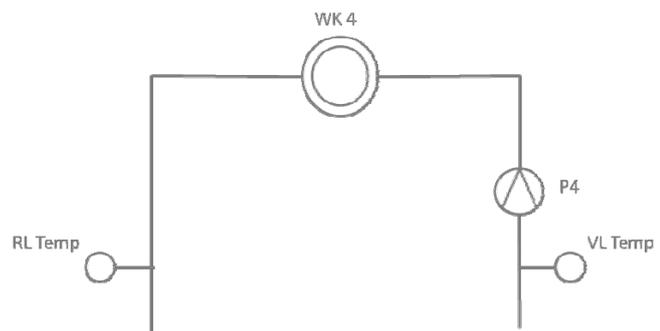


Abbildung 27 Schema Messung Systemtemperaturen HK4

4.3.4.1 Vorgaben der Funktionsbeschreibung

Heizung HK4 Fuhrpark-Werkstatt Nahwärme

Manuelle Betriebsart:

Folgende Betriebszustände sind wählbar: Automatik
(Automatik = Freigabe Winterbetrieb über gefilterte Aussentemperatur, Zeitprogramm oder die Anforderung der Raumzonen aktiv)

Comfort Hand (Tagbetrieb immer ein)

Economy Hand (Nachtbetrieb immer ein)

Schutzbetrieb (Nachtbetrieb bzw. Frostüberwachung ein)

Wochenprogramm

Folgende Grundeinstellung wurde programmiert: (kein Programm, da Anforderung von den Raumzonen). Die Anforderung Heizung von den Raumzonen wird im GLT-Bild signalisiert. Welche Raumzonen den Heizkreis anfordern ist in der Raumliste beschrieben.

Comfort	ZEIT	Freigabe

Folgende Betriebszustände sind wählbar: Comfort (Tagbetrieb)

Economy (Nachtbetrieb)

Schutzbetrieb (Nachtbetrieb Frostüberwachung)

Ausnahmeprogramm

Kalender 1 kann programmiert werden

Kalender 2 kann programmiert werden

Kalender 3 kann programmiert werden

Heizfreigabe - Algorithmus

Bei einer Außentemperatur von $<16^{\circ}\text{C}$ wird die Winterumschaltung ein- und bei einer Außentemperatur von $>16^{\circ}\text{C}$ wieder ausgeschaltet. Der Wert der Aussentemperatur wird gefiltert. Folgende Werte können eingestellt und verändert werden:

- Beginn Heizperiode :
- Ende Heizperiode :
- Freigabe Filter : ja (Aussentemperatur)
- Heizgrenze Comfort : 15°C
- Heizgrenze Economy : 5°C
- Zeitkonstante Gebäude : 50 h
- Zeitkonstante Aussenwand : 10 h
- Fensteranteil : 50 %

Sollwerte (Raummodell)

Raumsollwert Comfort : 21 °C (Verschiebung Heizkurve Comfort)
Raumsollwert Economy : 15 °C (Verschiebung Heizkurve Economy)

Umwälzpumpe P4

Die Umwälzpumpe wird bei Comfortbetrieb oder im Economybetrieb eingeschaltet.

Im Schutzbetrieb wird die Pumpe zeitverzögert ausgeschaltet.

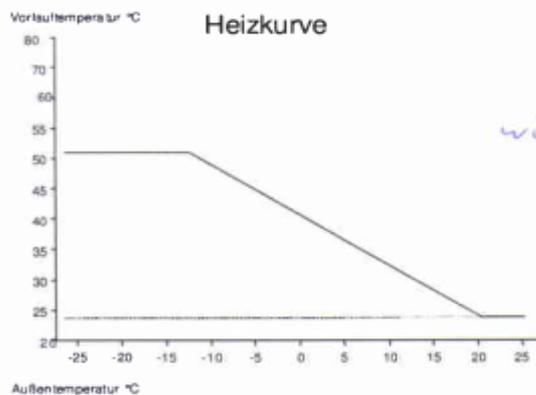
Die Pumpe wird zyklisch einmal pro Woche bei nicht freigegebener Anlage kurzzeitig eingeschaltet, um einen längeren Stillstand und damit das Festsitzen der Pumpe zu verhindern.

Über den Handschalter am Modul kann die Pumpe ein bzw. ausgeschaltet werden. Die Handstellung wird vom System angezeigt.

Errechnen des Vorlaufsollwertes

Der Sollwert für die Vorlauftemperatur wird in Abhängigkeit der Außentemperatur über eine einstellbare Kurve von der DDC berechnet (siehe Heizkurve). Die erforderlichen Werte Außentemperatur und Vorlauftemperatur zur Berechnung der Heizkurve lassen sich über das Bedienprogramm einstellen. Der errechnete Vorlauftemperatursollwert wird an die Energieerzeugung weitergeführt.

Die Umschaltung zwischen Comfort, Economy und Schutzbetrieb erfolgt über die Betriebsart. Im Schutzbetrieb oder bei überschreiten der Außentemperatur von (Heizfreigabe) wird die Umwälzpumpe abgeschaltet.



Alle Werte einstellbar.

Sollwerte

Vorlaufsollwert bei einer Aussentemperatur von 15 °C gleich 25 °C
Vorlaufsollwert bei einer Aussentemperatur von -10 °C gleich 50 °C

Wärmemengenzähler

Die Wärmeverbrauch wird von einem Wärmemengenzähler erfasst (Modbus auf eigene AS02).

Abbildung 28 Funktionsbeschreibung für Heizkreis 4⁴

⁴ Quelle: Funktionsbeschreibung MSR/GLT, Stand 03.06.09; ist EnergiePlan GmbH

4.3.4.2 Datenanalyse

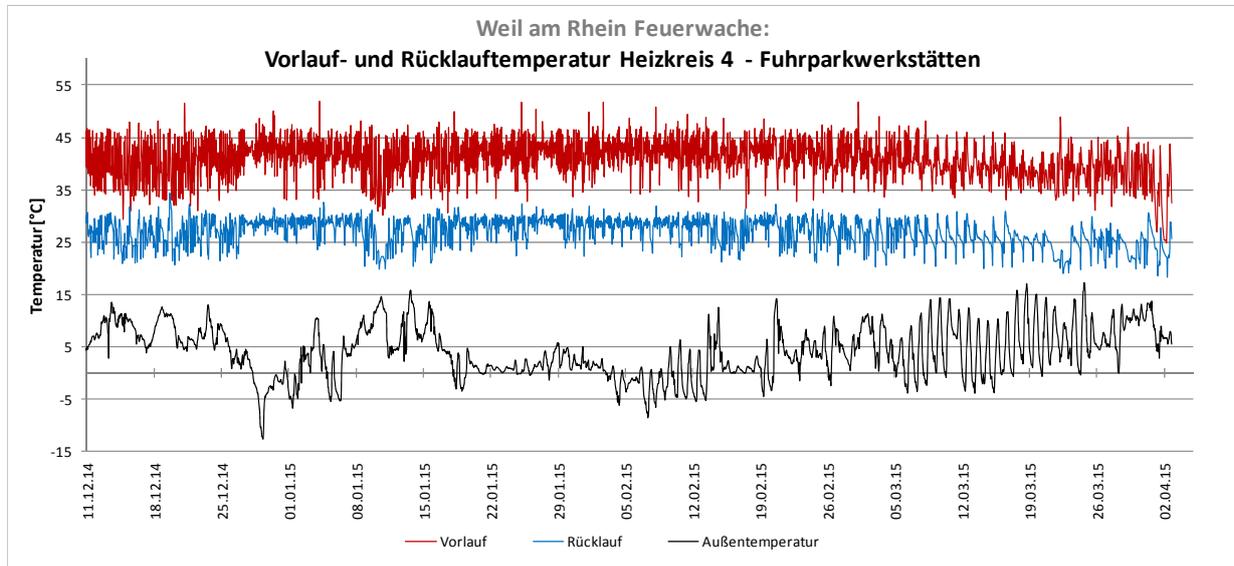


Abbildung 29 Liniendiagramm VL RL Heizkreis 4

Die Vorlauftemperaturen schwanken in der gemessenen Heizperiode regelmäßig zwischen 35 und 40°C im unteren Bereich bis etwa 45°C maximal an. Zum Ende der Heizperiode ist ein leichtes Absinken der Vorlauftemperaturen zu beobachten.

In der folgenden Abbildung ist der Verlauf der Vor- und Rücklauftemperaturen einer Februarwoche dargestellt.

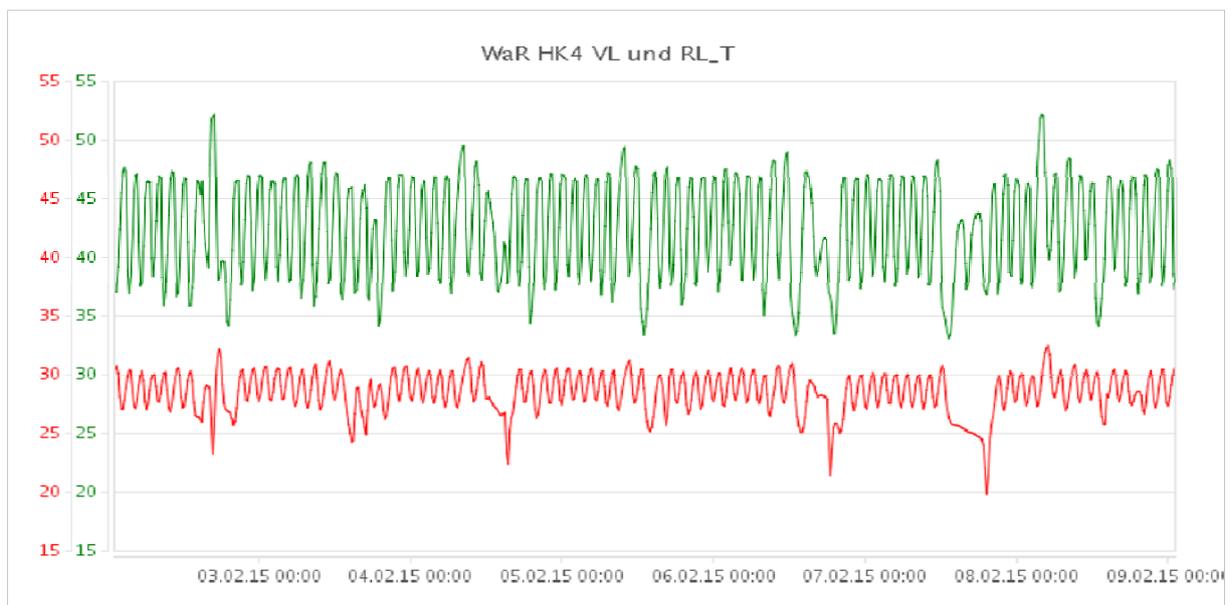


Abbildung 30 Liniendiagramm VL RL Heizkreis 4 Februarwoche

Die Vorlauftemperatur schwankt innerhalb eines Tages mehrmals um ca. 10 K. Das Schwanken der Systemtemperaturen im Sekundärkreis der Wärmepumpe setzt sich hier bis in die Heizkreise fort und beruht auf dem Ein- und Ausschaltbetrieb der Wärmepumpe. Immer wenn der Speicher eine minimale Temperatur von etwa 50°C unterschreitet, wird die Wärmepumpe in Betrieb genommen, um den Speicher zu laden. Die Heizkreise werden mit entsprechend höheren Systemtemperaturen versorgt. Da im Heizkreis 4 keine Beimischung möglich ist, mit der die Vorlauftemperatur geregelt werden kann, folgt die Temperatur dem Takt der Wärmepumpe.

Eine Umschaltung von Comfort- auf Economy-Betrieb ist möglicherweise in den leichten Cluster-Ausbildungen oberhalb und unterhalb der Soll-Kennlinie zu erkennen.

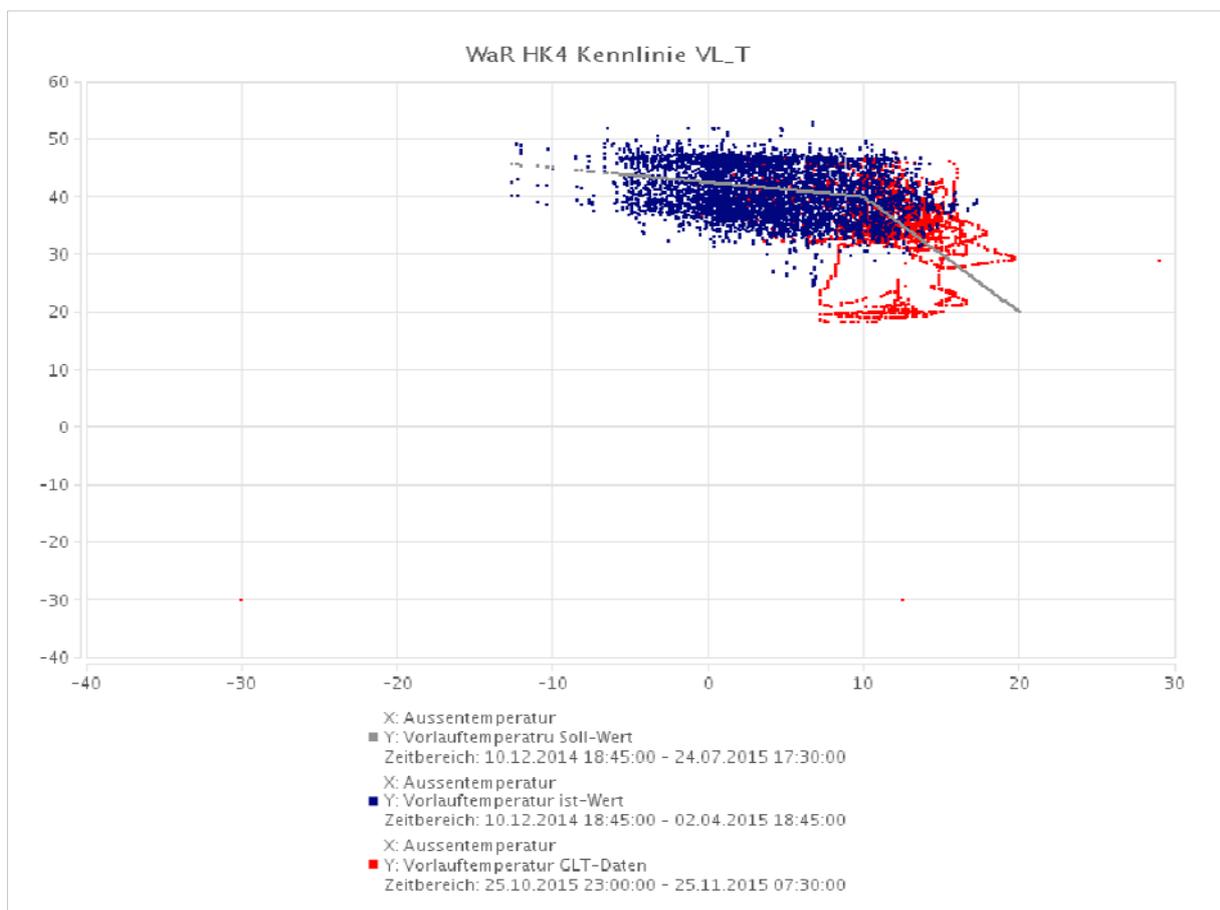


Abbildung 31 Punktdiagramm HK 4 Kennlinie VL, T

In diesem Diagramm sind die Datenpunkte der Gebäudeautomation aus dem Messzeitraum vom 25.10.15 bis 25.11.15 ergänzt worden. Diese Daten weisen auf eine Abschaltung (Heizgrenztemperatur) hin.

4.3.4.3 Checkliste im task manager

Im Folgenden wird die Checkliste für die Bewertung eines Heizkreises hinsichtlich der Betriebsregelung beschrieben. Die Checkliste gliedert sich in die Obergruppen

- Grundlagen
- Systemtemperaturen
- Betriebszeiten

#21
WaR_Anlagenregelung_Heizung2
weil-am-rhein







Titel: Erstellt von Elsa Büchner am 02.12.2015 16:07

Zugewiesen zu: Letzte Änderung von Lars Altendorf am 03.12.2015 14:27

Status:

Grundlagen

Name des Prüfers:

Bezeichnung des Gebäudes:

Systemtemperaturen

Informationen zu Prüfumfang: <http://iqs.synavision.de/war-anlagenregelung-heizung/#Systemtemperaturen>

Messzeitraum	Start: Tag	Start: Uhrzeit	Ende: Tag	Ende: Uhrzeit	
	10.12.2014	19:00	02.04.2015	18:00	+ -

Auswertung:

Dokumentation: 

Betriebszeiten

Informationen zu Prüfumfang: <http://iqs.synavision.de/war-anlagenregelung-heizung/#Betriebszeiten>

Betriebsweise	Soll-Wert	Ist-Wert	
	durchgehender Betrieb	durchgehender Betrieb	+ -

Abbildung 32 Ausschnitt task manager Heizkreisregelung

Unter folgendem Link ist die Checkliste „Betriebshof HK4 Fuhrparkwerkstätten“ einsehbar:

<https://apps.synavision.de/vm3/taskmanager/#ticketguest?8a688d83-b0bb-44e2-9813-49c34f2781e9>

4.3.5 HK5 Betriebshof



Abbildung 33 VL RL HK4 und HK5

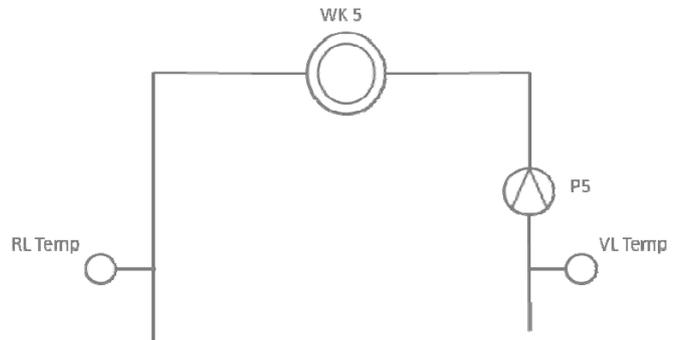


Abbildung 34 HK 5 Heizkurve DDC

4.3.5.1 Vorgaben der Funktionsbeschreibung

Die Vorgaben der Funktionsbeschreibung stimmen mit denen im Heizkreis 4 überein. Daher wird auf eine neuerliche Darstellung verzichtet.

Bei der Gebäudeaufnahme ist darüber hinaus die in der DDC angegebene Heizkurve dokumentiert worden. Diese unterscheidet sich wesentlich von der aus der Funktionsbeschreibung.

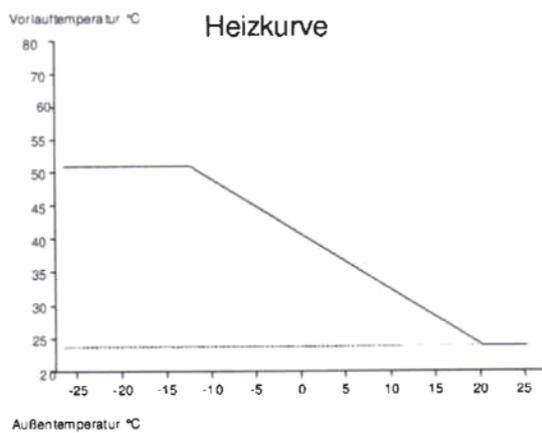


Abbildung 35 HK 5 Heizkurve Funktionsbeschreibung

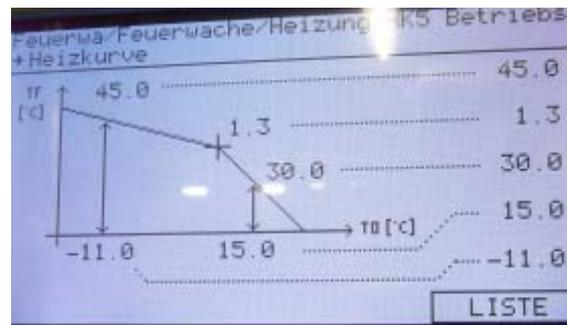


Abbildung 36 HK 5 Heizkurve DDC

4.3.5.2 Analyse und Bewertung

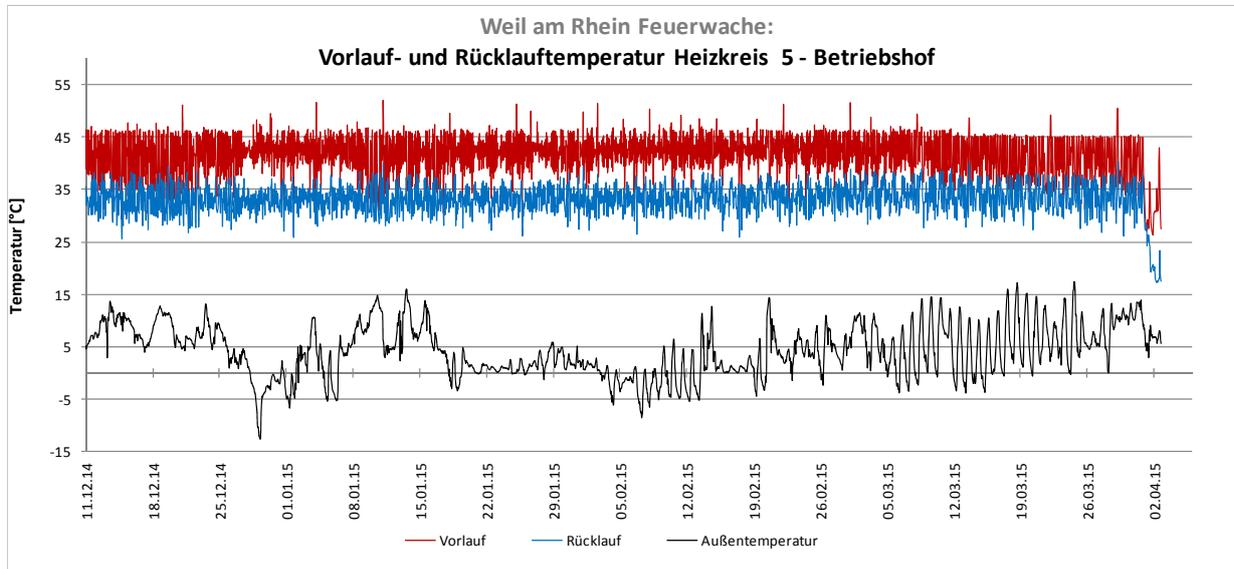


Abbildung 37 Liniendiagramm VL RK HK 5

Die Vorlauftemperaturen schwanken in der gemessenen Heizperiode regelmäßig zwischen 35 bis 40°C im unteren Bereich und steigen kurzzeitig bis etwa 45°C an. Im Gegensatz zum Heizkreis 4 ist zum Ende der Heizperiode kein signifikantes Absinken der Vorlauftemperaturen zu beobachten.

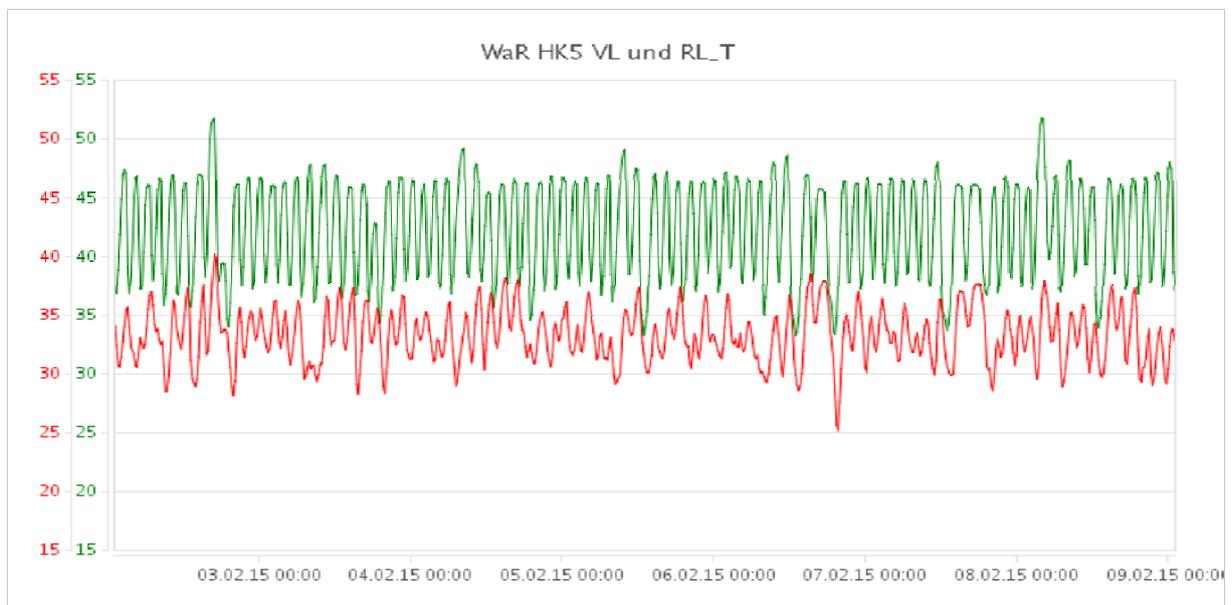


Abbildung 38 Liniendiagramm HK5 VL und RL Temp.

In Abbildung 38 ist der Verlauf der Vor- und Rücklauftemperaturen einer Februarwoche dargestellt. Pro Tag schwingt der Heizkreis etwa 13-mal, was einem etwa 2 stündigen Intervall entspricht. Zu berücksichtigen ist wie beim Heizkreis 4, dass kein Beimischventil vorhanden ist, welches konstante Systemtemperaturen gewährleistet.

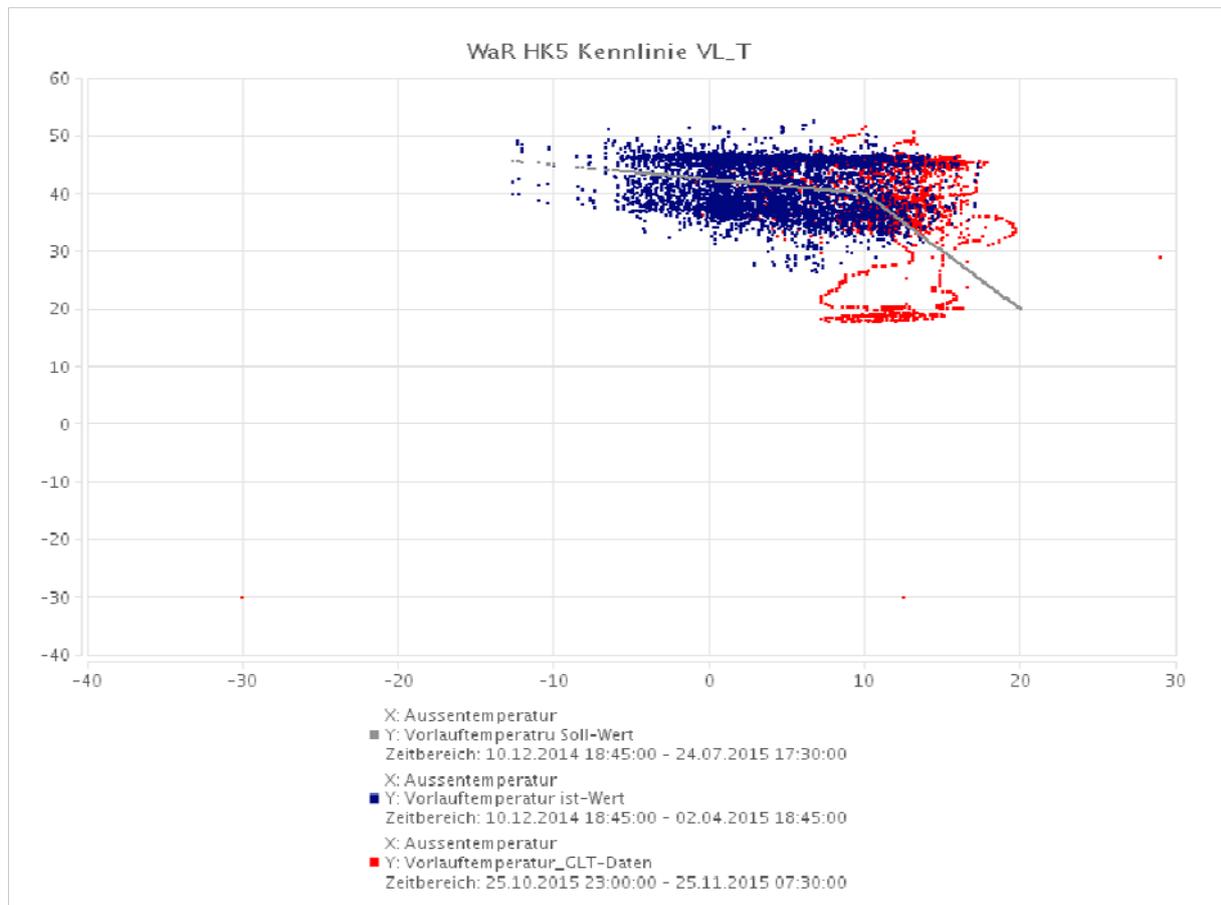


Abbildung 39 Punktdiagramm HK 4 Kennlinie VL-Temperatur

Trägt man die Vorlauftemperatur des Heizkreises über Außentemperatur auf, folgen die Werte der eingetragenen Heizkurve aus der Funktionsbeschreibung MSR/GLT mit Stand vom 03.06.09 nur unwesentlich. In diesem Diagramm sind die Datenpunkte der Gebäudeautomation aus dem Messzeitraum vom 26.10.15 bis 25.11.15 ergänzt worden.

Die Kennlinie des Heizkreises ist vermutlich zu hoch eingestellt. Die Einhaltung der Heizgrenztemperatur von 5°C im Economy-Betrieb wird nicht eingehalten. Die Abschaltung bei 15°C im Comfortbetrieb scheint ebenfalls nicht bzw. nicht exakt zu erfolgen. Es ist aufgrund der Daten nicht eindeutig nachvollziehbar, welcher der beiden Betriebs-Modi vorlag.

4.4 Prüfung der Gebäudeautomation

Im Rahmen des Projektes soll ein Betriebsmonitoring für die Feuerwache und den Betriebshof durchgeführt werden. Über einen Zugriff auf eine Datenbank werden die Betriebsdaten der Gebäudeautomation in den „Prüfstand für Gebäudeperformance“ importiert. Im Anschluss werden Analysen zum Gebäudebetrieb durchgeführt.

In einem ersten Schritt wurden Daten vom 19.06.15 bis 13.08.15 aufgenommen. Ein zweiter Datenexport umfasst den Zeitraum vom 25.10.15 bis zum 25.11.15.

4.4.1 Prüfprozess für die Gebäudeautomation

Der Prüfprozess für die Gebäudeautomation nutzt das Konzept Aktiver Funktionsbeschreibungen. Es sieht eine Spezifikation der Anlagenfunktionen auf Basis von Zustandsräumen vor. Dabei werden für Anlagensysteme einzelne Betriebszustände definiert, in denen dann wiederum Betriebsregeln für Regelgrößen oder Key Performance Indikatoren definiert werden. Auf dieser Basis ist es möglich, Daten aus dem Anlagenbetrieb über die Gebäudeautomation automatisiert auf Übereinstimmung mit der Spezifikation zu überprüfen. Die Analyse ermöglicht dann entsprechend der Spezifikationsstruktur eine Auswertung aggregiert von der Einhaltung der einzelnen Betriebsregel bis zur Betriebsgüte der Gesamtanlage, siehe Abbildung 40.

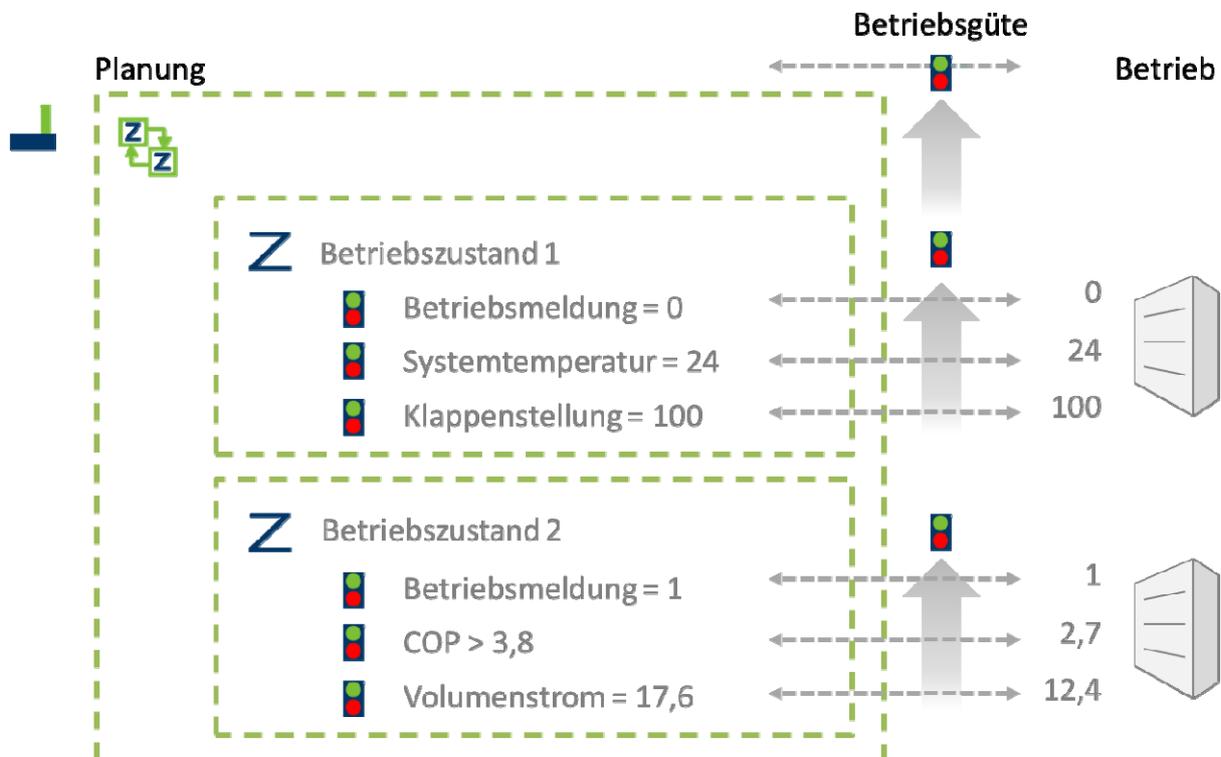


Abbildung 40

Spezifikations- und Auswertungskonzept Aktiver Funktionsbeschreibungen

Abbildung 41 zeigt beispielhaft eine Auswertung für die Funktion eines Heizkreises über ein Jahr.



Abbildung 41 Visualisierung der Auswertung einer Aktiven Funktionsbeschreibung

4.4.2 Funktionsbeschreibungen

Die Funktionsbeschreibung entspricht dem üblichen Standard textlicher Funktionsbeschreibungen. Die Steuerung und Regelung von Komponenten werden einzeln beschrieben, siehe Abbildung 42.

Steuerung Pumpe P9

Die Pumpe P9 wird über eine Differenztemperatur zwischen dem Pufferspeicher oben und der Sollwertanforderung der Verbraucher (Heizkreis 1-6 als max-Auswahl) gesteuert. Unterschreitet die Puffertemperatur oben den Sollwert der Verbraucher um 5 Kelvin (einstellbar) wird die Pumpe eingeschaltet.

Die Pumpe wird bei überschreiten der Puffertemperatur unten von 45 °C ausgeschaltet.

Die Not-Handsteuerung der Pumpe P9 erfolgt am Modul im Schaltschrank und wird auf die DDC gemeldet.

Zu beachten: Bei Not-Handbedienung über das Modul ist der Bediener selbst verantwortlich für die korrekte Steuerung der Anlagenelemente.

Fest eingestellt

auf
1,5 m³/h

+ strom ~~speicherbar~~

Steuerung Pumpe P7

Die Pumpe P7 wird über eine Differenztemperatur zwischen der Kollektortemperatur oben und der Puffertemperatur unten (minwert Auswahl) gesteuert. Die Differenz wird auf 10 Kelvin eingestellt. Liegt keine positive Differenztemperatur vor, wird die Pumpe am Tag (6:00 bis 20:00 Uhr einstellbar) alle 30 Minuten für 5 Minuten eingeschaltet (bessere Temperaturerfassung Kollektortemperatur oben).

Über den Handschalter am Modul kann die Pumpe ein bzw. ausgeschaltet werden. Die Handstellung wird vom System angezeigt.

~~WMT~~ speicherbar

+ Pumpe
(strom) ✓

Steuerung Entnahmepumpe P10

Die Anforderung der Pumpe P11 erfolgt nach dem Betrieb der Pumpe P8 und nach Umschalten auf den Entnahmebrunnen.

Abbildung 42

Auszüge Funktionsbeschreibung Pumpe P9 (nach der die Wärmepumpe freigegeben wird), P7 (Solarkollektor) und P10 (Brunnen)

In der Funktionsbeschreibung sind einzelne Regelgrößen (Vorlauftemperaturen), Stellgrößen (Volumenströme) und Steuerungsvorgaben (Zeitprogramme) mit konkreten Werten vorgegeben. Einige Angaben sind jedoch nicht nachvollziehbar, wie z.B. die „Sollwerte (Raummodell)“, siehe Abbildung 43. Dies erschwert eine Prüfung der Funktionen im Betrieb. Hier sollten klar definierte und prüfbare Werte angegeben werden.

Heizfreigabe - Algorithmus

Bei einer Außentemperatur von $<16^{\circ}\text{C}$ wird die Winterumschaltung ein- und bei einer Außentemperatur von $>16^{\circ}\text{C}$ wieder ausgeschaltet. Der Wert der Aussentemperatur wird gefiltert. Folgende Werte können eingestellt und verändert werden:

- Beginn Heizperiode :
- Ende Heizperiode :
- Freigabe Filter : ja (Aussentemperatur)
- Heizgrenze Comfort : 15°C
- Heizgrenze Economy : 5°C
- Zeitkonstante Gebäude : 50 h
- Zeitkonstante Aussenwand : 10 h
- Fensteranteil : 50 %

Sollwerte (Raummodel)

- Raumsollwert Comfort : 21°C (Verschiebung Heizkurve Comfort)
- Raumsollwert Economy : 15°C (Verschiebung Heizkurve Economy)

Abbildung 43 Auszug Funktionsbeschreibung für Heizkreis 2

Für die komplexe, multivalente Wärmeversorgungsanlage wäre eine synoptische Darstellung der verschiedenen intendierten Betriebszustände hilfreich, um die Verschaltung der einzelnen Komponenten zu dokumentieren, siehe beispielhaft Abbildung 44.

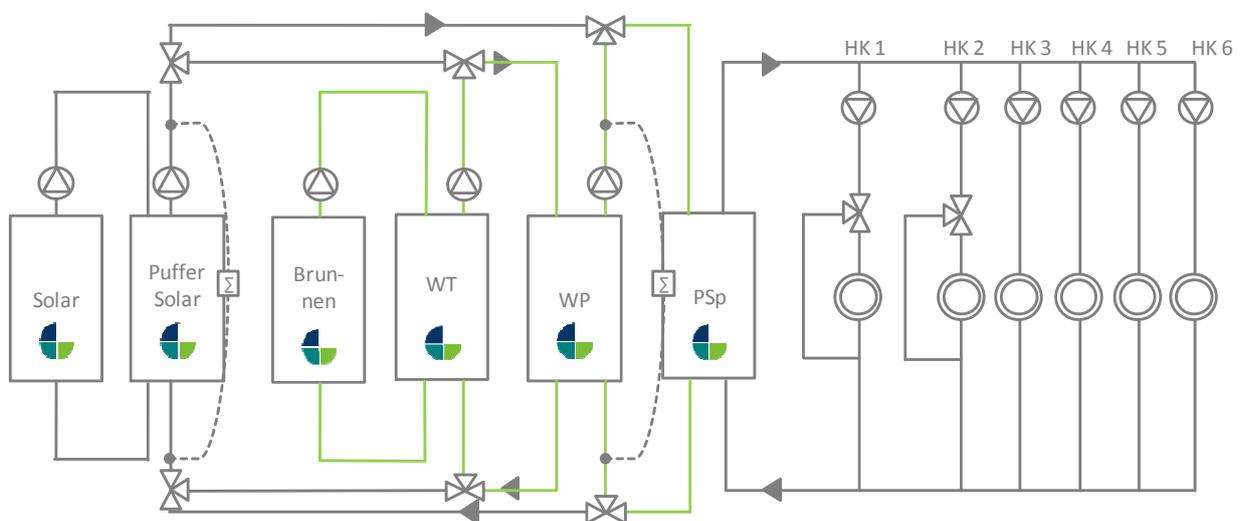


Abbildung 44 Betriebszustand BZ01: Brunnen zu WT und WP

Eine entsprechende Darstellung einschließlich der Regelgrößen und Steuerungsvorgaben ist eine gute Grundlage für eine Funktionsprüfung im Rahmen einer Inbetriebnahme oder für ein kontinuierliches Monitoring.

4.4.3 Umsetzung des Datenimports aus der Gebäudeautomation

Die Umsetzung des Datenimports zwischen dem synavision Prüfstand und der Gebäudeautomation des Auftraggebers erfolgte in einer mehrstufigen Abstimmung.

4.4.3.1 Stufe 1

Das initiale Projektsetup sah vor, die Datenschnittstelle zwischen der Gebäudeautomation und dem synavision Prüfstand per csv-Dateien und Übergabe per FTP-Server zu implementieren. Hierzu wurden bei Projektbeginn ein LV-Text zur Beschreibung des Datenformats sowie einige Beispieldateien durch die synavision bereitgestellt. Die Implementierung des Datenformates sollte durch den Automationserrichter erfolgen.

Die Schnittstelle konnte wegen technischer Schwierigkeiten seitens des Automationserrichters in dieser Form nicht implementiert werden, sodass eine zweite Abstimmungsrunde erforderlich war.

4.4.3.2 Stufe 2

Da es sich bei dem Leitreechner der Gebäudeautomation um eine Siemens Desigo-Implementierung mit Microsoft SQL Datenbankserver handelt, wurde seitens der synavision ein Importkonzept auf Basis eines Virtual Private Network (VPN) Zugangs zum Datenbankserver angefragt und entwickelt, um die Daten durch die Implementierung eines geeigneten Import-Plugins direkt aus der Datenbank zu extrahieren und in den synavision Prüfstand zu importieren. Eine erste prototypische Implementierung für den Datenimport mit Hilfe der Java Database Connectivity Schnittstelle (JDBC) wurde durch synavision umgesetzt. Mit Hilfe des Prototypens wäre die kontinuierliche Extraktion der Daten aus dem Leitreechner möglich gewesen.

Leider scheiterte dieses Vorhaben an der Bereitstellung des VPN, da durch den Automationserrichter lediglich eine Virtual Network Computing (VNC) Lösung in Form einer UltraVNC-Implementierung bereitgestellt wurde. Durch den VNC-Zugang ist zwar eine Fernwartung des Leitreechners (Remote-Desktop) möglich, jedoch kein Netzwerkunnel, wie es bei einer VPN-Lösung der Fall gewesen wäre und was notwendige Voraussetzung für den Datenzugriff von extern gewesen wäre. Es musste eine dritte Stufe zur Umsetzung der Schnittstelle geplant werden.

4.4.3.3 Stufe 3

In der dritten Stufe zur Umsetzung der Datenschnittstelle hat die synavision mit den vorhandenen technischen Zugängen eine weitere Lösung entwickelt. Hierbei wurde per bereitgestellter VNC-Verbindung ein Backup der Microsoft SQL Datenbank des Leitreechners durch die synavision erstellt und übertragen. Wegen der großen Datenmengen dauerte die Übertragung der Daten allerdings mehrere Stunden. Anschließend musste das Datenbankbackup mit Hilfe einer lokalen virtuellen Maschine mit Microsoft Windows Betriebssystem und installierter Microsoft SQL Datenbank wiederhergestellt werden, um die Datenextraktion vorzunehmen. Da das lokale System aus Gründen der Netzwerksicherheit nicht vom Virtuellen Prüfstand aus direkt erreichbar war, wurde der relevante Teil der Datenbank in ein Microsoft Access Dateiformat (MDB) konvertiert und anschließend mit einem entsprechenden für diesen Zweck entwickelten Import-Plugin in den synavision Prüfstand importiert.

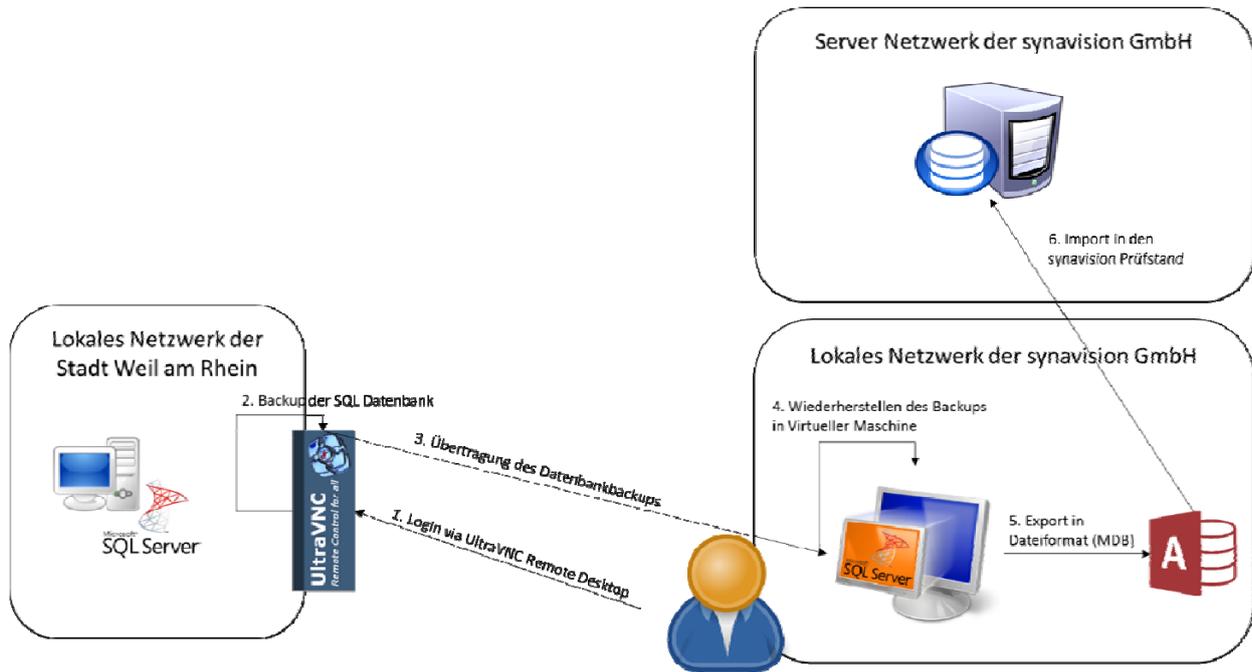


Abbildung 45 Ablaufschema des Datenimports

Die Konvertierungsschritte waren unter den technischen Gegebenheiten seitens des Auftraggebers bzw. Automationserrichters nur händisch durchführbar und nicht zur Automatisierung geeignet. Wegen des hohen Aufwandes wurden zwei Importe aller vorhandenen Daten durchgeführt, um Werte für Sommer und Winter zur Verfügung zu haben.

Es wurden insgesamt 1878 Datenpunkte mit Zeitfenster vom 19.06.15 bis 12.08.15 aufgenommen. Der zweite Datenimport umfasste den Zeitraum vom 25.10.15 bis zum 25.11.15.

4.4.4 Analysen und Bewertung

Die Prüfung der Gebäudeautomation war insbesondere auf Grund des Datenexports äußerst kompliziert und wenig erfolgreich. Nachdem entsprechend der oben beschriebenen Vorgehensweise Daten aus der Automation exportiert worden waren, zeigte sich, dass die Kennzeichnung der Daten weitgehend willkürlich erfolgte. Abbildung 47 zeigt zwei Bezeichnungen für Datenpunkte

```
1035-978-FeuerwaAS01B1'H'HGen3'TIn1PrValB1'H'HGen3'Trend'Trend1Trend_WP-
VL_Eintritt_primär
1034-977-FeuerwaAS01B1'H'HGen3'TOut1PrValB1'H'HGen3'Trend'Trend2Trend_WP-
RL_Austritt_primär
```

Abbildung 46 Beispiele für Datenpunktkennzeichnungen

Die Bezeichnungen sind in diesem Fall noch lesbar, bei mehreren Anlagen, wie z.B. den Heizkreisen, ist eine sinnvolle Auswertung nicht möglich. Entsprechend konnten kaum schlüssige Auswertungen aus den Daten erstellt werden.

Die vorliegenden Daten scheinen jedoch plausibel zu sein, siehe Abbildung 46, so dass davon auszugehen ist, dass bei guter Dokumentation eine umfangreiche Prüfung schon bei der Inbetriebnahme hätte durchgeführt werden können.

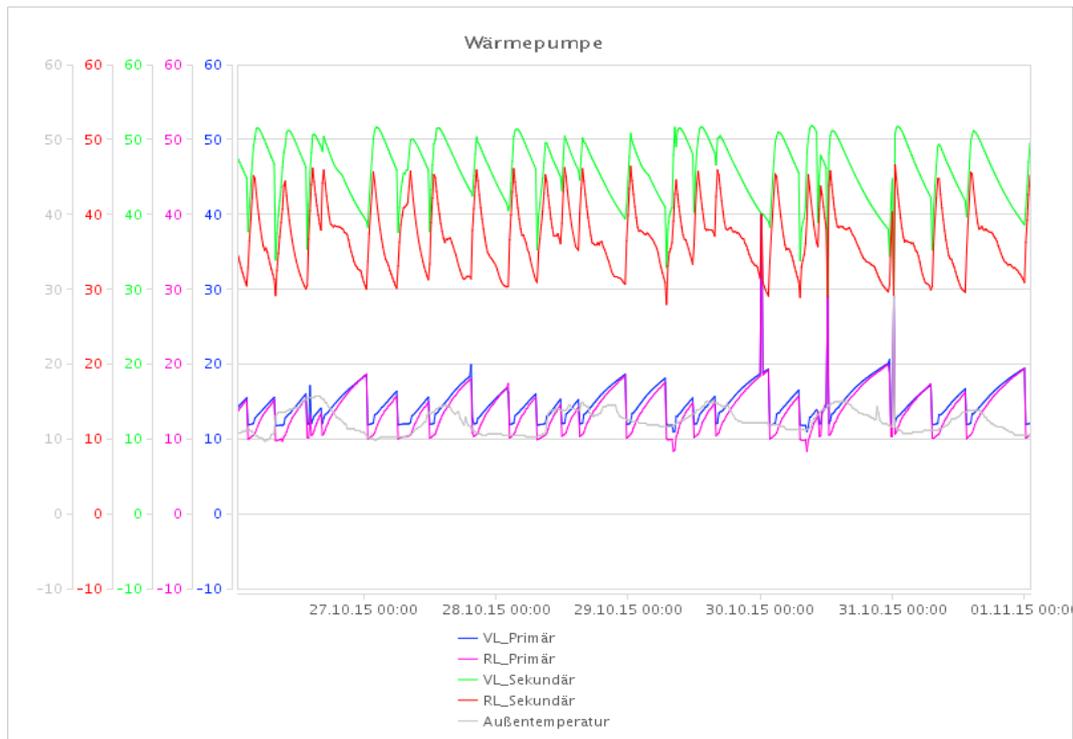


Abbildung 47 Plausible Werte der Gebäudeautomation zur Wärmepumpe

Für zwei Heizkreise konnten einfache Auswertungen erstellt werden. Abbildung 48 und Abbildung 49 zeigen jeweils die Vorlauftemperatur über der Außenlufttemperatur als Heizkennlinie (rot). Für HK1 ist keine witterungsgeführte Regelung erkennbar, sondern lediglich eine weitgehend konstante Temperatur von rund 25°C. Bei HK2 ist eine Kennlinie zu erkennen, die jedoch deutlich über der Angabe in der Funktionsbeschreibung liegt (grau).

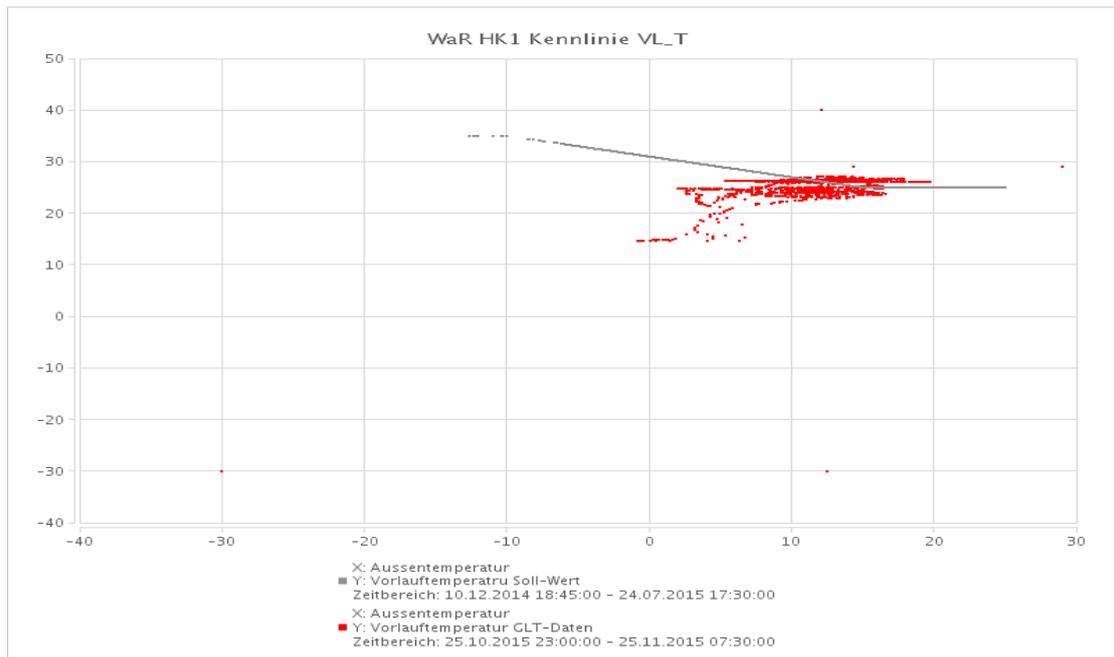


Abbildung 48 Punktdiagramm HK 1 Kennlinie VL-Temperatur

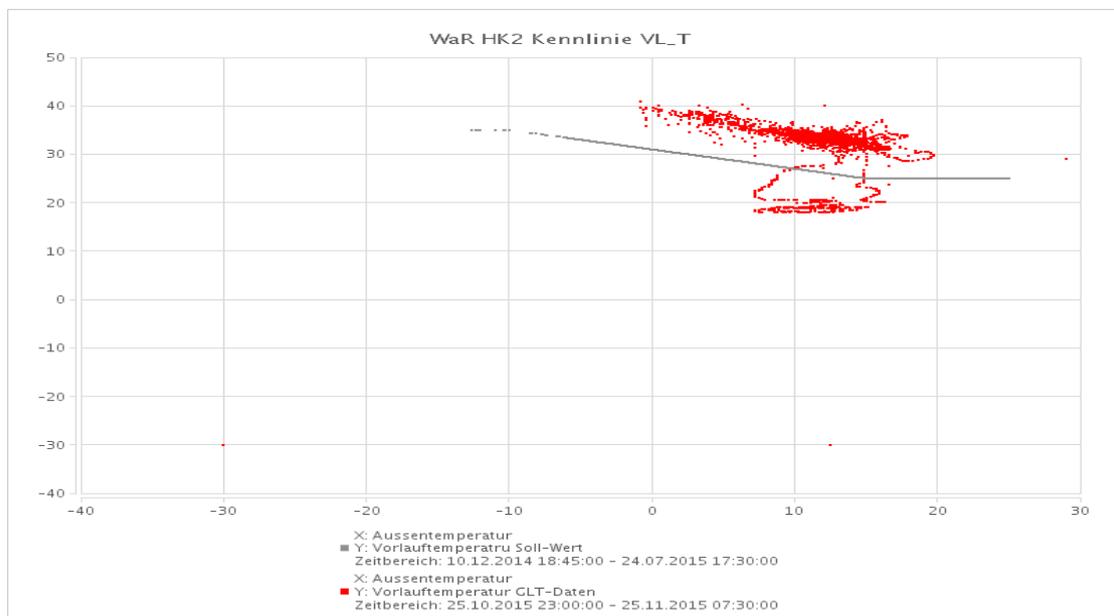


Abbildung 49 Punktdiagramm HK 2 Kennlinie VL-Temperatur

Für die für die Regelung der Vorlauftemperatur laut Funktionsbeschreibung genutzten Raumtemperaturen und die entsprechende Verschiebung liegen keine Daten vor.

4.5 Zusammenfassung der Prüfungen

Im Folgenden werden Ergebnisse der Betriebsanalysen und die Anwendungserfahrungen zu den EQM-Prozessen zusammengefasst und Empfehlungen für den Betrieb und die EQM-Prozesse gegeben.

Tabelle 8 Bewertung der EQM-Prozesse

Nr.	Prüfung	Bewertung der EQM-Prozesse und Empfehlungen
5.1	Thermografie	<ul style="list-style-type: none"> • Effektiver Prüfprozess, Beachtung der Randbedingungen • Messungen Raum- und Außenlufttemperatur ergänzen Auswertung. • Abgleich mit Daten der Gebäudeautomation zur momentanen Funktion sinnvoll
5.2	Messung der Systemtemperaturen	<ul style="list-style-type: none"> • Effektive und kostengünstige Methode • Kann auch zur Inbetriebnahme eingesetzt werden, um die Dokumentation und Betriebsweise zu prüfen. • Daten zum Volumenstrom (heute auch von Pumpen verfügbar) wären eine sinnvolle Ergänzung.
5.3	Gebäudeautomation	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionsbeschreibungen zukünftiger Bauvorhaben sollten eine Beschreibung der Betriebszustände der Anlagen einschließlich prüfbarer Parametrierungen enthalten. • Die Datenpunkte sind nach einer vom Auftraggeber vorzugebenden nachvollziehbaren und eindeutigen Systematik zu benennen (Klartext). • Um eine unabhängige Prüfung der Betriebsdaten zu ermöglichen, muss für den Datenexport eine eindeutige Vorgabe gemacht werden (Datenpunktliste, Dateiformat, Übergabe). Wir empfehlen das im Projekt vordefinierte csv-Datei-Format.

Tabelle 9 Empfehlungen zum Gebäudebetrieb

Nr.	Prüfung	Bewertungen zum Gebäudebetrieb und Empfehlungen
5.1	Thermografie	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Auffälligkeiten: In Aufenthaltsbereichen ist Fußbodenheizung bei Außentemperaturen von 6,3°C aktiv, in Bereichen von Fahrzeughalle, Werkstätten und Fluren noch nicht.
5.2	Messung der Systemtemperaturen	<ul style="list-style-type: none"> • Die Messwerte sind weitgehend plausibel
5.3	Gebäudeautomation	<ul style="list-style-type: none"> • Kennlinien der Heizkreise prüfen • Pumpen auf Dauerläufer prüfen • Relevante Raumtemperaturen auf Trend legen

5 Qualitätsprüfung Oberrhein-Gymnasium

Für das Oberrhein-Gymnasium werden die folgenden Punkte im Rahmen der Qualitätsprüfung untersucht:

Tabelle 10 **Qualitätsprüfungen zum Gebäude**

Nr.	Prüfung	Methode/Werkzeug	Anlage/Ort
6.1	Messung Luftvolumenstrom Raum	Mobile Messtechnik Prüfstand für Gebäudeperformance (task manager)	Klassenräume
6.2	Temporäre Messung Spez. Ventilatorleistung	Mobile Messtechnik Prüfstand für Gebäudeperformance (task manager)	Lüftungsanlage 1
6.3	Temporäre Messung Stromverbrauch Lüftungsanlage	Mobile Messtechnik Prüfstand für Gebäudeperformance (Monitoring)	Lüftungsanlage 1
6.4	Temporäre Messung Stromverbrauch Klimasplitgeräte	Mobile Messtechnik Prüfstand für Gebäudeperformance (Monitoring)	Kühlung Server UG Kühlung Technik 2.OG

5.1 Gebäudebeschreibung

Der dreigeschossige Neubau des Oberrhein-Gymnasiums in Weil am Rhein ist im Jahr 2011 als Ergänzung des bestehenden Schulzentrums in Betrieb genommen worden. Im Erdgeschoss befinden sich Verwaltungsräume, Schüleraufenthaltsräume und eine Mensa mit 145 Plätzen. In die beiden Obergeschossen verteilen sich 28 Klassen- und Fachräume sowie eine Bibliothek. Das zentrale überdachte Atrium ist mit dem Musikraum zu einer Aula koppelbar.



Abbildung 50 Nord-Ost-Ansicht

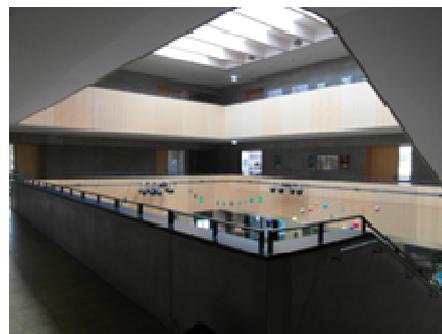


Abbildung 51 Schule Innen Atrium



Abbildung 52 Grundriss EG

Energetisch erfüllt das Gebäude einen EnEV 2009 Neubau-30%-Standard. Die energetische Konzeption sieht gemäß Büro Behringer folgende Anlagentechnik vor.

Die Schule wird zusammen mit der Realschule und Markgrafenschule über das Nahwärmenetz Bleichacker (Primärenergiefaktor $f_p = 0,57$) versorgt. Die Wärmeverteilung erfolgt über Flach- bzw. Plattenheizkörper. Zudem sind in den Lüftungsanlagen Nachheizregister vorgesehen.

Zur Sicherstellung des hygienischen Luftwechsels sind in den Klassenräumen und der Mensa zwei mechanische Lüftungsanlagen (2 x 7.500 m³/h) mit einer Wärmerückgewinnung von 80% vorgesehen. Für die Küche steht eine separate Lüftungsanlage bereit mit einem Luftvolumenstrom von 3.500 m³/h. Auf dem Dach der Schule ist eine Photovoltaikanlage installiert.

Tabelle 11 Allgemeine Gebäudeparameter

Oberrhein-Gymnasium Weil am Rhein	
Baujahr	2011
Nutzung	Gymnasium
Wärmebereitstellung	Nahwärme, RLT mit WRG
Standard/Ziel	EnEV 2009 -30%
NGF	5.567 m ²

5.2 Ausgangssituation Stromverbrauch

In Abstimmung mit der Stadt Weil am Rhein wurde für die Gebäudeanalyse des Oberrhein-Gymnasiums der Stromverbrauch in den Fokus gerückt.

Der durch das Gebäudemanagement gemessene Gesamtstromverbrauch für das Jahr 2014 von 20,0 kWh/(m²NGF·a) ist im Vergleich zu den Vergleichswert für den Stromverbrauch von allgemeinbildende Schulen nach der BBSR-Bekanntmachung von 2015⁵ um 10,0 kWh/(m²NGF·a) erhöht.

Wenn man den Stromverbrauch der Schule einordnet in die Häufigkeitsverteilung für den Heizenergieverbrauch für Schulen nach VDI 3807 Blatt 2, positioniert sie sich im oberen Drittel. Die Werte der VDI-Richtlinie basieren überwiegend auf Verbrauchsmessungen aus den Jahren 2004 und 2005 für Gebäude mit konventioneller Technik in Deutschland.

⁵ Quelle: Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“, BBSR, 07.04.2015

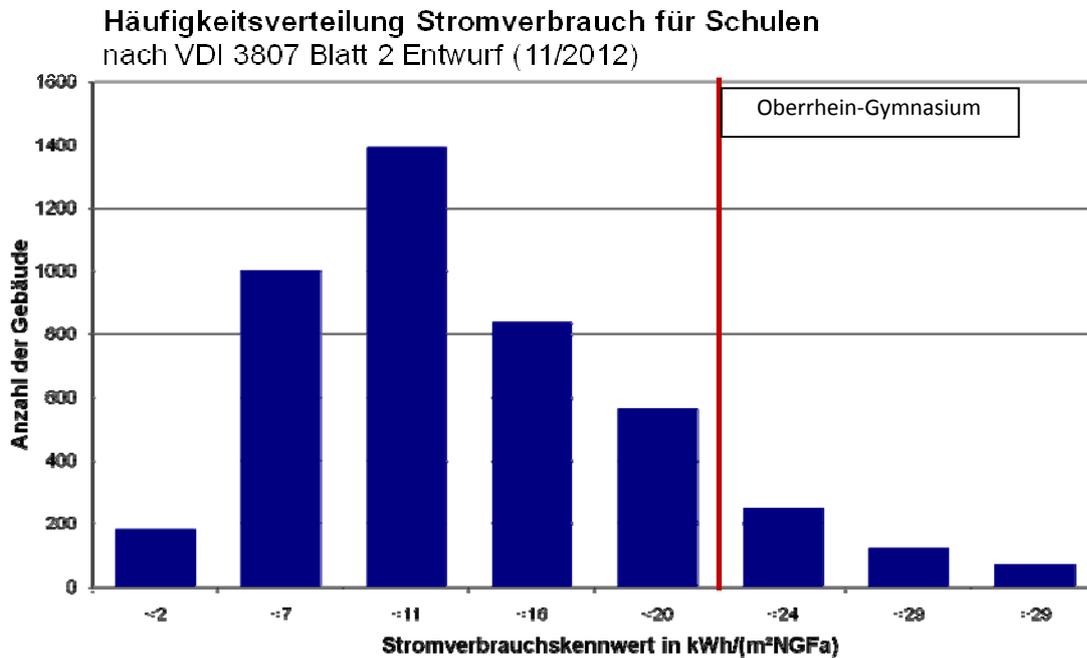


Abbildung 53 Stromverbrauch für Schulen nach VDI 3807⁶

Der über die Gebäudeautomation gemessene Gesamtverbrauch für alle Lüftungsanlagen Anlage 1 Klassenräume Nord, Anlage 2 Klassenräume Süd und Anlage 3 Küche liegt für das Jahr 2014 bei 3,3 kWh/(m²_{NGF}·a).

5.3 Messung Luftvolumenstrom im Raum

Um unnötig hohe Luftvolumenströme auf Raumebene auszuschließen, wurden zunächst die Luftvolumenströme in vier Klassenräume gemessen und mit den Sollwerten aus der Planung verglichen.

5.3.1 Dokumentation der Prüfung

Für die EQM-Messung am 11.12.14 ist mit der Volumenstromhaube Airflow DIFF Automatic der Luftvolumenstrom im Druckkompensationsverfahren ermittelt worden. Die Zuluft-öffnungen des Standard-Klassenraums haben in der Nutzungszeit nach Angaben der Stadt einen Sollwert von 600 m³/h. Die eingebauten mechanischen Volumenstromregler sind auf diese vorgegebenen Werte eingestellt.

⁶ Quelle: VDI-Richtlinie: VDI 3807 Blatt 2 Verbrauchskennwerte für Gebäude - Verbrauchskennwerte für Heizenergie, Strom und Wasser, 2014-11



Abbildung 54 Messung Projektraum 1.14

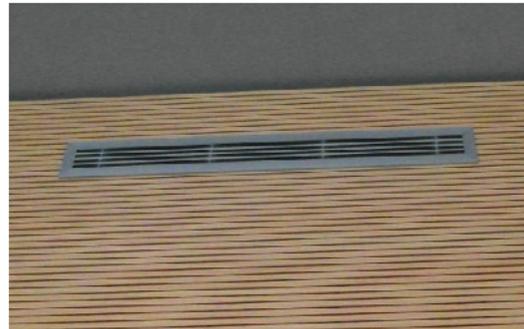


Abbildung 55 Zuluftöffnung

5.3.2 Analyse und Bewertung

Die im Rahmen des EQM-Projektes durchgeführten Messungen im Druckkompensationsverfahren haben im Vergleich zu den Sollwerten um 60 % niedrigere Istwerte ergeben. Es wird vermutet, dass die Differenzen auf Messungenauigkeiten beruhen, die sich durch die Perforierung der Wandoberflächen (s. Abbildung 55) ergeben haben. Da das Gerät für die Messung in der Haube einen Gegendruck aufbaut, wirkt sich das Entweichen der Luft stark auf das Ergebnis aus.

Tabelle 12 Messergebnisse Luftvolumenstrom im Raum

	Klassenraum 1.09a	Klassenraum 1.06	Klassenraum 1.04	Projektraum 1.14
EQM-Messung 11.12.14				
Sollwert Luftvolumenstrom	380 m ³ /h	600 m ³ /h	600 m ³ /h	600 m ³ /h
Istwert Luftvolumenstrom	231 m ³ /h	338 m ³ /h	336 m ³ /h	387 m ³ /h
Bewertung Istwert	zu niedrig	zu niedrig	zu niedrig	zu niedrig
Abweichung [%]	- 60 %	- 56 %	- 56 %	- 65 %
Messung -Lutema GmbH				
Sollwert Luftvolumenstrom	380 m ³ /h		600 m ³ /h	600 m ³ /h
Istwert Luftvolumenstrom	390- 430 m ³ /h		565-644 m ³ /h	565 – 610m ³ /h
Bewertung Istwert	ok		ok	ok
Abweichung [%]	+ 8 %		+ 1 %	- 2 %

Daher ist im Nachgang mit der Messung eines Anemometers in der Zuluftführung ein anderes Messverfahren gewählt und durch die Walter-Lutema GmbH ausgeführt worden. Jeweils im Zuluftrohr ist dafür zwischen Absperrklappe und Volumenstromregler eine Messöffnung gebohrt. Die Ergebnisse liegen im Bereich der Messtoleranz.

5.3.3 Checkliste im task manager

Die folgende Abbildung beschreibt die im task manager erzeugte Checkliste zur Luftmengenmessung. Neben den allgemeinen Informationen zur Messung, wird der Messvorgang durch Fotos und textlich dokumentiert. Die Soll- und Istwerte werden gegenübergestellt und bewertet.

▼ Grundlagen

Erläuterung <http://iqs.synavision.de/luftmengenmessung/#grundlagen>

Name des Prüfers: Lars Altendorf / Daniel Houschka

Bezeichnung des Gebäudes: Oberrhein Gymnasium

Raumnummer: Klassenraum 1.09a

Datum der Messung: 11.12.2014

Uhrzeit der Messung: 13:00

Betriebsweise: im Nennluftvolumenstrom ▼ ?

▼ Messung

Erläuterung <http://iqs.synavision.de/luftmengenmessung/#messung>

Messdokumentation





Prüfung der Qualitätsvorgabe

Kennung	Sollwert	Istwert	
Klassenraum 1.09a	300	231	+

Nachweis Soll-/Istwert






Istwert erfüllt Sollwert: Nein ▼

Kommentare

Bearbeiter	Datum	Text
Altendorf	15.01.2015	Hinweis: Messung in dieser Einbausituation schwierig! Über Perforierung der Oberflächen

Abbildung 56 Ausschnitt task manager Luftmengenmessung

Unter folgendem Link ist die Checkliste „Luftmengenmessung Oberrhein Gymnasium2“ einsehbar:

<https://apps.synavision.de/vm3/taskmanager/#ticketguest?dc50c9d9-0f8a-40ca-bddb-1a0f86c67717>

5.4 Messung der spezifischen Ventilatorleistung

Über die Ermittlung der spezifischen Ventilatorleistung wird im Folgenden die Effizienz der Lüftungsanlage 1 Klassenräume Nord ermittelt.



Abbildung 57 Lüftungsanlage 1 Klassenräume Nord



Abbildung 58 Anlagenbezeichnung

5.4.1 Dokumentation der Prüfung

Am 11.12.14 gegen 12 Uhr ist bei der Anlage für den Zuluft- und Abluftventilator jeweils eine Volumenstrommessung im Differenzdruckverfahren durchgeführt worden. Die elektrische Leistung zum Zeitpunkt der Volumenstrommessung ist am Frequenzumformer der Ventilatoren abgelesen worden.



Abbildung 59 Volumenstrom Differenzdruckverfahren



im Abbildung 60 Leistung am Frequenzumformer

5.4.2 Analyse und Bewertung

In der Ausführungsplanung (GEA Happel GmbH; Stand vom 23.08.2010) wird die spezifische Ventilatorleistung der Zuluft mit $600 \text{ W}/(\text{m}^3\text{s})$ angegeben, gemessen liegt der Wert mit $505 \text{ W}/(\text{m}^3\text{s})$ um 16 % darunter und entspricht damit einer SFP-Kategorie von 2.

Beim Abluftventilator entspricht der Sollwert mit 560 W/(m³s) dem gemessenen Sollwert mit 542 W/(m³s) mit einer Abweichung von 3 % weitgehend. Die Einordnung erfolgt ebenfalls in die SFP-Kategorie 2.

Tabelle 13 Messergebnisse Ventilatorleistung

Anlage 1 Klasserräume Nord	Zuluft		Abluft	
		ER 56 C		ER 56 C
Ventilator		ER 56 C		ER 56 C
Kalibrierfaktor K	308	m ² s/h	308	m ² s/h
Wirkdruck Δp	746	Pa	744	Pa
Ventilatorleistung	1,52	kW	1,63	kW
Volumenstrom	7.500	m ³ /h	7.500	m ³ /h
Istwert SFP	505	W/(m³s)	542	W/(m³s)
Sollwert SFP	600	W/(m ³ s)	560	W/(m ³ s)

Die Ventilatorleistung der Anlage liegt im unteren Bereich der Kategorie 2 und ist damit als hocheffizient zu bewerten.

5.4.3 Checkliste im task manager

Im Folgenden wird die Checkliste für die Messung des SFP Wertes vorgestellt. Die Checkliste gliedert sich in die Obergruppen

- Grundlagen
- Volumenstromermittlung
- Ermittlung der elektrischen Leistung
- Ergebnis

▼ Grundlagen

Gebäude	<input type="text" value="Oberrhein Gymnasium"/>
Raum	<input type="text" value="Klassenraum Nord, Anlage 1"/>
Datum der Messung	<input type="text" value="11.12.2014"/>
Uhrzeit der Messung	<input type="text" value="12:00"/>
Ermittlung für	<input type="text" value="Zentrale Zu- und Abluftanlage"/>

▼ 1. Volumenstromermittlung

Erläuterung <http://iqs.synavision.de/psfp-wert/#volumenstrom>

Ermittlungsverfahren

▼ 1.1 Differenzdruckverfahren

▼ Zuluft

Ventilatorotyp	<input type="text" value="ER 56 C"/>
Kalibrierfaktor	<input type="text" value="308"/> ?
Gasdichte	<input type="text" value="1,204"/> ?
Differenzdruck Düse	<input type="text" value="746"/> ?
berechneter Volumenstrom	<input type="text" value="7.500"/> ?

▼ Abluft

Ventilatorotyp	<input type="text" value="ER 56 C"/>
Kalibrierfaktor	<input type="text" value="308"/> ?
Gasdichte	<input type="text" value="1,204"/> ?
Differenzdruck Düse	<input type="text" value="744"/> ?
berechneter Volumenstrom	<input type="text" value="7.500"/> ?

Dokumentation



Abbildung 61 Messung SFP Wert Differenzdruckverfahren (1)

Für die Ermittlung der spezifischen Ventilatorleistung werden dem Nutzer je nach Art der Lüftungsanlage drei verschiedenen Verfahren (Differenzdruckverfahren, Anemometer-verfahren und Daten aus Gebäudeautomation) zur Auswahl gestellt.

▼ Zuluft

Vollbetriebslast ?

elektrische Leistung ?

▼ Abluft

Vollbetriebslast ?

elektrische Leistung ?

Dokumentation





Kommentare

Bearbeiter	Datum	Text	
			+

▶ 2.2 Ermittlung mit Strommesszange

▼ 3. Ergebnis

Erläuterung <http://iqs.synavision.de/psfp-wert/#sfpwert>

▼ Zuluft

PSFP-Wert ?

SFP Kategorie

▼ Abluft

PSFP-Wert ?

SFP Kategorie

Kommentare

Bearbeiter	Datum	Text	
	25.03.2015	Hohe Energieeffizienz mit SFP-Kategorie 2	+

Abbildung 62 Messung SFP Wert Differenzdruckverfahren

In Abbildung 62 sind die Parameter und Ergebnisse aus der Messung im Differenzdruckverfahren aufgelistet. Als Nachweise sind die Fotos der Lüftungsanlagen und der Typenschilder sowie vom Display des Differenzdruckmessgerätes dargestellt.

Unter folgendem Link ist die Checkliste „Ventilatorleistung Oberrhein Gymnasium2“ einsehbar:

<https://apps.synavision.de/vm3/taskmanager/#ticketguest?2e1d0b5b-bcc1-4fce-bdad-b876108ec341>

5.5 Messung Stromlastprofil Lüftungsanlage

Um das Stromlastprofil zu ermitteln, ist über den Zeitraum vom 11.12.14 bis 25.10.2015 in 5-Minuten Intervallen die Leistung der Lüftungsanlage 1 Klassenräume Nord gemessen worden.

5.5.1 Dokumentation der Prüfung

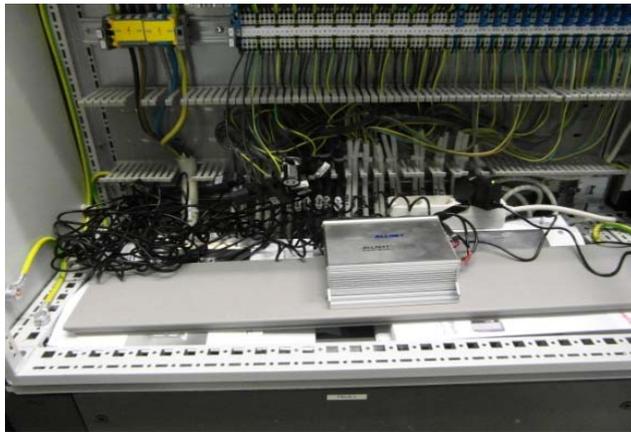


Abbildung 63 Einbausituation Stromverbrauchslogger



Abbildung 64 Auslesen des Loggers

Der notwendige Stromverbrauchslogger (Allnet) ist dafür durch einen Elektriker im Schaltschrank eingebaut worden.

5.5.2 Analyse und Bewertung

Abbildung 65 zeigt das Stromlastprofil des Zu- und Abluftventilators. Es ist über das Jahr eine gleichmäßige Regelung der Anlage im Tages- und Wochenrhythmus zu erkennen. In Ferienzeiten bleibt die Anlage außer Betrieb. Während des Sommers wird die Lüftung zeitweise zur Nachtauskühlung genutzt. Da vermutlich die in der Fassade vorgesehenen witterungs- und einbruchgesicherten Lüftungsflügel geöffnet werden, bleibt die Abluftanlage außer Betrieb.

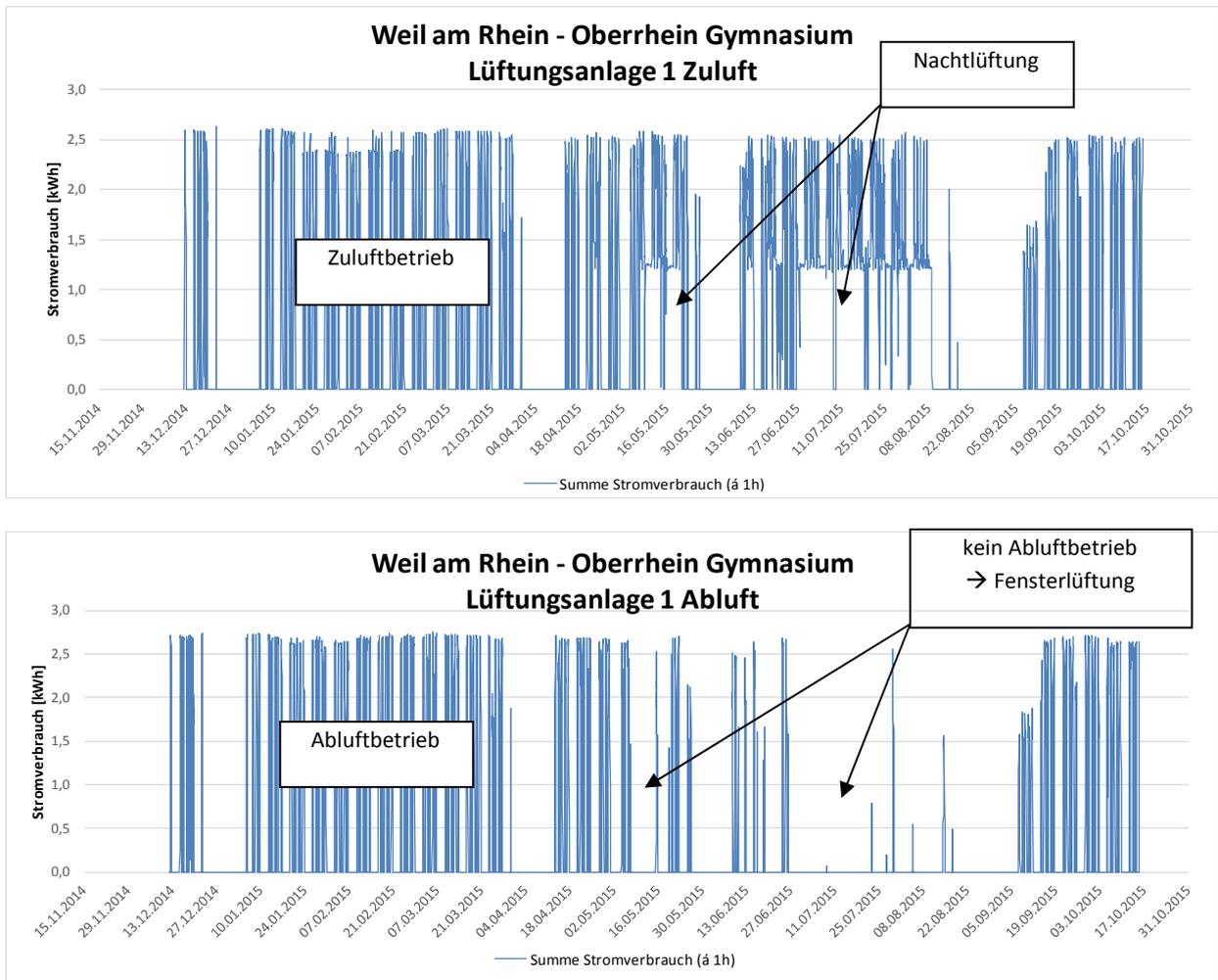


Abbildung 65 Stromlastprofil Lüftungsanlage 1 Zuluft (oben) und Abluft

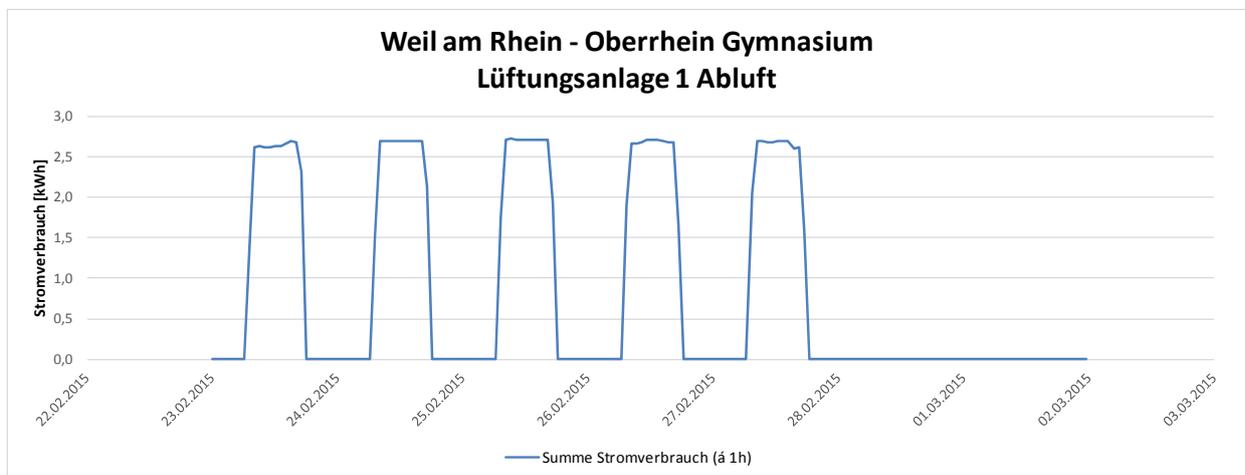
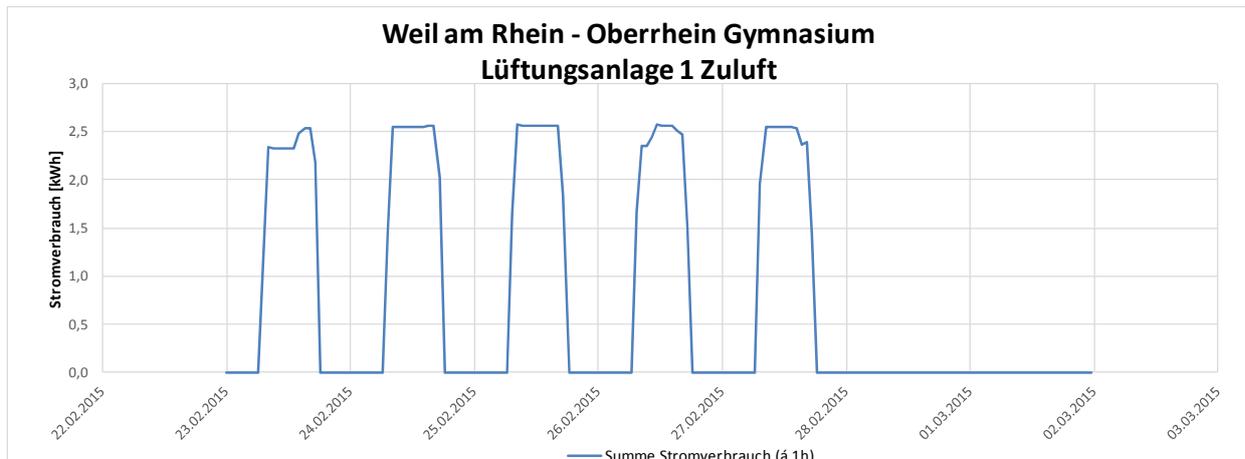


Abbildung 66 Stromlastprofil Lüftungsanlage 1 Zuluft (oben) und Abluft

Abbildung 66 zeigt das wöchentliche Lastprofil einer beispielhaften Februarwoche mit einer werkstäglichen Betriebszeit von 6:30 Uhr bis 17:00 Uhr. Die Umsetzung der Betriebsregelung für die Lüftungsanlage 1 ist positiv zu bewerten.

5.6 Messung Stromlastprofil Klimasplitgeräte

Zur Ergänzung der Stromanalyse werden zwei Klimasplitgeräte für den Server und einen Technikraum mit Wechselrichter bewertet.

5.6.1 Dokumentation der Prüfung



Abbildung 67 Einbausituation Außeneinheit Klimasplitgerät Server UG



Abbildung 68 Einbausituation Klimasplitgerät Technikraum

Das Klimasplitgerät für den Server steht im Raum U.04. die Außeneinheit im Technikraum für die Lüftungsanlagen (U.10). Das zweite Gerät dient im Technikraum des 2.OG zur Temperaturüberwachung des Raumes. Wärmelasten entstehen hier in erster Linie durch die Wärmelasten der Wechselrichter.

5.6.2 Analyse und Bewertung

In Abhängigkeit der Wärmelasten werden die beiden Geräte geregelt. Der Serverraum hat hier hohe Grundlasten, die zum Sommer durch die Kellerlage nur mäßig ansteigen.

Das Splitgerät im Technikraum 2.OG läuft dagegen durch seine Lage im Dachgeschoss deutlich stärker und in Abhängigkeit von den äußeren Wärmelasten des Gebäudes. Die Grundlast im Winter ist sehr gering. Der Gesamtverbrauch des Splitgeräts im Technikraum liegt jedoch im Sommer annähernd so hoch wie der Abluftanlage. Hier sollten die Temperatureinstellungen geprüft werden.

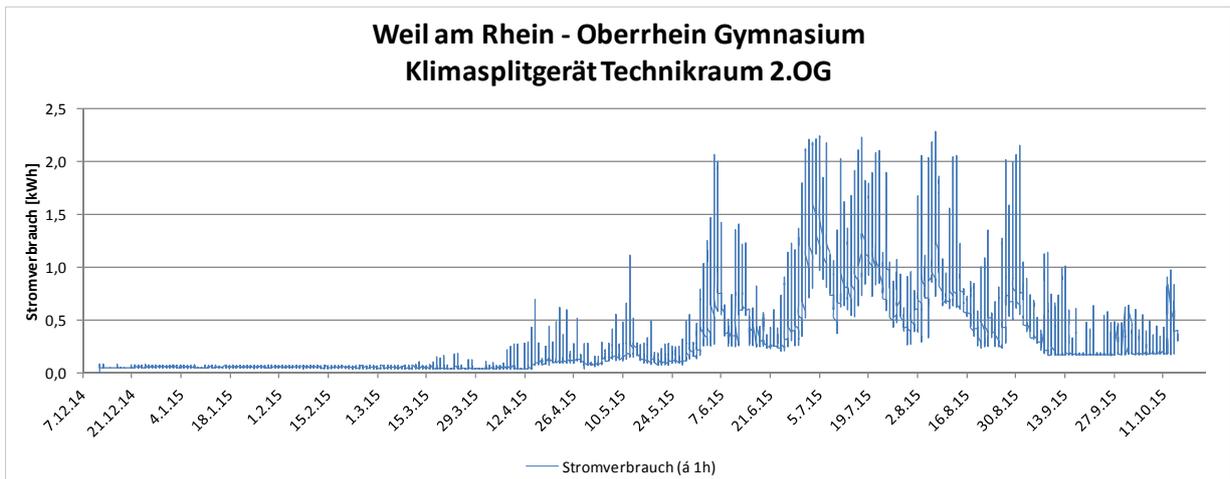
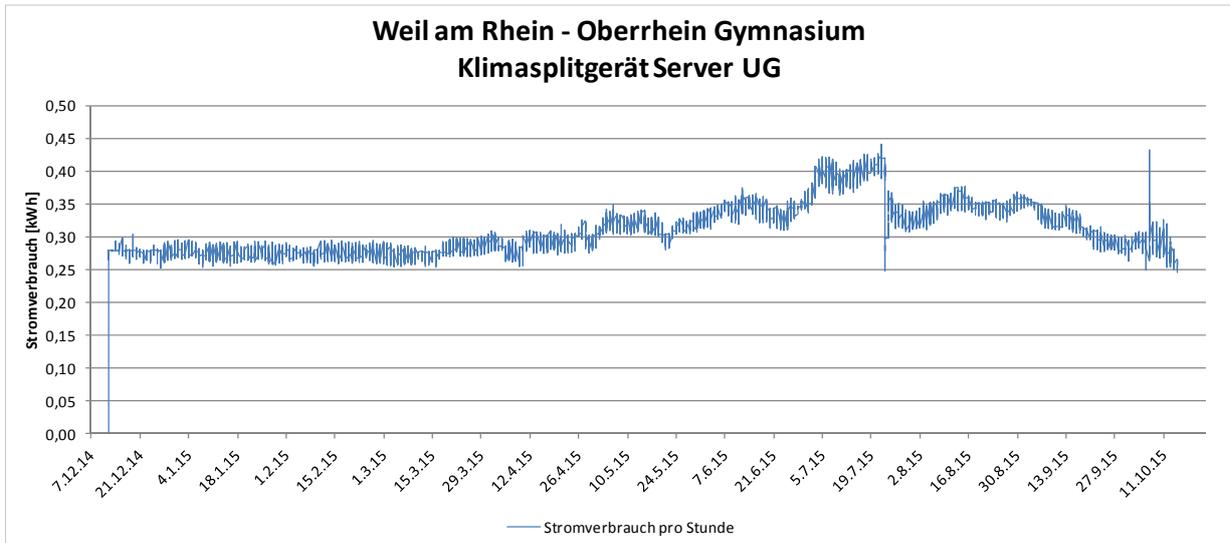


Abbildung 69

Stromlastprofil Klimasplitgerät Server UG und Technikraum 2.OG

5.7 Auswertung der Stromverbräuche

Abschließend werden die gemessenen Stromverbrauchswerte zusammengestellt. Der Messzeitraum beträgt 84 % eines gesamten Jahres. Daher sind die gemessenen Verbrauchswerte entsprechend auf ein ganzes Jahr hochgerechnet worden.

Tabelle 14 Zusammenstellung der Stromverbrauch

EQM-Messung	Jahresstromverbrauch	Spez. Jahresstromverbrauch
11.12.14		
	kWh/a	kWh/(m ² _{NGF} ·a)
Lüftungsanlage 1 Zuluft	6.209	1,16
Lüftungsanlage 1 Abluft	3.668	0,68
Klimasplitzgerät Server UG	41	0,01
Klimasplitzgerät Technikraum 2.OG	3.123	0,58

Die Lüftungsanlage 1 benötigt für beide Ventilatoren 1,84 kWh/(m²_{NGF}·a). Nimmt man an, dass die Anlage 2 Klassenräume Süd ähnlich verbraucht, liegt der Energieverbrauch für Lüftung bei ca. 3,6 kWh/(m²_{NGF}·a). Für den Gesamtverbrauch müsste noch die Lüftungsanlage der Mensa berücksichtigt werden.

Der über die Gebäudeautomation gemessene Gesamtverbrauch für alle Lüftungsanlagen Anlage 1 Klassenräume Nord, Anlage 2 Klassenräume Süd und Anlage 3 Küche liegt für das Jahr 2014 bei 3,3 kWh/(m²_{NGF}·a). Die über die EQM-Messung erfassten Verbräuche liegen schon ohne Berücksichtigung der Anlage Küche (3.500 m³/h) leicht höher. Hier wäre zu prüfen, ob in der Datenerfassung der Gebäudeautomation auch Hilfsenergien eingeschlossen sind. Anhand der Maßanalysen des SFP-Wertes und der Stromlastgänge lässt sich aber festhalten, dass die baugleichen Lüftungsanlagen 1 und 2 inklusive der gewählten Anlagenregelung hocheffizient sind.

Vergleicht man die im badenova-Projekt ermittelten Kennzahlen mit einem anderen EQM-Projekt zu acht Kindertagesstätten⁷ zeigt sich die Qualität der Anlage im Oberrhein Gymnasium. In den Kindertagesstätten wurde ein Jahresstromverbrauch der Lüftungsanlagen im Bereich zwischen 7 und rund 13 kWh_E/(m²_{EBFa}) mit einem Mittelwert von 9 kWh_E/(m²_{EBFa}) ermittelt. Für die drei Lüftungsanlagen des Gymnasiums ergibt sich auf Grundlage der Gebäudeautomation ein Gesamtverbrauch für das Jahr 2014 von 3,3 kWh/(m²_{NGF}·a), auf Grundlage der EQM-Strommessung von etwa 4,5 kWh/(m²_{NGF}·a) (inkl. Lüftungsanlage abgeschätzt). Die spezifische Ventilatorleistung des Gymnasiums liegt mit einem Mittel von rund 520 W/(m³/s) ebenfalls deutlich niedriger als die entsprechenden Werte in den acht Kindertagesstätten von 1.600 W/(m³/s).

⁷ Quelle: 8 Passivhaus-Kitas in Hannover - Optimierung von Qualitätssicherungsprozessen für Nachhaltige Gebäude, energydesign braunschweig GmbH, Braunschweig, gefördert mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, 31.03.2015

Auffallend ist der vergleichsweise hohe Stromverbrauch des Klimasplitgeräts im kleinen Technikraum 2.OG mit $0,58 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NGF}} \cdot \text{a})$. Es wird eine Prüfung empfohlen, ob die Solltemperatur zu niedrig gewählt worden ist. Da mit steigender Erwärmung der Wechselrichter deren Wirkungsgrad sinkt, sollte die Umgebungstemperatur zwar niedrig sein. Wechselrichter beginnen in der Regel jedoch erst im Bereich über 40°C Umgebungstemperatur, die Leistung zum Schutz vor Überhitzung zu verringern. Eine Raumtemperatur unter 30°C sollte also ausreichend sein. Dies ist mit dem Hersteller abzustimmen.

5.8 Zusammenfassung der Prüfungen

Im Folgenden werden anhand der Prüfergebnisse Empfehlungen zum Gebäudebetrieb für den Schulbetreiber ausgesprochen und die Anwendung der Werkzeuge im Rahmen des Forschungsprojektes bewertet.

Tabelle 15 Anwendungsbewertung der Prüfprozesse

Nr.	Prüfung	Anwendungsbewertung der Prüfprozesse
9.1	Messung Luftvolumenstrom Raum	Prüfprozess ist praktikabel, Beschränkung auf Stichproben ausreichend. Beachtung des Betriebszustandes zum Zeitpunkt der Messung (Zeitschema, CO ₂ -Regelung) Bei Druckkompensationsverfahren auf luftdichten Anschluss der Haube achten (hier Perforierung).
9.2	Messung Spez. Ventilatorleistung	Einfache Messung vor Ort. Differenzdruckmessgerät notwendig. Ermittlung des k-Faktors der Ventilatoren notwendig.
9.3	Messung Stromlastprofil Lüftungsanlage	Aussagekräftige Messergebnisse Elektriker für Aufschaltung des Loggers in den Verteilerkasten notwendig.
9.4	Messung Stromlastprofil Klimasplitgeräte	Aussagekräftige Messergebnisse Elektriker für Aufschaltung des Loggers in den Verteilerkasten notwendig.
9.5	Auswertung Stromverbräuche Lüftungsanlage Klimasplitgeräte	Berechnung aus Stromlastprofilen, gute Überprüfung von Einzelverbrauchern

Tabelle 16 **Empfehlungen zum Gebäudebetrieb**

Nr.	Prüfung	Empfehlungen zum Gebäudebetrieb
9.1	Messung Luftvolumenstrom Raum	Kein Handlungsbedarf, da Luftvolumenströme der Räume im Toleranzbereich (Anemometermessung)
9.2	Messung Spez. Ventilatorleistung	Geplante niedrige SFP-Werte von werden von den gemessenen sogar unterschritten. Fazit: Hohe Effizienz
9.3	Messung Stromlastprofil Lüftungsanlage	Stromlastprofile sind über gesamten Zeitraum nachvollziehbar. Die Anlagen sind gut geregelt, eine sommerliche Nachtlüftung ist realisiert.
9.4	Messung Stromlastprofil Klimasplitgeräte	UG Server: ganzjährig hohe Grundlasten, wenig äußere Lasten, 2.OG Technik: geringe Grundlasten, hohe äußere Lasten
9.5	Auswertung Stromverbräuche Lüftungsanlage Klimasplitgeräte	Der Stromverbrauch der Lüftungsanlage 1 entspricht mit 1,8 kWh/(m ² NGF·a) der guten SFP-Klassifizierung 2. Prüfung der Ursachen für hohen Stromverbrauch des Klimasplitgerätes im Technikraum 2.OG mit Wechselrichtern. Ggf. Erhöhung der Raumsolltemperatur. Das Klimasplitgerät für Server im UG hat geringen Stromverbrauch.

6 Qualitätsprüfung Sporthalle Markgrafenschule

In der Sporthalle Markgrafenschule werden über thermografische Aufnahmen vorhandene Bauteilanschlüsse und die Ausführung der neu verbauten Innendämmung überprüft. Zudem wird die Wärmeübertragung der Deckenstrahlplatten bewertet. Gesondert wird der Gerätraum im Hinblick auf Raumtemperatur und Raumluftfeuchte betrachtet.

6.1 Gebäudebeschreibung

Die Sporthalle Markgrafenschule ist Teil des Schulzentrums Egerstraße mit der Markgrafenschule, der Realschule Dreiländereck und dem Oberrhein Gymnasiums. Die Sporthalle Markgrafenschule ist im Jahr 1970 in Betrieb genommen worden und in den Jahren 2006 (Dachdämmung) und 2013 (Innendämmung) saniert worden.

Das Gebäude erfüllt einen EnEV-Altbau-Standard.



Abbildung 70 Vogelperspektive
Quelle: Weil am Rhein



Abbildung 71 Halle Innen Nordwand

Tabelle 17 Allgemeine Gebäudeparameter

Sporthalle Markgrafenschule Weil am Rhein	
Baujahr	1970 2006 Sanierung Dachdämmung 2013 Sanierung Innendämmung
Nutzung	Dreifeldsporthalle angegliedert an Realschule
Wärmebereitstellung	Nahwärme, BHKW
Standard/Ziel	EnEV 2009 Altbau
NGF	1.774 m ²

6.2 Thermografie

Schwerpunkt der thermografischen Aufnahmen sind vorhandene Bauteilanschlüsse und die Ausführung der neu verbauten Innendämmung.

6.2.1 Dokumentation der Prüfung

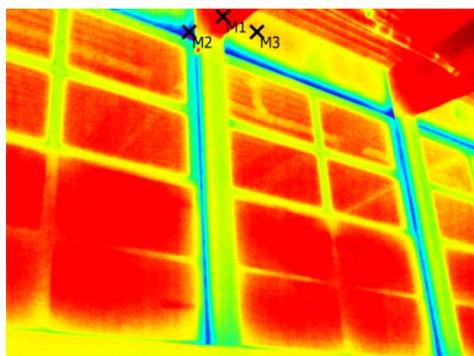


Abbildung 72 Thermografie Nordwand der Halle

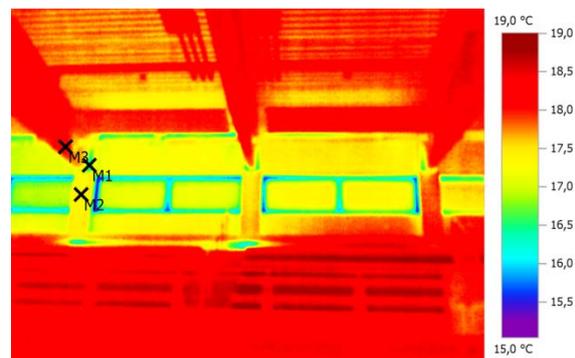


Abbildung 73 Thermografie Südwand der Halle mit Tribüne

Die Thermografieuntersuchung ist am 11.12.14 um 10 Uhr bei Außentemperaturen von 3,4°C (DWD) im dritten Hallenfeld Richtung Osten durchgeführt worden. Im Anhang ist die gesamte Untersuchung mit den Thermografieaufnahmen und den realen Bildern sowie einer kurzen Bewertung dokumentiert.

6.2.2 Analyse und Bewertung

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Thermografieuntersuchung zusammen.

Tabelle 18 Ergebnisse der Thermografieuntersuchung

Gebäude/ Raum	Oberflächentemperatur		Deckenstrahlplatten	
	Wärmeschutz	Temperatur	Betrieb	Temperatur
Anschlusspunkte Außenwand S	ausreichend	16°C bis 18°C	-	-
Anschlusspunkte Außenwanddecke NW	eingeschränkt	13-15°C	-	-
Anschlusspunkte Außenwand N	stark eingeschränkt	14°-15C	-	-
Anschlusspunkte Außenwand W	leicht eingeschränkt	16°C		
Decke Geräteraum	leicht eingeschränkt	15°C bis 16°C	-	-
Deckenstrahlplatten Dach	-	-	Nein	18°C

Die Oberflächentemperatur der ungedämmten Betonstützen an der Nordwand beträgt ca. 14°C. Es besteht die Gefahr von Kondensatbildung im Bereich der gesamten Anschlusspunkte (s. Abbildung 72). Zu prüfen sind daher verbesserte Dämmmaßnahmen der Betonstützen zur Vermeidung von Kondensationsschäden und erhöhter Wärmeverluste.

Auch die unzureichend gedämmte Decke des Geräteraums ist hinsichtlich einer Verbesserung zu prüfen. Der Wärmeschutz im Anschlusspunkt Dach und Westwand ist leicht eingeschränkt (s. Abbildung 75).

Der Wärmeschutz der Fassadenpaneele in Südwand dagegen ist ausreichend. Auch die umgesetzte Innendämmung in der Südwand bietet einen ausreichenden Wärmeschutz.

Die Oberflächentemperatur der Deckenstrahlplatten mit ca. 18°C entspricht vermutlich der Innenraumtemperatur im Deckenbereich (s. Abbildung 75). Da der Betrieb der Deckenstrahlplatten trotz geringer Außentemperatur von 3,4 °C und Hallennutzung nicht erkennbar ist, wird eine Prüfung der Anlagenregelung empfohlen.

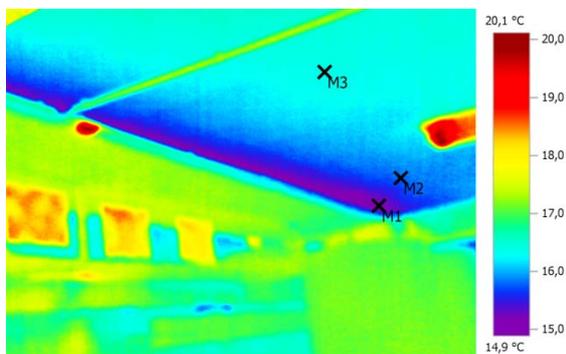


Abbildung 74 Thermografie Decke Geräteraum

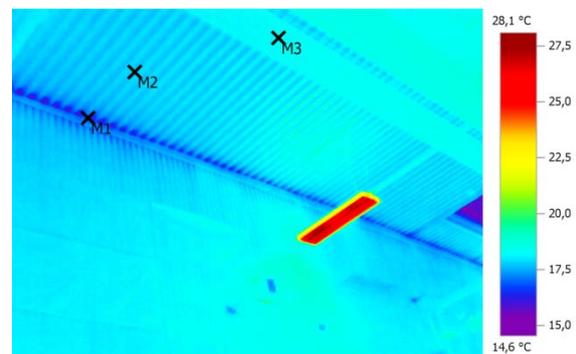


Abbildung 75 Thermografie Südwand der Hallendach Richtung Westwand

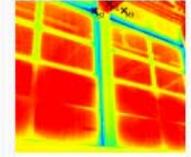
6.2.3 Checkliste im task manager

Im Folgenden ist das Dokumentations-Ticket für die Bewertung der Thermografieaufnahmen dargestellt.

Die Checkliste gliedert sich in die Obergruppen

- Grundlagen
- Dokumentation
- Bewertung

▼ Aufnahme7

Beschreibung Lage	Anschlusspunkte Außenwand Nord	?
Uhrzeit	10:00	
Außentemperatur	3,4	?
durchschnittliche Oberflächentemp.	14	?
Dokumentation	   	?

▼ Bewertung

Wärmebrücken	Gefährdung durch Kondensat	▼
Anlagenbetrieb	keine Prüfung vorgenommen	▼
Empfehlung	Oberflächentemperatur Betonstütze ca. 14°C Gefahr von Kondensatbildung Prüfen von verbesserten Dämmmaßnahmen der Betonstützen zur Vermeidung von Kondensationsschäden und erhöhter Wärmeverluste, ausreichender Wärmeschutz Paneele	▲ ☰ ▼

Abbildung 76 Ausschnitt task manager Thermografie

Dokumentiert werden der Ort der Messung im Grundriss, die Thermografieaufnahmen und die Realbilder. Unter folgendem Link ist die Checkliste „Thermografieaufnahmen Sporthalle Markgrafenhalle“ einsehbar:

<https://apps.synavision.de/vm3/taskmanager/#ticketguest?9b351f80-b7c3-419a-8501-8c68735350ed>

6.3 Raumtemperatur / Raumfeuchte Geräteraum

Im Geräteraum des westlichen Hallenfeldes besteht aufgrund der unzureichend gedämmten Daches und der Ablüftung der Hallenluft über Lüftungsschlitze zur Halle eine Gefahr der Schimmelbildung. Dies wird im Folgenden untersucht.

6.3.1 Dokumentation der Prüfung



Abbildung 77 Thermografie Decke Geräteraum

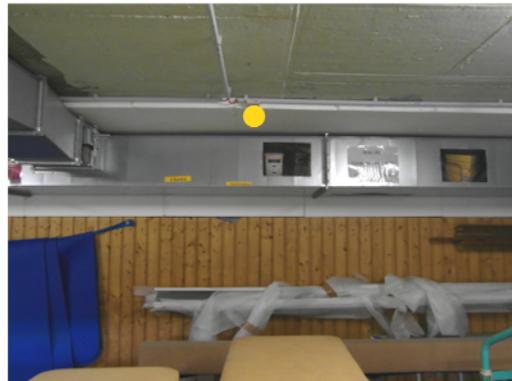


Abbildung 78 Thermografie Südwand der Hallendach Richtung Westwand

6.3.2 Analyse und Bewertung

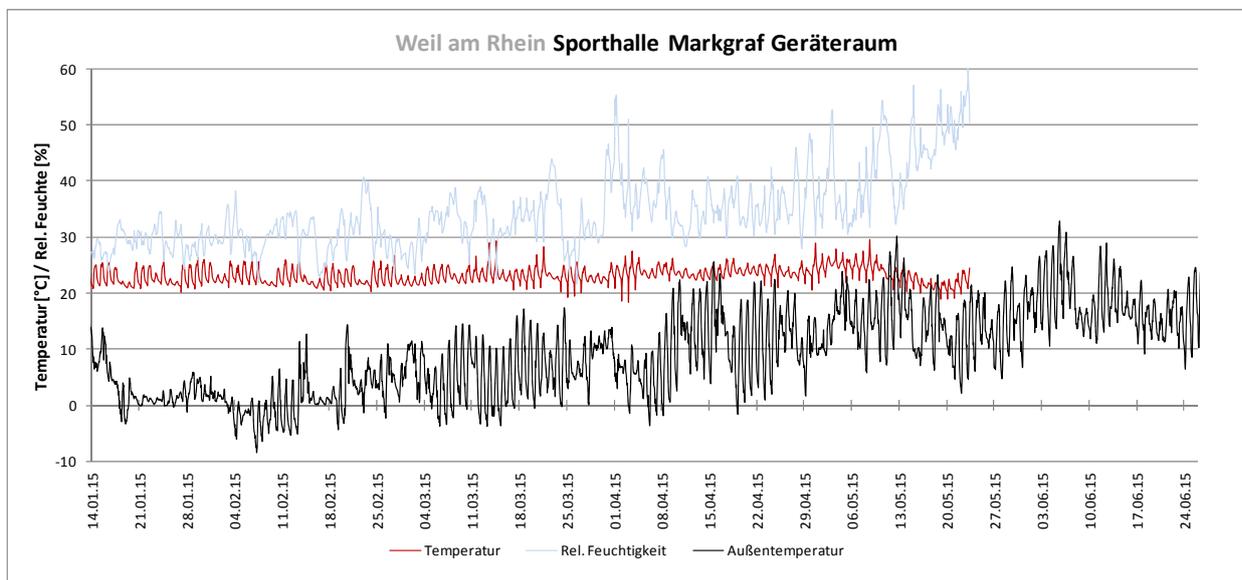


Abbildung 79 Verlauf der Temperatur und Raumfeuchte

Ergebnis der Untersuchung ist, dass die Raumlufttemperatur während des gesamten Messzeitraums nicht unter 20°C fällt und die Raumluftfeuchte nicht über 40% steigt. Temperatur und Feuchte im Raum liegen damit im unkritischen Bereich.

6.4 Zusammenfassung der Prüfungen

Im Folgenden werden Ergebnisse der Betriebsanalysen und die Anwendungserfahrungen zu den EQM-Prozessen zusammengefasst.

Tabelle 19 Bewertung der EQM-Prozesse

Nr.	Prüfung	Anwendungsbewertung der Prüfprozesse
7.1 bis 7.3	Thermografie Gebäudehülle	Effektiver Prüfprozess, Beachtung der Randbedingungen Messungen von Raum- und Außenlufttemperatur ergänzen die Auswertung. Abgleich mit Daten der Gebäudeautomation zur momentanen Funktion sinnvoll
7.4	Thermografie Deckenstrahlplatten Dach	Prüfung von unter Decke hängender Heizdecken ohne größeren Aufwand möglich.
7.5	Raumtemperatur / Raumfeuchte Geräteraum	Einfache Langzeitmessung.

Tabelle 20 Empfehlungen zum Gebäudebetrieb

Nr.	Prüfung	Empfehlungen zum Gebäudebetrieb
7.1	Thermografie Außenwand S	Wärmeschutz ausreichend
7.2	Thermografie Außenwand N und NW	Gefahr von Kondensatbildung im Bereich der ungedämmten Betonstützen, Prüfung von Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes
7.3	Thermografie Decke Geräteraum	Wärmeschutz eingeschränkt, Prüfung von Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes
7.4	Thermografie Deckenstrahlplatten Dach	Kein Heizbetrieb bei Außentemperatur von 3,4 °C, Prüfung der Anlagenregelung empfohlen.
7.5	Raumtemperatur / Raumfeuchte Geräteraum	Temperatur und Feuchte liegen im unkritischen Bereich.

7 Qualitätsprüfung Rheinschule Neubau

Untersuchungsziel des Neubaus Rheinschule war die Betriebsprüfung der Fußbodenheizung.

7.1 Gebäudebeschreibung

Als Ergänzungsbau zu dem Gebäudebestand der Grundschule Rheinschule aus den Jahren 1909 und 1960 ist im Jahr 2014 ein Neubau in Betrieb genommen worden.



Abbildung 80 Eingangsbereich Quelle: Hannes **Abbildung 81 Innenraum**
Lauber, Badische Zeitung

Tabelle 21 Allgemeine Gebäudeparameter

Neubau Rheinschule Weil am Rhein	
Baujahr	Neubau: 2014, Bestand: 1909 / 1960
Nutzung	Grundschule Mensa, Werk-, Spiele-, Ruhe- und Sprachförderraum Lernwerkstatt
Wärmebereitstellung	Gas-Brennwertkessel
Standard/Ziel	EnEV 2009 Neubau -25%
NGF	1.774 m ²

7.2 Thermografie

7.2.1 Dokumentation der Prüfung

Die Thermografieuntersuchung ist am 11.12.14 um 13 Uhr bei Außentemperaturen von 4,1°C (DWD) in fünf Räumen durchgeführt worden.

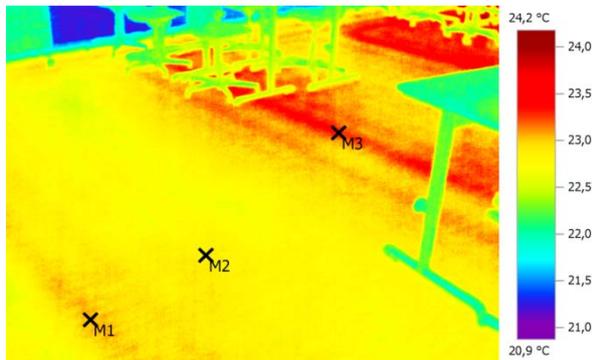


Abbildung 82 Thermografie Raum 16 Lernwerkstatt



Abbildung 83 Thermografie Raum 15 Spielezimmer

Im Anhang ist die gesamte Untersuchung mit den Thermografieaufnahmen und den realen Bildern sowie einer kurzen Bewertung dokumentiert.

7.2.2 Analyse und Bewertung

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Thermografieuntersuchung zusammen.

Tabelle 22 Ergebnisse der Thermografieuntersuchung

Gebäude/ Raum	Fußbodenheizung	
	Betrieb	Temperatur
Raum 5 Werkraum	Ja	21°C bis 22°C
Raum 17 Ruheraum	Ja	22°C bis 24°C
Raum 16 Lernwerkstatt	Ja	23°C
Raum 15 Spielezimmer	unklar	20°C
Raum 14 Sprachförderung	Ja	22°C

In vier der fünf untersuchten Räume sind am Boden Oberflächentemperaturen von 21 bis 24 °C gemessen worden. Ein Betrieb der Fußbodenheizung war erkennbar.

Bei Oberflächentemperaturen von 20 °C im Raum 15 war der Betrieb nicht eindeutig erkennbar. Eine Wärmeabgabe war zum Zeitpunkt der Messung nicht gegeben.

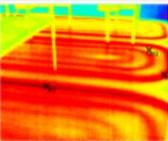
7.2.3 Checkliste im task manager

Im Folgenden ist das Dokumentations-Ticket für die Bewertung der Thermografieaufnahmen dargestellt.

Die Checkliste gliedert sich in die Obergruppen

- Grundlagen
- Dokumentation
- Bewertung

▼ Aufnahme1

Beschreibung Lage	Raum 5 Werkraum	
Uhrzeit	13:00	
Außentemperatur	4,1	?
durchschnittliche Oberflächentemp.	21,5	?
Dokumentation	<div style="display: flex; align-items: center;">    <div style="margin-left: 10px;">  </div> </div>	

▼ Bewertung

Wärmebrücken	keine Prüfung vorgenommen	
Anlagenbetrieb	Wärmebetrieb erkennbar	
Empfehlung	<div style="font-size: 0.9em;"> -Bitte wählen- Kältebetrieb erkennbar kein Kältebetrieb erkennbar Wärmebetrieb erkennbar kein Wärmebetrieb erkennbar keine Prüfung vorgenommen keine Bewertung möglich </div>	

▼ Aufnahme2

Beschreibung Lage	Raum 17 Ruheraum	
Uhrzeit	13:00	

Abbildung 84 Ausschnitt task manager Thermografie

Dokumentiert werden der Ort der Messung im Grundriss und die Thermografieaufnahmen mit den Realbildern.

7.3 Raumtemperatur/ Raumfeuchte Werkraum

Der im Raum 5 Werkraum platzierte Logger (Hobo) für die Raumtemperatur und Raumfeuchte konnte nicht mehr angefounden werden. Somit stehen keine Messergebnisse zur Verfügung.

7.4 Zusammenfassung der Prüfungen

Im Folgenden werden Ergebnisse der Betriebsanalysen und die Anwendungserfahrungen zu den EQM-Prozessen zusammengefasst.

Tabelle 23 Bewertung der EQM-Prozesse

Nr.	Prüfung	Anwendungsbewertung der Prüfprozesse
8.1	Thermografie Fußbodenheizung	Da Fußbodenheizung je nach Betriebszustand geringe Oberflächentemperaturen aufweist, ist Betrieb nicht immer eindeutig nachweisbar.

Tabelle 24 Empfehlungen zum Gebäudebetrieb

Nr.	Prüfung	Empfehlungen zum Gebäudebetrieb
8.1	Thermografie Fußbodenheizung	In vier der fünf Räume sind Oberflächentemperaturen von 21 bis 24 °C gemessen worden. Ein Betrieb der Fußbodenheizung war erkennbar. Im Raum 15 war der Betrieb bei Oberflächentemperaturen von 20 °C nicht erkennbar.

8 Wirkung der Umsetzung

8.1 Entwicklung der Qualitätssicherung

Die Energiewende im Gebäudebereich wird nur durch besseres Qualitätsmanagement zu erreichen sein. Ausgehend von der Annahme, dass Performancedefizite in Gebäuden häufig auf Qualitätsdefizite zurückzuführen sind, hat dieses Projekt einen generischen Prozess für das Qualitätsmanagement nachhaltiger Gebäude entwickelt. Im Kern besteht dieser aus einem Qualitätsregelkreis, in dem jeweils für spezifische Prüfgrößen Soll- und Ist-Werte ermittelt und mit einer geeigneten Prüfmethodik verglichen werden. Das Ergebnis wird dann zweckorientiert in das einzelne Projekt oder eine strategische Entwicklung von Planungs- oder Prozesszielen übertragen.

Im Rahmen des Gesamtprojekts worden die Checklisten des task managers und das Betriebsmonitoring mit dem Prüfstand für die Gebäudeperformance als Software-Werkzeuge entwickelt und angewendet. Mit ihnen können Prüfprozesse in eindeutig definierter und nachvollziehbarer Form effektiv in den verschiedenen Phasen des Lebenszyklus von Gebäuden angewendet werden. Damit sind die Grundlagen für eine standardisierte und leistungsfähige Skalierung des Energie- und Qualitätsmanagements als Dienstleistung für nachhaltige Gebäude gelegt.

Im Bereich der Standardisierung von Prüfvorgängen und dem Aufbau einer allgemeinen Wissensbasis bietet die Digitalisierung der Qualitätssicherung mittelfristig großes Potential. Durch die einfache Bereitstellung der Inhalte, können auch kleinere Unternehmen oder einzelne Personen von den zur Verfügung gestellten Inhalten profitieren. Auch im Bereich der Forschung ergeben sich weitere interessante Fragestellungen, zum Beispiel in den Bereichen Smart-Data oder der Verknüpfung der Qualitätssicherung in einem größeren, gebäudeübergreifenden Kontext.

8.2 Weiterführende, resultierende Maßnahmen

Weiterer Forschungsbedarf wird nun in der Begleitung und Evaluation der praktischen Anwendung in einer größeren Anzahl von Projekten gesehen. In dieser können dann – neben einem effektiven Qualitätsmanagement - auch repräsentative Daten zu Qualitätsdefiziten in der Breite des Gebäudebestands erfasst sowie Analysen zur Qualitätskompetenz z.B. in Bauverwaltungen entwickelt werden. Die Kommunikation der Ergebnisse in zahlreichen Vorträgen hat das Interesse insbesondere der öffentlichen Bauverwaltungen am Energie- und Qualitätsmanagement bestätigt.

9 Öffentlichkeitsarbeit

9.1 Workshops und Vorträge

Über die beschriebenen Prüfleistungen hinaus waren zur Projektkommunikation Workshops vorgesehen. Für das badenova-Projekt hat am 10.12.14 ein Workshop bei der Stadt Weil am Rhein stattgefunden, bei dem die Qualitätssicherung für kommunale Gebäude im Fokus gestanden hat. Ein am 26.11.15 geplanter Expertenworkshop (70 Teilnehmer) mit dem Titel „Qualitätsmanagement für die Gebäudeautomation - Planen, Prüfen, Optimieren“ in Stuttgart musste kurzfristig abgesagt werden.

Tabelle 25 Übersicht der Projektkommunikation EQM

Datum /Ort	Partner	Thema / Anwendungsbereich
05.02.14 Braunschweig	proklima PlanungsBüro Schmidt Carsten Grobe Passivhaus Architektur- und TGA-Büro	Workshop 1 Abstimmung: Anwendung in Praxisprojekten
10.04.15 Hamburg	IFB-Bank IFB-Qualitätssicherer	Workshop 1 Abstimmung: Vorstellung des Werkzeuges Möglichkeiten der Umsetzung
11.06.14 Hannover	Proklima PlanungsBüro Schmidt Carsten Grobe Passivhaus Architektur- und TGA-Büro	Workshop 2 Schulung Mitarbeiter: Umsetzung Praxisprojekte
19.06.14 Hamburg	IFB-Bank IFB-Qualitätssicherer	Workshop 2 Abstimmung: Anwendung in Praxisprojekten
19.09.14 Braunschweig	AktivPlus e. V.	Abstimmungsgespräch Qualitätssicherung für AktivPlus-Gebäude
10.12.14 Weil am Rhein	Stadt Weil am Rhein Gebäudemanagement	Workshop Qualitätssicherung für kommunale Gebäude

06.04.15 Braunschweig	Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e. V.	Workshop „Kommunale Energiewende“ QS für Förderprojekt
17.04.15 Leipzig	19. Passivhaus-Tagung	Vortrag: EQM Checkliste proKlima
18.04.15 Leipzig	19. Passivhaus-Tagung	Vortrag: proKlima Neubau Kindertagesstätten
27.04.15 Hannover	Difu: 20. Deutscher Fachkongress für Kommunales Energiemanagement	Vortrag: EQM für nachhaltige Gebäude

Darüber hinaus sind das Vorgehen und die Ergebnisse der Forschungsprojekte auf verschiedenen Ebenen wie weiteren Workshops, Vorträgen und Schulungen kommuniziert worden. Die folgende Tabelle stellt die wesentlichen Termine zusammen auf denen das Forschungsprojekt kommuniziert worden ist.

10 Zusammenfassung

Wie im DBU-Projekt haben sich die gewählten Prüfprozesse grundsätzlich als effektiv erwiesen. Insbesondere die Messung von Systemtemperaturen über temporäre und mobile Logger an den Vor- und Rückläufe der jeweiligen Anlagenkomponente hat sich beim badenova-Projekt als hilfreich erwiesen. Wichtige Aussagen zur Betriebsweise wie Zeitschema und Temperaturniveau konnten über die Heizperiode getroffen werden.

Auch die Erfahrungen beim Einsatz von temporären und mobilen Logger für die Messung des Stromverbrauchs einzelner Teilverbraucher werden positiv beurteilt. Lastprofile über mehrere Monate geben wichtige Hinweise auf den Betriebsregelung und Einsparmöglichkeiten. Hilfreich sind hier Vergleiche mit Kennwerten ähnlicher Anlagen aus dem Betrieb.

Deutlich eingeschränkt dagegen war die Aussagekraft der ausgelesenen Daten aus der Gebäudeautomation. Schon am Anfang hat sich der Export als sehr aufwändig erwiesen. Eine Verständnis der Daten und eine Zuordnung war aufgrund fehlender Benennung der Datenpunkte in der Regel nicht möglich. Die wenigen Daten mit Benennung waren überwiegend plausibel und passten zu denen der mobilen Logger. Für zukünftige Projekte werden daher eindeutige Vorgaben für die Datenübergabe aus der Gebäudeautomation schon ab der frühen Phase der Planung empfohlen.

Die folgende Tabelle fasst die wichtigsten Ergebnisse und Bewertungen zur Prozessanwendung zusammen.

Tabelle 26 Bewertung der EQM-Prozesse

Prüfung	Anwendungsbewertung der Prüfprozesse
Thermografie-aufnahmen von Heizungs- und Kälteanlagen	<ul style="list-style-type: none"> • Effektive Methode zur Betriebsprüfung folgender Zustände <ul style="list-style-type: none"> ○ Gleichmäßige Erwärmung des Fußbodens ○ Identifizierung von Strömungsblockaden ○ Prüfung des richtigen Temperaturniveaus • Prüfung von Deckenstrahlplatten möglich • Eingeschränkte Aussagekraft bei Betriebszuständen mit geringen Oberflächentemperaturen bzw. Temperaturdifferenzen • Betrieb (Durchströmung) nicht eindeutig nachweisbar • Abgleich mit Daten der Gebäudeautomation sinnvoll • Raum- und Außenlufttemperatur sind zu berücksichtigen
System-temperaturen	<ul style="list-style-type: none"> • Effektive und kostengünstige Methode mit temporären Logger • Sichere Datenaufnahme unabhängig von der Gebäudeautomation möglich • Aussagekräftige Prüfung der Betriebsweise (Zeitschema, Temperaturniveau) mit Ausnahme von Volumenströmen möglich • Empfehlung zur Datenaufnahme ab Inbetriebnahme
Gebäude-automation	<ul style="list-style-type: none"> • Empfehlung für zukünftige Funktionsbeschreibungen: <ul style="list-style-type: none"> ○ Eindeutige Beschreibung aller Betriebszustände auf Systemebene ○ Angabe prüfbarer Parametrierungen der Anlagen ○ Empfehlung für die Gebäudeautomation: ○ Benennung der Datenpunkte (Klartext) nach einer vom Auftraggeber vorgegebenden nachvollziehbaren und eindeutigen Systematik zu benennen ○ Eindeutige Vorgabe für den Datenexport (Datenpunktliste,

	Dateiformat, Übergabe) und Verwendung eines vordefinierten csv-Datei-Formats
Luftvolumenstrom Raum	<ul style="list-style-type: none"> • Praktikabler Prüfprozess im Druckkompensationsverfahren • Beschränkung der Räume auf Stichproben i.d.R. ausreichend • Abgleich mit geplanter Betriebsweise (Kanalnetzberechnung) bzw. Messprotokoll Inbetriebnahme • Berücksichtigung geeigneter Randbedingungen: <ul style="list-style-type: none"> ○ Beachtung des Betriebszustands zum Messzeitpunkt (Zeitschema, ggf. CO₂-Regelung) ○ Beachtung eines luftdichten Anschlusses der Haube bei Druckkompensationsverfahren (hier Perforierung Wandverkleidung) ○ Bei langen Schlitzauslässen keine Haube verfügbar • Alternativ: Luftkanalmessung mit Anemometer (Bohrung notwendig)
Spez. Ventilatorleistung	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Aussagekraft für Beurteilung der Anlageneffizienz • Einfache Umsetzung mit Messung des Differenzdruckes am Ventilator und Ablesen der Leistung des Frequenzumformers • Angabe des k-Faktors der Ventilatoren für Berechnung des Volumenstromes notwendig • Bei kleinen Anlagen: Fehlen der Messstelle für Wirkdruck und Display Frequenzumformer
Stromlastprofil	<ul style="list-style-type: none"> • Praktikable Überprüfung von Teilverbrauchern durch temporäre Messung mit Logger • Sichere Datenaufnahme unabhängig von der Gebäudeautomation • Messung im Verteilerkasten für Großverbraucher möglich • Aufschaltung des Loggers in Verteilerkasten nur durch Elektriker • Prüfung der Betriebsweise (Zeit- und Lastschema) möglich

Wichtigste Erkenntnisse zum Gebäudebetrieb haben sich vor allem bei der Analyse der Stromlasten ergeben. Im Oberrhein-Gymnasium hat sich die geplante hohe Effizienz der Lüftungsanlage durch die Messungen im Betrieb voll bestätigt. Dagegen hat das Klima-splitgerät im Technikum des 2.OG einen auffällig hohen Stromverbrauch. Es wird empfohlen die Ursachen z.B. zu niedrige Raumsolltemperatur zu prüfen.

In der Feuerwache mit Betriebshof wird eine Überprüfung der Heizkreise mit Mischventil empfohlen, da die Kennlinien der Heizkreise nicht der Vorgabe der Funktionsbeschreibung folgen.

Die Thermografie der Sporthalle Markgrafenschule hat in einigen unsanierten Bereichen niedrige Oberflächentemperaturen mit Gefahr von Kondensatbildung ergeben. Hier werden Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes empfohlen, die nach Aussage der Stadt in Teilen auch schon geplant sind.

Tabelle 27 **Empfehlungen zum Gebäudebetrieb**

Prüfung	Empfehlungen zum Gebäudebetrieb
Thermografie	Feuerwache/Betriebshof: <ul style="list-style-type: none"> • Keine Auffälligkeiten: In Aufenthaltsbereichen ist Fußbodenheizung bei Außentemperaturen von 8,4°C aktiv, in Bereiche von Fahrzeughalle, Werkstätten und Fluren noch nicht.

	<p>Sporthalle Markgrafenschule:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prüfung von Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes • Gefahr von Kondensatbildung im Bereich der ungedämmten Betonstützen in der Nordwand • Eingeschränkter Wärmeschutz bei der Decke Geräteraum • Prüfung der Anlagenregelung Deckenstrahlplatten Dach • Kein Heizbetrieb erkennbar bei Außentemperatur von 3,4 °C und Nutzung <p>Neubaus Rheinschule:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betrieb der Fußbodenheizung war erkennbar.
System-temperaturen	<p>Feuerwache/Betriebshof:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Messwerte weitgehend plausibel
Gebäude-automation	<p>Feuerwache/Betriebshof:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennlinien der Heizkreise sind zu prüfen • Pumpen auf Dauerläufer sind zu prüfen • Relevante Raumtemperaturen sollten auf Trend gelegt werden
Luftvolumenstrom Raum	<p>Oberrhein-Gymnasium:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kein Handlungsbedarf, da Luftvolumenströme im Toleranzbereich (Anemometermessung)
Spez. Ventilatorleistung	<p>Oberrhein-Gymnasium:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lüftungsanlage 1: Geplante niedrige SFP-Werte werden durch gemessene Werte unterschritten. Fazit: Sehr hohe Effizienz
Stromlastprofil Lüftungsanlage	<p>Oberrhein-Gymnasium:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lüftungsanlage 1: Sehr hohe Energieeffizienz • Lastprofile Zu- und Abluft über gesamten Messzeitraum nachvollziehbar • SFP-Werte liegen unterhalb der Grenzwerte der Planung
Stromlastprofil Klimasplitgeräte	<p>Oberrhein-Gymnasium:</p> <ul style="list-style-type: none"> • UG Server: ganzjährig hohe Grundlasten, wenig äußere Lasten, geringer Verbrauch • 2.OG Technik: geringe Grundlasten, hohe äußere Lasten, hoher Verbrauch • Prüfung der Ursachen, ggf. Erhöhung der Raumsolltemperatur bzw. der Regelhysterese des Geräts

Im gesamten Projekt hat sich gezeigt, das Energie- und Qualitätsmanagement für die heutigen Gebäude ein wichtiger Baustein zur Erreichung der Performanceziele ist. Voraussetzung sind gut und präzise definierte Prozesse für einzelne Prüfungen und ein Bewusstsein für die Bedeutung der Qualität bei allen Beteiligten, insbesondere aber beim Bauherren.

11 Fazit und Ausblick

Ausgehend von der Annahme, dass Performancedefizite in Gebäuden häufig auf Qualitätsdefizite zurückzuführen sind, hat das EQM- Projekt einen generischen Prozess für das Qualitätsmanagement nachhaltiger Gebäude entwickelt. Im Kern besteht dieser aus einem Qualitätsregelkreis, in dem jeweils für spezifische Prüfgrößen Soll- und Ist-Werte ermittelt und mit einer geeigneten Prüfmethodik verglichen werden. Das Ergebnis wird dann zweckorientiert in das einzelne Projekt oder eine strategische Entwicklung von Planungs- oder Prozesszielen übertragen. Ein weiteres zentrales Element sind konkrete Dokumentationsvorgaben für die Prüfungen.

Im Projekt konnten dieser generische Ansatz auf eine Vielzahl von Prozessen übertragen werden. Dabei wurde deutlich, dass die konkrete Umsetzung sowohl methodisch als auch technisch in der eingesetzten Software-Lösung präzise analysiert und optimiert werden muss, um eine effektive Anwendung zu ermöglichen.

Im Ergebnis stehen jedoch über 40 Checklisten für verschiedenste EQM-Prozesse zur Verfügung, vom konventionellen Mängelmanagement auf der Baustelle über die Durchführung von Blower-Door-Tests bis zur Dokumentation von Fördermaßnahmen.

Die erprobten Prüfprozesse haben sich im badenova-Projekt grundsätzlich als effektiv erwiesen. Der Einsatz von temporären und mobilen Loggern z.B. für die Ermittlung von Systemtemperaturen und Stromlastgängen hat sich bewährt, da mit wenig technischen und finanziellen Einsatz bewertbare Daten zur Betriebsweise und Effizienz zur Verfügung gestanden haben. Zur vertiefenden Analyse wird empfohlen, ergänzende und leicht verfügbare Daten zum Betriebszustand wie z.B. aus der Funktionsbeschreibung oder aus der DDC bei der Analyse zum Soll-Ist-Vergleich heranzuziehen.

Als wenig effektiv dagegen hat sich in diesem Projekt die Datenquelle Gebäudeautomation erwiesen, auf die der Gebäudebetreiber das Betriebsmonitoring eigentlich stützen will. Ein zeitaufwändiger über weite Strecken nicht-automatisierter Datenexport und die oftmals nicht zuordnungsfähigen Datenpunkte schränken den Prüfprozess für die Feuerwache deutlich ein. Die Verfügbarkeit der Daten außerhalb der Gebäudeautomation und präzise Spezifikationen sollte in zukünftigen Projekten dringend angestrebt werden.

Qualitätsmanagement ist kein Selbstzweck, sondern dient wie alle anderen Maßnahmen dem Ziel eines qualitativ hochwertigen Bauwerks und sollte in der Regel wirtschaftlich sein.

Der Nutzen ist auf Grund der am Bau fehlenden Serienfertigung nur schwer empirisch zu bewerten. Projekte zur Betriebsoptimierung im Bestand zeigen jedoch Amortisationszeiten für gering- und nicht-investive Maßnahmen von weniger als einem Jahr.

Bei der Qualitätssicherung im Zuge einer Baumaßnahme sind die Voraussetzungen deutlich günstiger, so dass mit mindestens ebenso kurzen Amortisationszeiten zu rechnen ist. Damit ist ein effektives Qualitätsmanagement eine der wirtschaftlichsten Maßnahmen für energieoptimiertes Bauen.

Mit dem task manager steht eine kostengünstige und einfach zu verwendende webbasierte Software-Anwendung zur Verfügung. Mit ihm können Prüfprozesse in eindeutig definierter und nachvollziehbarer Form effektiv in den verschiedenen Phasen des Lebenszyklus von Gebäuden angewendet werden. Damit sind die Grundlagen für eine standardisierte und leistungsfähige Skalierung des Energie- und Qualitätsmanagements als Dienstleistung für nachhaltige Gebäude gelegt.

Weiterer Forschungsbedarf wird in der Begleitung und Evaluation der praktischen Anwendung von EQM-Prozessen in einer größeren Anzahl von Projekten gesehen. In dieser können dann repräsentative Daten zu Qualitätsdefiziten in der Breite des Gebäudebestands erfasst sowie Analysen

zur Qualitätskompetenz bei den verschiedenen Akteuren entwickelt werden. Die Kommunikation der Ergebnisse in zahlreichen Vorträgen hat das Interesse insbesondere der öffentlichen Bauverwaltungen am Energie- und Qualitätsmanagement bestätigt. Die Anwendung in der Praxis soll nun folgen.

12 Anlage: Projekterkenntnisse

Der Bericht schließt mit der Darstellung der drei wesentlichen Erkenntnisse aus dem Projekt ab.

Tabelle 28 Projekterkenntnisse

1.	<p>Die Prüfprozesse haben sich im badenova-Projekt grundsätzlich als effektiv erwiesen.</p> <p>Der Einsatz von temporären und mobilen Loggern z.B. für die Ermittlung von Systemtemperaturen und Stromlastgängen hat sich bewährt.</p> <p>Zur vertiefenden Analyse wird empfohlen, leicht verfügbare Daten zum Betriebszustand z.B. aus Funktionsbeschreibung oder DDC bei der Analyse zum Soll-Ist-Vergleich heranzuziehen.</p>
2.	<p>Als wenig effektiv hat sich in diesem Projekt die Datenquelle Gebäudeautomation erwiesen.</p> <p>Die Verfügbarkeit der Daten außerhalb der Gebäudeautomation und präzise Spezifikationen sollte dringend angestrebt werden, um dem Gebäudebetreiber ein effektives Betriebsmonitoring zu ermöglichen.</p>
3.	<p>Der Nutzen des Qualitätsmanagements ist auf Grund der am Bau fehlenden Serienfertigung nur schwer empirisch zu bewerten. Projekte zur Betriebsoptimierung im Bestand zeigen jedoch Amortisationszeiten für gering- und nicht-investive Maßnahmen von weniger als einem Jahr. Damit ist ein effektives Qualitätsmanagement eine der wirtschaftlichsten Maßnahmen für energieoptimiertes Bauen.</p>