

Bewilligungsempfänger:  
Stadt Sonthofen  
Rathausplatz 1, 87527 Sonthofen

## Abschlussbericht

**Umsetzung und Monitoring der ganzheitlichen Sanierung einer in Fertigteilbauweise  
errichteten Bestandsschule („Kasseler Modell“) zu einer Niedrigstenergieschule /  
Passivhauschule**

**gefördert unter dem AZ 25812 / 02  
von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)**



Verfasser:

Herr Werner Haase, Dipl.-Ing.(FH) Architekt  
Herr René Müller; Dipl.-Ing. (TU) Architekt  
Architekturbüro Werner Haase



Karlstadt, Oktober 2015

Bezugsquelle:  
Deutsche Bundesstiftung Umwelt  
Osnabrück

**Projektkennblatt**  
der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



Az	<b>25812/02</b>	Referat	<b>25</b>	Fördersumme	<b>386.000 €</b>
<b>Antragstitel</b>	Umsetzung und Monitoring der ganzheitlichen Sanierung einer in Fertigteilbauweise errichteten Bestandsschule („Kasseler Modell“) zu einer Niedrigstenergie-Passivhausschule				
<b>Stichworte</b>					
	Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)	
	<b>36</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>		
			<b>verlängert bis 2014</b>		
	Abschlussbericht				
<b>Bewilligungsempfänger</b>	Stadt Sonthofen			Tel 08321 – 615-0 bzw. – 615-252	
	Rathausplatz 1 87527 Sonthofen			Fax 08321 – 615-296	
				Projektleitung Herr Friedberger	
				Bearbeiter	
<b>Kooperationspartner</b>	Architekturbüro Werner Haase, Karlstadt EA EnergieArchitektur GmbH Dresden				

### Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Die zahlreichen 70er Jahre Zweckbauten, darunter konstruktiv komplizierte Fertigteilbauweisen mit ihren wuchtigen und unnötigen Sichtbetonverkröpfungen in Attiken usw. können wirtschaftlich auf ein Niedrigstenergieniveau optimiert werden. Ein typischer Schulbau dieser Zeit ist das Gymnasium Sonthofen mit einer prämierten Architektur, die von einem GU schlüsselfertig umgesetzt wurde. Durch mangelhafte Detailausbildung, die zwar dem damaligen Zeitgeist entsprach, aber bauphysikalische Probleme nicht gelöst hat, gibt es massive Bauprobleme, verbunden mit hohem Energieverbrauch, großem Sanierungsstau und bereits geschädigten Bauteilen: undichte Flachdächer, korrodierender Stahl der Betonbauteile, schadhafte Fenster, Sicherheitsmängel, Brandschutzmängel, verbrauchte Haustechnikanlagen, schlechte Luftqualität, keine Barrierefreiheit. Der äußere und innere Gesamteindruck findet keine Nutzerakzeptanz. Seit Jahren wiesen Teiluntersuchungen die einzelnen Probleme aus, es war bis zum DBU-Grundlagenprojekt nicht gelungen, die Teilprobleme in eine Wechselbeziehung zueinander zu setzen und zu einer gesamtheitlichen Sanierungsplanung zu integrieren. Der Sanierungsbedarf ist unstrittig und wurde mit der schulaufsichtlichen Genehmigung 2009 bestätigt. Hierbei wurde auch das Raumprogramm bestätigt, das die neue Oberstufenorganisation des G8 bereits umfasst. Mit dem DBU-Grundlagenprojekt wurden die nötigen Grundlagen erarbeitet, um die Planung zur Ausführungsreife zu bringen. Auch die Ausführung benötigt eine entsprechende Begleitung durch einen Energiemanager, damit die geforderten Qualitäten realisiert werden.

Die Generalsanierung zielt auf eine CO<sub>2</sub>-Einsparung auf ca. 90% ab, um eine Faktor-10-Sanierung zu erreichen. Im vorliegenden Projekt sind die bauzeitliche Konstruktionsweisen systematisch auf heutige Anforderungen der Energieeffizienz und Nachhaltigkeit anzupassen. Der Gebäudewert soll durch eine zielgerichtete Generalsanierung langfristig erhalten bleiben. Die verwendbare Bausubstanz soll gesichert und erhalten werden; alle störenden Elemente, wie KMF, alte Teppichböden, ungedämmte Fenster, kaputte Heizungsanlage, verbrauchte Lüftungsanlage und überholte Elektroinstallation, werden ausgebaut und auf den neuesten, energetisch hoch effizienten Stand der Technik gebracht.

## **Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden**

- Zertifizierung als Passivhaus
- Umsetzung der Planung / Baumaßnahmen ab Juni 2009 bis Ende 2011 in drei Bauabschnitten
- Fortschreiben der Planungsmethodik: Die entwickelte Sanierungsplanung, die durch besondere Planungswerkzeuge wie Simulationen gewonnenen Erkenntnisse sowie die integrale Zusammenarbeit des Planungsteams in einem Konsortium werden fort- und umgesetzt. Hierbei erfolgt bereits während der Umsetzung ein Qualitätsmanagement, das die Ergebnisse der Planungsphase und der Simulationen rückkoppelt. Die Erkenntnisse über integrale Planungsarbeit werden in einem Projekthandbuch vertieft. Eine entsprechende Methodik der Projektsteuerung wird entwickelt, geprüft und dokumentiert.
- Komplettierung der Bestandsuntersuchung / Dokumentation der Sanierungs-systematik:  
Das in der Planung bereits an Einzelstellen erkannte Schadensmuster bzw. die Schwachstellen der Fertigteil-Bauweise werden im Rückbau gebäudedeckend überprüft. Aussagen zur Signifikanz für diese Bauweise und für Bestandsuntersuchung können weiter verifiziert werden.  
Die der Fertigteilbauweise innewohnende wirtschaftliche und systematische Konstruktionsweise wird durch eine entsprechende Sanierungssystematik, Material- und Konstruktionswahl genutzt. Im Fassadenbereich werden die Stahlbetonfertigteile und Fensterbänder durch Holzbau-Montageelemente ersetzt. Das Holztafel-Grundelement kann entsprechend der konstruktiven Anforderungen variiert werden, dabei bleibt der Grad der Vorfertigung hoch. Gleiche Systembauweisen werden im Innenausbau und der Gebäudetechnik realisiert. Diese Systembauweisen werden entsprechend dokumentiert
- Evaluation in den ersten beiden Jahren nach Komplett-Inbetriebnahme  
Mit der Inbetriebnahme des 1. Bauabschnittes wird ein Monitoring der Energieverbräuche begonnen. Dieses Monitoring soll bis in das erste Jahr nach Fertigstellung des Gesamtgebäudes fortgesetzt werden. Eine externe Evaluation der Energiedaten, der Raumqualitäten und der Nutzerakzeptanz schließt das Projekt entsprechend ab.

## **Ergebnisse und Diskussion**

In einer Zeit der unendlichen Datenmengen und Möglichkeiten ist es kein Problem, ein sehr effizientes Gebäude mit Hilfe der Vielzahl an Baumaterialien zu errichten. Sommerliche Kühlung und eine angemessene Beheizungstechnik müssen auf die baulichen Gegebenheiten abgestimmt werden. Hier gibt es eine sehr große Anzahl unterschiedlicher Techniken und Kombinationen für einen weitgehend regenerativen Betrieb. In der Praxis besteht das Problem, dass viele technische Komponenten der Gebäudeausrüstung für den mehrheitlich vorhandenen Baubestand hergestellt und in der Betriebsweise voreingestellt ist. Im ersten Schritt muss der TGA-Planer die richtigen Komponenten so zusammenführen, dass sie später gemeinsam geregelt werden können. Weiterhin ist die Hydraulik für die Niedertemperaturtechnik zu planen und eine Strategie für den Einsatz mehrerer Wärmeerzeuger festzulegen. Als nächster Beteiligter ist der Programmierer für die Steuerung der haustechnischen Anlagen einzubinden. Hier ist ein Informatiker gefragt, der sich bestens mit Heizungstechnik, Hydraulik und den speziellen Eigenschaften des Gebäudes und der Nutzung desselben auskennt und sie gleichermaßen berücksichtigt. Der Nutzer muss seine Anlage gut kennen und verstehen. Die Anlage muss daher verständlich auf Displays und Funktionsdaten abgebildet sein. Eine schriftliche Beschreibung der Anlage, des Betriebssystems und des Umgangs mit der Anlage muss zur Verfügung stehen und eine ganzheitliche Einweisung erfolgt sein. Am Beispiel Sonthofen werden die Probleme aus der Praxis dargestellt und Lösungswege aufgezeigt.

## **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Der Förderbescheid wurde am 02.10.2009 in Sonthofen durch Dr. Brickwedde überreicht. Dies wurde in der regionalen Presse dokumentiert.

Seit Mai 2012 ist das Projekt in der „Best Practice“ Datenbank des CIPRA Alpine Space Projekts ALPSTAR eingetragen.

Am 26.07.2012 wird der dritte und letzte Bauabschnitt des Gymnasiums Sonthofen feierlich im Rahmen des Schulfestes eingeweiht. Zu diesem Anlass hält u. A. der Generalsekretär der DBU, Dr.-Ing. E. h. Fritz Brickwedde eine Festrede. Im Vorfeld der Einweihung wurde von der Pressestelle der DBU eine Pressemitteilung an alle relevanten Fachmedien verteilt.

Im September wurde ein ausführlicher Bericht in der Fachzeitschrift „mikado“ Unternehmermagazin für Holzbau und Ausbau erschienen.

Im Exemplar 09/2012 in der Zeitschrift „Greenbuilding“ wurde die Schule ausführlich dargestellt.

Die Schule Sonthofen hat eine Vorbildrolle erhalten; von anderen Schulen wurden Besichtigungen zum Teil mit deren Planern durchgeführt. Die Stadt Sonthofen stellt des Öfteren die Schule vor - u. a. zum Beispiel auf einem Symposium in Südtirol.

## **Fazit**

Das Gebäude des Gymnasiums Sonthofen erfüllt als Niedrigstenergiegebäude die Anforderungen. Es ist wärmegeklärt, Wärmebrücken sind weitgehend beseitigt, die Tageslichtnutzung deutlich verbessert. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß zum Betrieb des Gebäudes konnte um 80% reduziert werden. Die Kombination WP mit der Quelle Grundwassernutzung zum Heizen und zur natürlichen Kühlung ist bestens geeignet, um die Anforderungen einer Ganztageschule mit damit verbundenen sommerlichen Wärmelasten zu erfüllen. Ein entsprechend klein dimensioniertes BHKW stellt Eigenverbrauchsstrom dann zur Verfügung, wenn die Abwärme in der Gesamtanlage genutzt werden kann. Ein Spitzenlastkessel deckt in einer sehr geringen Zeitspanne den Spitzenbedarf in der Schule, ansonsten den Bedarf der unsanierten Gebäude ab. Die Auslegung der Technik passt sehr genau zum Bedarf der Gebäude. Das durchgeführte Monitoring hat jedoch aufgedeckt, dass z. B. die CO<sub>2</sub>-Sensoren falsche Werte ausgeben und dass die MSR-Technik falsch programmiert wurde und dass deutliche Bedienungsfehler auf der Nutzer- aber auch auf der Firmenseite erfolgten.

Es muss daher das Zusammenspiel, Umsetzung und Nachsorge besser organisiert werden. Es besteht ein dringender Bedarf an Fachleuten, die eine verständliche, einfache und stabile MSR-Technik für das Zusammenspiel unterschiedlicher Komponenten umsetzen können. Im Planungsbereich der Heizungstechnik sollte eine Planungsphase „10“ angeschlossen werden, in der eine Optimierung des Anlagenbetriebes für wenigstens zwei Winter mit umfassender Einweisung des Bedienpersonals verlangt wird. Die derzeitige Praxis, dass Nutzer von unterschiedlichen Firmen für die einzelnen Teilbereiche, wie z. B. Wärmepumpe, BHKW, Kessel, Lüftungsanlage, MSR-Technik einzeln eingewiesen werden, ohne dass eine Gesamtschau bzw. Wechselbeziehung der einzelnen Komponenten geklärt ist, ist nicht zielführend.

In Sonthofen wird durch eine Verlängerung des Monitorings dieser Punkt abgearbeitet, indem der Monitorer zusammen mit dem Planer und dem Nutzer die Maßnahmen und Verbesserungen offenlegt und schult.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Projektkennblatt</b> .....	3
Inhaltsverzeichnis.....	6
1 Verzeichnisse.....	10
1.1 Verzeichnis von Bilder, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen.....	10
1.2 Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen .....	11
2 Zusammenfassung.....	12
3 Einleitung.....	13
4 Hauptteil.....	15
4.1 Integrale Planung .....	15
4.2 Einbindung des Lehrerkollegiums in Planungsaufgaben.....	19
4.3 Bestandsuntersuchungen.....	20
4.4 Erstellung von Planunterlagen .....	20
4.5 Planung von Bauabschnitten - Sanierung im laufenden Betrieb.....	20
4.6 Verwendete Konstruktionsweisen und die dabei gewonnenen Erfahrungen .....	23
5 Erfahrungen aus der Sanierung eines Kasseler Schulmodells.....	29
6 Bisher gesammelte Erfahrungen aus der täglichen Nutzung.....	30
7 Zum Thema Monitoring.....	35
8 Fazit .....	36
<b>9 Anhänge - Projekthandbuch / Vorabzug und Abschlussbericht Monitoring .....</b>	
A1. Bedeutung und Aufgabe des Projekthandbuches.....	39
B Organisation des Projektes.....	40
B1. Projektdefinition.....	40
B1.1. Allgemeine Projektbeschreibung .....	40
Projektstruktur .....	41
B1.1. Projektstrukturplan (funktionsbezogen bzw. aufgabenbezogen).....	41
B1.2. Kennwerte .....	42
Terminrahmen.....	43
B1.3. Kostenrahmen .....	43
B1.4. Baurechtliche Situation / Genehmigungen / Bestandsdokumentationen.....	43
B1.5. Baubeschreibung.....	46
.....	47
B1.1. Ziele der Projektorganisation .....	56

B1.2.	Adressenverzeichnis der Projektbeteiligten.....	57
B1.3.	Organisationsstruktur.....	60
B2.	Verträge und Leistungsbilder .....	61
B2.1.	Übersicht der abgeschlossenen Verträge.....	61
B2.2.	Leistungsbilder der beauftragten Parteien .....	62
B3.	Informations-, Kommunikations- und Dokumentationsmanagement.....	73
B3.1.	Ziele und Regeln des Informations-, Kommunikations- und Dokumentationssystems	73
B3.2.	Projektbesprechungen <sup>C1, C2</sup> .....	73
B3.3.	Ziel der Projektbesprechungen .....	73
B3.4.	Berichtswesen .....	76
B3.5.	Kennzeichnung von Dokumenten und Archivierungen.....	78
B3.6.	Informationsfluss des Projektes und dessen Dokumentation .....	80
B3.7.	Planmanagement/ Pläne der Fachplaner .....	84
B4.	Entscheidungsmanagement <sup>C3, C4</sup> .....	89
B4.1.	Aufgabe der Entscheidungsvorlage.....	89
B4.2.	Bedeutung der Entscheidungsvorlage.....	89
B4.3.	Anzeigepflicht .....	89
B4.4.	Bring- und Holschuld .....	89
B4.5.	Laufweg einer Entscheidungsvorlage.....	89
B5.	Kostensteuerung .....	91
B5.1.	Allgemein.....	91
B5.2.	Kontrolle der Planung.....	91
B5.3.	Gewerkeinteilung .....	92
B5.4.	Rechnungsverfolgung.....	97
B6.	Terminliche Ablaufplanung/ Terminplanung, -kontrolle und -steuerung.....	98
B6.1.	Aufgaben der Terminplanung, -kontrolle und -steuerung .....	98
B6.2.	Terminpläne des Projektes.....	99
B7.	Aufgaben des Bauherrn - Planprüfung, Entscheidungen, Bemusterungen .....	101
B7.1.	Planprüfung der Planung des Planungsteams.....	101
B7.2.	Änderungswünsche zur Planung .....	101
B7.3.	Durchführung von Bemusterungen/ Freigabe von Materialien <sup>C5</sup> .....	101
C	Formblätter und Muster.....	103
C1.	Teilnehmerliste (Muster).....	103
C2.	Jour Fix Protokoll (Muster) .....	103

C3.	Entscheidungsvorlage Plan (Muster).....	105
C4.	Entscheidungsvorlage Bau (Muster) .....	106
C5.	Bemusterung (Muster) .....	107
C6.	Formular Ergänzungslieferung (Muster) .....	108
<b><u>Vorwort Monitoring Abschlussbericht</u></b> .....		<b>111</b>
<b><u>Inhaltsverzeichnis</u></b> .....		<b>112</b>
<b>1</b>	<b><u>Einleitung</u></b> .....	<b>114</b>
1.1	<u>Projekthalt und -ablauf</u> .....	114
1.2	<u>Gliederung</u> .....	115
1.3	<u>Lage- und Gebäudebeschreibung</u> .....	116
<b>2</b>	<b><u>Beschreibung des Vorsanierungszustandes</u></b> .....	<b>119</b>
2.1	<u>Strombedarf vor der Generalsanierung</u> .....	119
2.2	<u>Erdgasbedarf vor der Sanierung</u> .....	121
2.3	<u>Primärenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Bilanz</u> .....	125
<b>3</b>	<b><u>Feststellungen und Maßnahmen der gemonitorten Räume</u></b> .....	<b>127</b>
3.1	<u>Messeinrichtungen des raumweisen Monitorings</u> .....	127
3.2	<u>Zusammenfassung der Auffälligkeiten</u> .....	128
3.2.1	<u>Energieverbrauch Beleuchtung</u> .....	130
3.2.2	<u>Energieverbrauch Steckdosen</u> .....	130
3.2.3	<u>Raumtemperatur</u> .....	132
3.2.4	<u>Relative Luftfeuchte</u> .....	133
3.2.5	<u>CO<sub>2</sub>-Konzentration</u> .....	135
3.3	<u>Auffälligkeiten zum Sensorverhalten</u> .....	136
3.4	<u>Wetterdatenaufzeichnung</u> .....	138
<b>4</b>	<b><u>Feststellungen und Maßnahmen der Lüftungsanlage (BA I – BA III)</u></b> .....	<b>140</b>
4.1	<u>Betriebszeiten</u> .....	142
4.2	<u>Nutzung für Heizen / Kühlen</u> .....	144
4.3	<u>Feuchte- und Wärmerückgewinnung</u> .....	145
<b>5</b>	<b><u>Feststellungen und Maßnahmen der Kühl- und Kältetechnik</u></b> .....	<b>148</b>
5.1	<u>Gleichzeitige Verwendung Heizen / Kühlen</u> .....	149
5.2	<u>Kühlleistung und -energie einzelner Kühlkreisläufe</u> .....	151
5.3	<u>Betrieb Grundwasserbrunnen</u> .....	152



5.4	<u>Fazit und Maßnahmenplan für Kühltechnik</u> .....	154
<b>6</b>	<b><u>Feststellungen und Maßnahmen im Niedrigtemperaturbereich</u></b> .....	<b>156</b>
6.1	<u>Betrieb der Wärmepumpe und des Niedertemperaturspeichers</u> .....	156
6.2	<u>Betrieb der Niedertemperatur-Verteilung</u> .....	158
6.3	<u>Durchgeführte Maßnahmen und erreichte Effizienzsteigerungen</u> .....	160
<b>7</b>	<b><u>Feststellungen und Maßnahmen im Hochtemperaturbereich</u></b> .....	<b>168</b>
7.1	<u>Betrieb BHKW</u> .....	168
7.2	<u>Betrieb und Leistung Spitzenlastkessel</u> .....	170
<b>8</b>	<b><u>Gesamtenergieverbrauch im Vergleich zum Vorsanierungsstand</u></b> .....	<b>173</b>
8.1	<u>Wärmeenergie und Erdgasbedarf</u> .....	173
8.2	<u>Elektroenergiebedarf</u> .....	176
8.3	<u>Primärenergiebedarf- und CO<sub>2</sub>-Emissionen</u> .....	181
<b>9</b>	<b><u>Zusammenfassung und Ausblick</u></b> .....	<b>184</b>
	<b><u>Quellenverzeichnis</u></b> .....	<b>185</b>

# 1 Verzeichnisse

## 1.1 Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen

Bild 1: Teilabbruch des Fachklassentraktes.....	21
Bild 2: Teilabbruch des Fachklassentraktes.....	22
Bild 3: Holz-Fertigteil-Fassade.....	23
Bild 4: Muster Wandaufbau .....	24
Bild 5: Fassadendetails .....	25
Bild 6: Außenaufnahme .....	25
Bild 7: Lichtkuppeln der alten Flachdächer mit Aufständigung des Blechdaches.....	28
Bild 8: verglaste Lichtdächer im Aulabereich .....	28
Abbildung 1: Konsortium .....	18
Abbildung 2: 2+1 Fenster mit innenliegendem Verschattungsbehang u. einer vorgesetzten Glasscheibe .....	26
Tabelle 1: Vergleich unterschiedlicher Fassaden.....	24
Tabelle 2: Raumluftbeobachtungen, Quelle: EA Dresden.....	34

## 1.2 Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen

Begriffsdefinitionen gemäß Energieausweis nach EnEV:

### Primärenergiebedarf

Der Primärenergiebedarf bildet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte „Vorkette“ der jeweils eingesetzten Energieträger. Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz und eine die Ressourcen und die Umwelt schonende Energienutzung.

### Endenergiebedarf

Die Endenergie gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung an. Er wird unter Standardklima- und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist - bezogen auf die beheizte Fläche/das beheizte Volumen - ein Maß für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik.

### Nutzenergie

Die Nutzenergie ist die Energie, die tatsächlich genutzt werden kann, z.B. in Form von Wärme, die von den Heizflächen abgegeben wird. Weil bei der Verbrennung im Heizkessel und bei der Wärmeverteilung durch Heizungsrohre im Haus Verluste entstehen, ist die Nutzenergie kleiner als die Endenergie.

### Heizwärmebedarf

Der Jahresheizwärmebedarf eines Gebäudes errechnet sich aus den Transmissionswärmeverlusten durch z.B. Wände, Fenster, Böden und Dächer und dem Lüftungswärmeverlust, vermindert um die solaren Gewinne und die internen Wärmegewinne. Bezieht man diesen Jahresheizwärmebedarf auf die beheizbare Fläche, so erhält man die Energiekennzahl „Heizwärmebedarf pro m<sup>2</sup> und Jahr“.

### Abkürzungen:

a.R.D.T.	allgemeine Regel der Technik
BayBO	Bayrische Bauordnung
BGF	Brutto-Grundfläche
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMA	Brandmeldeanlage
BRI	Brutto-Rauminhalt
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
dena	Deutsche Energie-Agentur
EnEV	Energieeinsparverordnung
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kWh	Kilowattstunde
NGF	Netto-Grundfläche
RW	Rettungsweg
RWA	Rauch- und Wärmeabzugsanlage
TWK	Trink-Wasser-Kalt
WDVS	Wärmedämmverbundsystem

### Quellenangaben:

[Quelle 1]	Projekthandbuch (Entwurf) - Architekturbüro W. Haase
[Quelle 2]	Abschlussbericht Monitoring - EnergieArchitektur GmbH Dresden

## 2 Zusammenfassung

Das Gymnasium Sonthofen wurde durch ein Grundlagenprojekt in der Zeit vom Juli 2007 bis Juni 2009 im Bestand erfasst und hieraus ein ganzheitliches Sanierungskonzept unter dem Titel:

### **„Sanierungskonzept zur Einsparung von 80% PE -Bedarf bei der nachhaltigen Erneuerung und Bewirtschaftung des Gymnasium Sonthofen“**

entwickelt.

Der Abschlussbericht vom Juni 2009 ist unter der AZ: 25812/01  
[[https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-25812\\_01.pdf](https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-25812_01.pdf)]

bei der DBU nachzulesen. In diesem Abschlussbericht sind sehr ausführlich die geplanten Maßnahmen beschrieben, die im Wesentlichen auch so ausgeführt wurden. Der nun folgende Bericht soll die Erfahrungen bei der Umsetzung aufzeigen und hieraus Hinweise geben, welche Besonderheiten in der ganzheitlichen Umsetzung von hocheffizienten „Energiesparmodellen“ zu beachten sind - zumindest aber welche Erkenntnisse durch das nachfolgende Monitoring gewonnen wurden.

Bei der Sanierung eines Kasseler Schulmodelles zu einem Gebäude in Niedrigenergiebauweise sind andere Sanierungsschwerpunkte und Schwachstellen zu beachten, als bei einer alt hergebrachten, konservativen Bauweise.

Bei der Baudurchführung gab es trotz vorheriger Untersuchung „Überraschungen“, die einerseits auf der Denkweise „Errichtung eines Neubaus“ stammten und andererseits durch vorher nicht mögliche Untersuchungen während der Bauzeit auftauchten.

Durch die enge Einbindung der Schule in den Planungsprozess konnten deren Belange in Verbindung mit der Stadt Sonthofen in großem Umfang in die Praxis umgesetzt werden. Es wurden nach Bezug in Abständen Befragungen durchgeführt und versucht, dabei aufgezeigte Probleme im Nachhinein zu lösen.

Ein ganz wichtiger Punkt ist das nachgeschaltete Monitoring mit Evaluierung der Verbräuche und Aufzeichnung der Betriebsweise. Hier stellt sich z. B. heraus, dass zwar die Projektierung von Heizung, Wärmeerzeugung und Lüftungsanlage sehr präzise erfolgte, jedoch in der damit verbundenen Programmierung wesentliche Notwendigkeiten zum sparsamen Umgang mit Primärenergie völlig außer Acht gelassen wurden. Dies hatte anfangs zur Folge, dass sehr viel Erdgas verwendet wurde und damit der angestrebte PE-Aufwand zu wenig abgesenkt war. In mehreren Schritten konnte die Steuerung derart nachgebessert werden, dass mittlerweile das Ziel von 80% Einsparung eingehalten ist und wahrscheinlich noch übertroffen werden kann.

### 3 Einleitung

Die modellhafte, energetische Sanierungsplanung des Gymnasiums Sonthofen verfolgt drei Schritte zur Verringerung des PE-Bedarfes. Dies sind Energieeinsparung durch eine gute Dämmung der gesamten Bauhülle mit entsprechender Luftdichtigkeit; des weiteren Wärmerückgewinnung aus Abluft der Lüftungsanlagen mit Übertragung der Energieinhalte auf die Frischluft. Ergänzt wird dies durch die Einbindung von Umweltenergie; im Fall Gymnasium Sonthofen ist dies das anstehende Grundwasser, welches im Winter über die WP zur Beheizung in NT-Niveau genutzt wird und im Sommer zur Kühlung des Gebäudes über die in allen Räumen vorhandenen Heiz- und Kühldecken.

Die Kühlung der Räume wird als Ergänzung zur üblichen Passivhaus-Bauweise angesehen, da ein Passivhaus durch Luftaustausch beheizt oder gekühlt wird, aber in den wenigsten Fällen Heiz- bzw. Kühlflächen besitzt. Da im Kasseler Schulmodell sowieso abgehängte Decken notwendig sind, die Akustikfunktion übernehmen müssen, oftmals der Brandschutzertüchtigung dienen und sinnvollerweise die Zu- und Abluftleitungen aufnehmen, bietet es sich an, diese abgehängten Decken zusätzlich mit einer Wärmetauscherfunktion zum Heizen und Kühlen zu versehen.

Die Vorausberechnungen haben ergeben, dass ein wesentlicher Teil der energetischen Investitionskosten durch eingesparte Nachfolgekosten finanziert werden können. Auch dies kann nach Abschluss des Vorhabens bestätigt werden.

Die Methodik der integralen Planung konnte in Sonthofen in weiten Teilen umgesetzt werden, bedarf jedoch in der Durchführung eine noch strengere, konsequentere Anwendung.

Es wurde berechnet, dass durch den Erhalt der Grundsubstanz des Schulgebäudes und Vermeidung des Abbruches der größte Anteil an gebundener Energie im Gebäudebestand erhalten werden konnte, kein Deponieraum dafür benötigt wurde. Weiterhin durch ein abgestimmtes Umzugsmanagement mit der Lehrerschaft erreicht, dass die Bauabschnitte so erfolgten, dass trotz alledem keinerlei Kosten für Schul-Container angefallen sind.

Container-Lösungen sind kostenintensiv und werden nicht bezuschusst, was ebenso auf Abbruchkosten zutrifft. Im Gymnasium Sonthofen wurden zusätzliche Räume errichtet, die ermöglichten, dass in 3 BA mit internem Umzugsmanagement keine Container benötigt wurden. Diese Zusatzinvestition ist dauerhaft, kostete weniger, als eine Containerlösung und diese Räume werden mittlerweile dringend benötigt und genutzt.

Weiterhin kann festgestellt werden, dass die sanierten Gebäude etwa gleichwertig zu einem Neubau sind, aber nur ca. 60% der vergleichbaren Kosten eines Neubaus verursacht haben. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass auf Grund der Rasterung der Schule und den damaligen, großzügig bemessenen Räumen ein größeres Flächenangebot, als bei einem Neubau möglich gewesen wären, genutzt werden kann.

Wesentlich sind die übergebenen Gebäudeunterlagen aus der Bauzeit, da hieraus Informationen über die damaligen Baubedingungen relativ sicher genutzt werden konnten.

Interessant war, dass auf Grund der damaligen Schlüsselfertig-Bauweise die Ausführungspläne der Statik am ehesten mit der gebauten Wirklichkeit übereinstimmten; insgesamt jedoch deutliche Abweichungen gegenüber den Eingabeplänen bestanden.

Auf Grund der Voruntersuchungen konnten die Planungsaufgaben klar formuliert werden; dadurch war es möglich, ein passendes Planerteam derart zu finden, dass zwar Einzelbeauftragungen erfolgten, aber die beteiligten Planer sich zu einem Konsortium zusammenschlossen, welches über den Konsortialsprecher mit der Bauherrschaft kommunizierte. Eine gemeinsam abgeschlossene Planerversicherung umfasste alle

Planungsbereiche; die damit verbundene Prämie wurde anteilig auf die Beteiligten umgelegt. Der Vorteil für den Bauherrn besteht darin, dass er im Prinzip eine Ansprechperson für alle Belange hat, aber trotzdem Einfluss auf alle Planungsbereiche ausüben kann. Im Fall Sonthofen wurde zur Entlastung des Bauamtes der Stadt ein Projektsteuerer beauftragt, der im Wesentlichen die Kostenverfolgung, Zahlungsvorgänge, Termin- und Mängelverfolgung bearbeitete.

## 4 Hauptteil

### 4.1 Integrale Planung

Für die integrale Planung wurde ein Projekthandbuch angelegt, in dem die Beteiligten mit allen ihren Kontaktdaten aufgelistet sind. Es gibt eine allgemeine Projektbeschreibung, in der die Bauherrschaft, die Nutzer, die Lage und die amtlichen Bezeichnungen, wie Flurnummer, Gemarkung etc. aufgelistet sind.

Ein Projektstrukturplan zeigt in einem grafischen Abbild die funktionsbezogenen und aufgabenbezogene Querbeziehungen auf.

Unter dem Punkt Kennwerte werden die errechneten Flächen, Kubaturen sowie die Schularzt mit der Klassenanzahl aufgelistet. In einem Terminrahmenplan werden die Haupttermine, wie Planungsbeginn, Baubeginn und Fertigstellungsziel definiert.

Unter dem Punkt Kostenrahmen werden die ersten Kostenschätzungen nach DIN 276 niedergelegt, die im Laufe der Bearbeitung gem. den einzelnen Planungsfortschritten weiter ausgearbeitet und ergänzt werden.

Der Status der baurechtlichen Situation in Bezug auf Genehmigungsstand, Bestandsdokumentationen und vorhandene Genehmigungen bzw. Befreiungen wird aufgelistet und dargestellt. So konnte die Baugenehmigung vom Juli 1973, der Entwässerungsantrag des Bestandes vom Juni 1972, Montagepläne von HLS und ELT von 1973 und Statikpläne von 1973 verwendet werden. Von 1972 gab es ein Baugrundgutachten. Die Bestandspläne wurden durch das Büro Haase digitalisiert und die aktuellen Nutzungen und Änderungen eingetragen. Eine Beurteilung der Feuerwiderstandsdauer von 1973 sowie eine Beurteilung des Tragwerkes von 2002 und sonstige Bestandsunterlagen, die bei der Stadt Sonthofen archiviert waren, konnten verwendet werden.

Ein Raumbuch war nicht vorhanden. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Projekthandbuches lag noch keine Genehmigung zum Raumprogramm, zu Förderungen und zum Brandschutz vor.

Auch dieser Bereich ist mit dem Bauablauf fortzuschreiben.

Es wurde ein Orientierungsschema erstellt, da gerade in Schulen die Raumbezeichnungen oftmals mit Schuljahreswechsel geändert werden. Hier wurden die Gebäudeteile nach A, B, C, D geordnet und die Stockwerke und die Räume selbst mit Nummerierungen versehen; ebenso die Türen und Fenster. Die Wände erhielten zur Raumnummer im Uhrzeigersinn a, b, c, d als definierte Bezeichnung.

Weiterhin wurde eine Bestandsbeschreibung und Beurteilung erstellt, die im Fall Sonthofen auf die Stahlbeton-Skelett-Bauweise im Konstruktionsraster 1,20 m hinweist. Es werden die statisch notwendigen Längs- und Queraussteifungswände bzw. das Lastabtragungssystem dargestellt, um allen Beteiligten das System und die daraus folgenden Möglichkeiten oder Einschränkungen für Aussparungen, Durchbrüche etc. aufzuzeigen.

Die Beurteilung wurde in Laufe des Bauvorhabens durch den Statiker verfeinert und in der Bewertung der geplanten Nutzung angepasst.

Die Stahl-Alufenster-Elemente bzw. Fassadenflächen waren in der Beurteilung als verbraucht eingestuft, sodass diese alle abgängig waren. Weiterhin wurde der umlaufende

Stahlbeton-Rettungsbalkon zur Abbruchnotwendigkeit erklärt, da er zu schmal, nicht mehr zugelassen, umfangreiche Betonabplatzungen aufwies und eine durchgängige Wärmebrücke darstellte; außerdem behinderte er die Tageslichtnutzung. Weiterhin wurden Bauteile mit Asbest-Zementplatten-Verkleidungen definiert und zur Entsorgung bezeichnet.

Die bauzeitlichen Flachdächer als Kiespressdach mit nicht beherrschbaren Undichtigkeiten erhielten bereits als Reparaturmaßnahme 1992 flach geneigte Kaltdächer mit Kupferblecheindeckungen. Diese übergreifenden Blechdächer setzten das vorherige Entrauchungskonzept im Brandfall außer Kraft und verursachten zudem Kondensatschäden und mussten daher abgebrochen werden.

Sämtliche leichte Metall-Trennwände waren als variable Trennwände in Verbindung mit Blech-Paneel-Unterdecken errichtet worden. Die erwünschte Variabilität wurde in der Praxis nicht durchgeführt, da durch die abgehängten Decken und den gegen die Blechwände verlegten Estrich ein Versetzen in der Praxis nur mit hohem Aufwand durchführbar war. Die Trennwände hatten jedoch keinen direkten Anschluss an die Rohbaudecke. Dadurch waren Brandschutz, Schallschutz und Stabilität nicht den heutigen Anforderungen entsprechend. Die Wände dieser Art haben inzwischen keine Zulassung mehr.

In dieser Beschreibung wurden aber auch die weiterzuverwendenden Ausstattungen bzw. Einrichtungen definiert. Die Erkenntnisse aus Voruntersuchungen wurden beschrieben. So z. B. dass die Auflagerpunkte von Stahlbetonfertigteilen nicht mit Neoprenplatten unterlegt waren, sondern Asbest-Zementplatten-Scheiben verwendet wurden. Es wurde bereits in dieser Aufstellung darauf hingewiesen, dass die nicht ausbaubaren Asbest behafteten Platten dauerhaft versiegelt und gekennzeichnet werden müssen.

Es wurde weiterhin festgestellt, dass keines der bauzeitlichen Bauteile den heute nötigen Wärmeschutz aufweist, dass viele Wärmebrücken vorhanden sind und in vielen Bereichen eine Betonsanierung nötig sei. Der Tritt- und Luftschallschutz im Bereich der Decken war lediglich durch einen Zementestrich auf Trennlage in Verbindung mit Teppichboden vorhanden. Da der Estrich weiterverwendet werden sollte, wurde bereits hier wiederum ein textiler Belag festgelegt.

Der Mittelwert des Gas- und Stromverbrauches wurde in dem Projekthandbuch aufgeführt.

Weiterhin geht das Handbuch auf das zukünftige Raumprogramm, die Einführung des G 8 und damit verbundenen zahlreichen Umstrukturierungen des vorherigen Raumprogrammes ein. Die Notwendigkeit der Barrierefreiheit und damit verbundenem Aufzug, Behinderten WC's etc. wurde aufgelistet.

Eine Beschreibung des geplanten Bauablaufes ging davon aus, dass zuerst in einem BA der sogenannte Fachklassentrakt aufgestockt und erweitert wird, um damit zusätzlichen Raum und Umzugsmöglichkeiten zu schaffen. Nach Fertigstellung dieses Bauabschnittes konnte der gesamte Fachklassenunterricht ungestört abgehalten werden, was sich wiederum für den Schulbetrieb als richtig erwiesen hat. Durch die Zusammenlegung der Fachklassen in einem Teilgebäude konzentrieren sich die aufwendigen Haustechnikeinrichtungen für die Fachklassen in einem Bereich und entlasten die anderen Bauabschnitte. Grundrisslich konnten durch die Zusammenlegung aller Fachklassenbereiche Synergien für Vorbereitungsbereiche und Nutzung der Flächen erreicht werden.

Danach wurde der anschließende Westflügel des Hauptgebäudes saniert. Hierbei wurde mit einfachen Mitteln der Fachklassentrakt schallschutzmäßig und staubsicher abgetrennt. Durch Voraberrichtung der Fluchttreppenhäuser wurden während der Bauzeit die Schulbereiche sicherheitstechnisch verbessert, sodass die Nutzung trotz Bauabschnitte sicherheitstechnisch möglich war. Aus bautechnischen Gründen und in Abstimmung mit den



Belegungsplänen der Schule wurde die Grenze zwischen BA 2 und BA 3 jedoch später verschoben; dies diente dem besseren Ablauf des Schulbetriebes, brachte aber in dem technischen Bauablauf durch die Verschiebung einige Probleme mit Terminen und Kosten.

Im BA 3 befindet sich der Technikraum, welcher in seiner bestehenden Größe zusätzliche Technikkomponenten aufnehmen musste. Durch genaue Planung des haustechnischen Projektierungsbüros und Untersuchung des Bestandes gelang dies sehr gut; keine Flächenerweiterungen waren dafür notwendig. Durch ausführliche Bestandsuntersuchungen wurden weitgehend Bestandstrassen für die Versorgungsleitungen genutzt, sodass kaum Eingriffe in die Bausubstanz notwendig waren. Dies trifft auch auf die zwei Lüftungszentralen zu, die zwar in sehr beengten Verhältnissen eingebaut wurden, aber auch hier keine zusätzlichen Nutzflächen technisch belegt haben.

Anschließend folgte die Generalsanierung des Ostflügels. Hier ergaben sich bei der Errichtung des außenliegenden Fluchttreppenhauses Probleme mit dem Untergrund, da in diesem Bereich die Verrohrung des Ghaubaches liegt, dessen Umgebungsbereich so wenig Tragfähigkeit besaß, dass hier Pfahlgründungen notwendig wurden.

Die Außenanlagen sollten als letzter Bauabschnitt lediglich repariert und wiederhergestellt werden. Hier hat sich jedoch gezeigt, dass dies nicht ausreichend war; es erfolgte mittlerweile eine teilweise Umgestaltung der Außenanlagen, die von einem Landschaftsplaner geplant wurden.

Bis zur Sanierung wurde das Gymnasium konventionell mit Erdgas und VL-Temperaturen bis ca. 90°C beheizt und über Einzelraumregelungen bzw. Thermostaten an den Heizkörpern geregelt. An dieser Heizzentrale waren auch die weiteren Gebäude wie Turnhalle und Jugendhaus angeschlossen. Im Projekthandbuch wurde der Gasverbrauch mit 1.306.240 kWh/a als Mittelwert für 2001-2004 angegeben und der Stromverbrauch für denselben Zeitraum als Mittelwert mit 232.261 kWh/a festgehalten.

Im Projekthandbuch wurde das voraussichtliche Raumprogramm geschildert. Weiterhin wurde darauf hingewiesen, dass während der Bauarbeiten der Schulbetrieb immer aufrecht zu erhalten sei und sämtliche, dafür nötigen technischen Anlagen in Betrieb gehalten werden mussten. Provisorien waren von Anfang an mit einzuplanen und auszuschreiben.

Im Projekthandbuch wurde darauf hingewiesen, dass übergeordnet im Energiebereich ein Energieverbund mit den restlichen schulischen Gebäuden anzudenken war und bereits in der Auslegung der Komponenten der sanierte Endzustand von Sporthalle und Jugendhaus nach einer auch dort notwendigen energetischen Sanierung so zu planen war, dass dann der Spitzenkessel weitgehend überflüssig wird.

Weiterhin wurden Dämmmaßnahmen beschrieben mit damit verbundenen U-Werten, der Fensterart mit dem U-Wert von 0,85 W/Km<sup>2</sup>, der Wanddämmung, dem U-Wert der Dachdämmung sowie die Ausbildung der Frostschrüzen bzw. Sockeldämmungen. Weiterhin wurde von Anfang an festgelegt, eine hocheffiziente Lüftungsanlage mit WRG nach Passivhauskriterien einzubauen. Dies war einerseits notwendig wegen der Schallemission der vorbeiführenden Straße, und andererseits um Energie einzusparen in Verbindung mit guten Raumluftheiten. Auch die Festlegung von flächigen Heiz- und Kühlelementen fand sich im Projekthandbuch wieder.

Eine Auflistung der baulichen Maßnahme mit Festlegung der wesentlichen Bauweisen wurde ebenso im Projekthandbuch niedergelegt. Die Beschreibung der Technikmaßnahmen erschien als Kurzfassung und war später durch das Fachplanungsbüro fortzuschreiben.

Schallschutz und Raumakustik wurden im Projekthandbuch auf ihre Notwendigkeiten beschrieben; u. a. zum Beispiel, dass durch den fehlenden, schwimmenden Estrich wiederum textile Beläge einzubauen sind und weitere Akustikmaßnahmen in allen Räumen, Fluren und Aula durchgeführt werden müssen. Es folgt dann das Brandschutzkonzept, welches im Laufe der Ausführung durch die Brandschutzplanung zu ersetzen war.

Die Projektziele, die durch Stadtratsbeschluss im Juli 2008 festgelegt wurden und damit verbundene Förderungen sind ebenso im Projekthandbuch niedergelegt.

Als Ziele der Projektorganisation wurde dargelegt, dass dadurch eine straffe und abgestimmte Planung und Ausführung der Gesamtbaumaßnahme ermöglicht wird. Durch die gegenseitige Bekanntgabe der Projektziele und Planungen erfolgte eine interdisziplinäre, abgestimmte Planung zwischen den Beteiligten.

Nachdem die entsprechenden Verträge mit den ausführenden Büros abgeschlossen waren, wurden die Leistungsbilder der jeweiligen Beteiligten in das Projekthandbuch übernommen, sodass die zuständigen Leistungen für alle ablesbar waren.

Im Projekthandbuch ist das Informations-, Kommunikations- und Dokumentationsmanagement genau beschrieben. Hier ist auch das Ziel der Projektbesprechungen definiert und niedergelegt. Es wird hierbei unterschieden in Projektbesprechungsarten Bauherren-Jour-Fix und Planer-Jour-fix. Vorgesehen war, dass diese Projektsteuerung durch das Architekturbüro als Sonderleistung durchgeführt wird. Die Stadt Sonthofen entschied sich jedoch dazu, einen externen Projektsteuerer einzuschalten, der wiederum die Bauherrenaufgaben unterstützte und beraten hat. Dieses Büro wiederum verwendete ihre eigenen Projektsteuerungswerkzeuge, wodurch einige vorgesehene, auf die Sanierung abgestimmten Steuerungsleistungen nicht im vorgesehenen Umfang wahrgenommen wurden.

Leider gab es während des Bauens Personalwechsel in der Betreuung der Bauaufgabe und in der Projektleitung. Dies schränkte den Gebrauch des erarbeiteten Projekthandbuches insgesamt ein.

Planer-Team als Konsortium:


<p>Entwurfsplanung Energiekonzept</p> <p><b>ARCHITEKTURBÜRO WERNER HAASE</b></p>  <p>TEL: 09353 / 9828 - 0 97753 KARLSTADT</p>	<p>Bauleitung</p> <p><b>uhlemayr &amp; kroiss</b></p> <p>kroiss - uhlemayr - sodeur freie architekten</p> <p>TEL: 08321 / 5800 87527 SONTHOFEN</p>	<p>Tragwerksplanung</p> <p><b>DR. SCHÜTZ INGENIEURE</b> BERATENDE INGENIEURE IM BAUWESEN G m b H</p> <p>TEL: 0831 / 52197 - 0 87435 KEMPTEN</p>
<p>Fachplanung Elektrotechnik</p> <p><b>Kettner &amp; Baur</b> INGENIEURBÜRO ELEKTROTECHNIK</p> <p>TEL: 08331 / 991 900 87700 MEMMINGEN</p>	<p>Lichtplanung</p> <p><b>r a t e c</b> l i c h t</p> <p>TEL: 08381 / 801 756 88161 LINDENBERG</p>	<p>Fachplanung Heizung - Lüftung - Sanitär</p> <p><b>GI GÜTTINGER INGENIEURE</b></p> <p>TEL: 0831 / 52178 - 0 87435 KEMPTEN</p>

Abbildung 1: Konsortium  
Gymna:

Das Modell des Konsortiums hat sich weitgehend bewährt. Es müsste jedoch ein Mittel gefunden werden für den Fall, dass Konsorte seine Arbeit nicht rechtzeitig erledigt oder aber Nachbesserungen nicht oder zu spät erbringt. Hier ist in der Zukunft ein entsprechender Konsortialvertrag zw. den Konsorten vorzusehen, der für diese Fälle entsprechende Bonus und Malusregelungen vorsieht.

Insgesamt war die Arbeit innerhalb des Konsortiums sehr gut und das Planungsergebnis überdurchschnittlich. Was jedoch durch das Monitoring aufgefallen ist, ist dass bei der Weitergabe der erarbeiteten Ziele und Informationen an die Handwerker wiederum Kommunikationslücken aufgetreten sind. So war z. B. im Bereich Heizungsplanung eine sehr gute Planung erstellt und umgesetzt worden. Jedoch an der Schnittstelle zur MSR-Technik fand der Informationsübergang nicht ausreichend statt. So wurden z. B. Komponenten Kessel, BHKW und WP geliefert und mit einer sogenannten Werkseinstellung versehen. Im ersten Jahr war die Hierarchie durch die MSR-Technik falsch angesteuert; so wurden z. B. vorrangig Kessel und BHKW genutzt und nachrangig die WP. Weiterhin waren Einschalt- und Ausschaltparameter nicht abgestimmt mit Schulbetrieb und Passivhaus-Bauweise. So lief z. B. die Kühlung der Klassenräume über die Ferien durch, was im Extremfall dazu führte, dass bei Schulbeginn Mitte September das Gebäude so unterkühlt war, dass die Baumasse zuerst einmal, trotz hoher Außentemperaturen, aufgeheizt werden musste. Dies konnte schnell nach der ersten Monitoringsauswertung bereinigt werden.

Durch das Monitoring wurden Optimierungen veranlasst, die erreichten, dass das definierte Einsparungsziel weitgehend erreicht wurde. Es gab jedoch einen Wartungsvertrag mit der Firma, die die MSR-Technik eingerichtet hatte. In diesem Wartungsvertrag gab es einen Passus, dass der Techniker vor Ort die Aufgabe hätte, u. a. die „Grundeinstellungen“ wieder herzustellen. Dies hatte zur Folge, dass vorher eingegebene Optimierungsmaßnahmen verstellt wurden.

Dem MSR-Betrieb waren die Optimierungen entgangen, der Kundendienst-Techniker nicht informiert, der Inhalt des Wartungsvertrags nicht mit der Aufgabe des Niedrigenergiehauses angepasst und die Optimierungsarbeiten nicht dokumentiert und allen Beteiligten zugewiesen. Auch dieses Problem wurde mittlerweile gelöst.

Diese Fehler dürfen nicht auftreten; dafür wird es in Zukunft notwendig sein, die Fachplaner verbindlich in eine Nachbetreuung und eine Verpflichtung zur Einhaltung von berechneten Verbräuchen vertraglich zu binden. Es ist unbefriedigend, wenn Planung und Ausführung sehr gut sind und zum Schluss durch eine falsche Steuerung der Erfolg weitgehend zunichte gemacht wird.

## **4.2 Einbindung des Lehrerkollegiums in Planungsaufgaben**

In Sonthofen wurde ein kleiner „Baukreis“ von Lehrkräften gebildet, der bei den Planer-Jour-Fixen bzw. Bauherren-Jour-Fixen teilnahm und seine Anregungen, Wünsche und Erfahrungen aus der Umsetzung des Baues mit einbrachten. Dies hat sich sehr bewährt, da der „Baukreis“ klein genug war und immer aus denselben Personen bestand.

Hierbei war es natürlich öfters notwendig, den Nichtfachleuten z. B. das Thema VOB-Fristen bei Mängeln zu erläutern. Es gab Konflikte mit dem Baulärm und Beeinträchtigung des Schulbetriebes. Jedoch konnten diese Lehrkräfte auch die Bauprobleme ihren Kollegen vermitteln, sodass ein gegenseitiger Interessensausgleich auf dieser Ebene stattfand. Es gab einerseits eine Vielzahl von Nachforderungen und Zusatzwünschen, die sich am Ende summieren, andererseits gibt es nach der Inbetriebnahme und Nutzung des Schulgebäudes eine hohe Zufriedenheit und keinen Nachrüstungsbedarf.

### **4.3 Bestandsuntersuchungen**

Es wurde zwar relativ viel untersucht, aber aus Sicherheitsgründen und wegen des Schulbetriebes konnten Bauteile nicht umfangreich geöffnet oder Deckenverkleidungen abgenommen werden, da sonst der Schulbetrieb z. T. gestört worden wäre. Es wurden daher Rückschlüsse von Stichproben auf den restlichen Bestand gezogen.

Es ist daher notwendig, entweder rigoros zu untersuchen oder bei Sanierungen gewisse Überraschungen oder eventuell schlechteren Bestand als angenommen durch einen gewissen Kostenzuschlag zumindest kostenmäßig einzuplanen. Diese Bestandsuntersuchungen betreffen neben dem Architekten auch den Tragwerksplaner und die haustechnischen Gewerke, damit diese z. B. vorhandene Leitungstrassen in ihre Planung einbeziehen und nicht unnötige neue Trassen anlegen.

### **4.4 Erstellung von Planunterlagen**

Es müssen sehr bald stimmige, digitale Bestandsunterlagen gezeichnet werden, die die Qualität von Bestandswerkplänen haben. Die Planung muss flexibel auf örtliche Gegebenheiten eingehen und muss sich in Inhalt und Qualität auf die Modernisierung bzw. Reparatur beziehen. Sie haben bedeutend andere Inhalte, als z. B. eine Neubauplanung. Wichtig ist hierbei, dass Estriche pro Raum im Bestand zum Ausgleich von Unebenheiten der Rohdecke unterschiedlich „verzogen“ wurden. Wenn nun die leichte Trennwand in Zukunft an anderer Stelle steht, kann es durchaus vorkommen, dass dann in einem Raum ein Höhenversprung zwischen den beiden Estrichflächen aus den vormals zwei Räumen besteht, der dann zu einem Problem wird.

In unseren Planunterlagen wurden z. B. im BA 1 die Fußbodenoberkanten genau gemessen und dann ein Meterriss angelegt. Dann wurden wie in einem Neubauplan die Türsturzhöhen der neuen Trennwände auf ein einheitliches Maß zum Meterriss bezogen. Dementsprechend hat der Trockenbauer die Stürze eingebaut. Das Ergebnis war, dass in einzelnen Räumen die Türöffnungen zu niedrig und in anderen zu hoch im Vergleich zum Bestandsestrich waren. Hier muss jede Durchgangshöhe auf den vorhandenen Estrich an der Stelle der Tür bezogen werden.

### **4.5 Planung von Bauabschnitten - Sanierung im laufenden Betrieb**

Der Schulbetrieb muss durch Provisorien gesichert werden. Hier sind sowohl die Jahreszeiten, als auch die Nutzungsbereiche der „Restschule“ und die Verbindung des alten Schulteiles mit dem bereits sanierten Schulbereich zu berücksichtigen. Es muss eine strikte Trennung zw. Baustelle und Schulbetrieb mit Sicherung der Schülerwege und den damit verbundenen Änderungen im Bereich Brandschutz und Fluchtwege bereits im Vorplanungsstadium berücksichtigt und verbindlich abgestimmt werden.

Ein wichtiger Bereich ist die Berücksichtigung des Baulärmes. Hierzu ist es notwendig, Bauabschnitte so zu legen, dass zwischen Baustelle und benutzter Schule möglichst ein Gang oder unbenutzter Raum liegt. Die Staubschutzwand muss u. U. 2schalig ausgeführt werden und mit Wärmedämmmaterial ausgefüllt sein. Besonders lärmintensive Arbeiten wie Abbrüche, Kompressorarbeiten oder Betonschneidarbeiten müssen auf den Schulbetrieb abgestimmt sein. Im Idealfall sind diese Arbeiten in Ferienzeiten auszuführen oder bei entsprechender Notwendigkeit nachmittags oder an einem Samstag. Des Weiteren sind

Prüfungszeiten wie z. B. Abiturprüfungen bereits im Bauzeitenplan einzustellen und im besten Fall im Leistungsverzeichnis zu erwähnen. Es empfiehlt sich außerdem Informationen an die Eltern und die Lehrerschaft zu geben, bei denen auf die Bauabwicklung und den damit verbundenen Belastungen eingegangen wird.

Die Bauabschnitte müssen intensiv mit den Fachplanern für TGA, Elektro und Tragwerk abgestimmt werden, da für den laufenden Schulbetrieb die Versorgung mit Wärme, Wasser und Strom, aber auch EDV gewährleistet sein muss. In dieser Betrachtung ist jeweils die Jahreszeit mit einzubeziehen, da u. U. im Sanierungsbereich eine Bauheizung notwendig ist. Diese wiederum sollte möglichst an die bestehende Wärmeerzeugungsanlage angeschlossen werden, da mobile Heizlösungen meistens mit hohen Kosten verbunden sind.

Im Fall Sonthofen hat sich sehr gut bewährt, vorab ein Musterklassenzimmer einzurichten. In diesem Bereich wurden neue Fenster mit dem integrierten Sonnenschutz mit Tageslichtlenkung eingebaut. Ebenso eine Akustikdecke, wie sie später in den Klassenräumen verwendet werden sollte. Ein neuer Fußboden rundete die Bemusterung ab. Im Betrieb dieses Musterklassenzimmers inkl. elektronischer Tafel wurde das Zusammenspiel zwischen Beleuchtung, Aktive-Board, Verschattung etc. ausprobiert. Es wurden dabei wichtige Erkenntnisse für die weitere Planung gewonnen und in die folgenden Ausschreibungen mit aufgenommen. Durch den Testlauf ergab sich u. a., dass die Schulleitung sich für ein anderes Tafelsystem, als ursprünglich angedacht, entschieden hat.

Der Bauablauf war so vorgesehen, dass zuerst der Fachklassenbereich erneuert wird, da hiermit für die weitere Sanierungsarbeit der Fachunterricht gut gewährleistet werden konnte und zusätzliche Raumflächen geschaffen wurden, die nötig waren, um auf Container komplett verzichten zu können. Dadurch, dass der Fachklassentrakt durch eine Verbindungsbrücke mit dem Hauptgebäude verbunden ist, ergab sich ein geringer Aufwand zur Abgrenzung der Baustelle zum Schulbetrieb. Komplizierter wurde es bei dem 2. BA, der den westlichen Teil des Schulhauptgebäudes umfasste. Hier verlief die Baugrenze versetzt durch die Aula. In der praktischen Ausführung wurde diese Baugrenze etwas verschoben, was dem Schulbetrieb entgegen kam, aber sich negativ auf Kostenabgrenzung und Bautermine auswirkte. Im 3. BA ist die Heizzentrale enthalten, die während der vorherigen Bauabschnitte sowohl die Bauheizung, als auch die Schulheizung abdeckte. Der Umbau der Heizzentrale erfolgte in der heizungsfreien Zeit und war so gestaltet, dass kein Hotmobil oder ähnliches notwendig wurde.



**Bild 1: Teilabbruch des Fachklassentraktes**



Bild 2: Teilabbruch des Fachklassentraktes

Bei der Bearbeitung des 2. BA wurde vorab ein Fluchttreppenhaus angebaut, welches eine zusätzliche Fluchtmöglichkeit für den Schulbetrieb ermöglichte. Auf der Ostseite wurde ebenso ein Fluchttreppenhaus für den 3. BA errichtet. Hierbei gab es jedoch bei der Bauausführung dahingehend Probleme, dass der Untergrund durch die Tatsache eines früher verrohrten Daches an dieser Stelle nicht tragfähig war und mit Bohrpfählen die Gründung des Fluchttreppenhauses durchgeführt werden musste. Dies führte zu Zeitverzögerungen.

Unproblematisch verlief der Umzug der Verwaltung, da z. B. für die EDV-Anlage innerhalb des Lehrpersonales ein versierter Administrator die Anlage wartet, bestens kennt und den Umzug betreute. Aus meiner Erfahrung ist dies ein Glücksfall, da es keine Abklärungen mit externen Firmen erforderte.

Leider fiel während der Bauarbeiten eine Fliesenlegerfirma in Konkurs, was wiederum zu einer Zeitverschiebung führte, bis eine neue Firma gefunden war. Ebenso musste einer Trockenbaufirma den Auftrag wegen mangelnder Qualität entzogen werden, was ebenso störend war.

Die Bauleitung war intensiv vor Ort und leistete eine umfangreiche Koordinationsarbeit. Unterstützt wurde dies durch Qualitätskontrollen, in dem angekündigte Blower-Door-Tests durchgeführt wurden, bei denen die hauptsächlich betroffenen Firmen wie Fensterbauer und Verputzer anwesend waren und sofort während des Test's auftretende Undichtigkeiten erkannten und schnell beseitigen konnten. Alle Blower-Door-Tests in den 3 BA wurden mit sehr guten Ergebnissen beendet. Unterstützt wurde diese Kontrolle durch Thermografieaufnahmen durch unser Büro die wiederum beweisen, dass weitgehend wärmebrückenfrei gebaut wurde.



## 4.6 Verwendete Konstruktionsweisen und die dabei gewonnenen Erfahrungen

Die ehemalige Stahlbetonfassade sowie Stahlbetonkonsolen und Auskragungen wurden abgenommen bzw. abgeschnitten. In der Ausschreibung der neuen Holzfassade wurde diese als Holz-Fertigteil-Fassade ausgeschrieben und geplant. Die ausführende Firma hat jedoch diese Holz-Fertigteil-Fassade nicht als komplettes Fassadenteil inkl. äußerer endgültiger Verkleidung hergestellt, sondern nur Elemente der Unterkonstruktion. Die Verkleidung wurde dann vor Ort von Hand zum Teil langwierig angebracht. Hier hatten wir uns einen schnelleren Ablauf vorgestellt. Da es kostenmäßig keine Mehrkosten ergab, wurde dem Handwerker diese Arbeitsweise genehmigt. Die teilweise Vorfertigung war sinnvoll. Eine komplette Vorfertigung wäre uns jedoch lieber gewesen.



Bild 3: Holz-Fertigteil-Fassade

Die Entscheidung für die Holzfassade wurde durch eine Entscheidungsmatrix unterstützt, bei der eine Betonfassade mit einer Betonfassade mit WDVS mit einer Mauerwerk-WDVS-Fassade sowie Holzrahmen mit 200 mm Cellulose und 60mm Holzfaserplatte verglichen wurde. Sowohl in der Umweltrelevanz, als auch in den Kosten war die Holzfassade den anderen überlegen.

Projektname	Fassade Beton WDVS 230mm (Holzfaser)	Fassade Holzrahmen (200 Zellulose, 60 Holzfaser)	Fassade MW WDVS 230mm (Holzfaserplatten)
Kosten Neubau (Kgr 3 und 4)	1.038.797,00	613.020,00	829.740,00
Kosten Neubau (Kgr 3 und 4) inkl. sonstige Kosten	1.038.797,00	613.020,00	829.740,00
Kosten Neubau (Kgr 1-7) inkl. sonstige Kosten	1.038.748,00	613.008,00	829.745,00
Kosten Instandsetzung	18.376,00	4.396,25	13.761,20
Kosten Rückbau	332.748,97	63.826,55	238.827,18
Barwert	1.332.270,00	690.494,00	1.033.920,00

Tabelle 1: Vergleich unterschiedlicher Fassaden



Bild 4: Muster Wandaufbau





Bild 5: Fassadendetails



Bild 6: Außenaufnahme

Die Fenster wurden als 2+1 Fenster mit integriertem Sonnenschutz und Tageslichtlenkung in Holz-Alu-Ausführung geliefert und eingebaut.

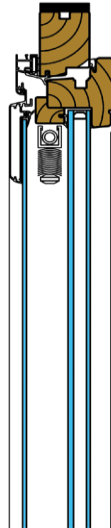


Abbildung 2: 2+1 Fenster mit innenliegendem Verschattungsbehäng u. einer vorgesetzten Glasscheibe

Diese Fenster sind weitgehend wartungsfreundlich, da die Wetterseite durch ein Aluminiumprofil bzw. Glas abgedeckt ist und lediglich die Innenansicht holzsichtig ist. Dadurch, dass die Jalousie im Fensterflügel integriert ist, kann eine evtl. Wartung u. Reparatur in allen Stockwerken aus dem Raum heraus, ohne Außengerüst oder ähnlichem, durchgeführt werden.

Es wurde Wert darauf gelegt, dass jedes Klassenzimmer mind. 2 Fensterflügel zum Öffnen hat. Die Schule besitzt eine hocheffiziente Lüftungsanlage mit WRG, bei der es sinnvoll ist, im Winter oder auch im Hochsommer die Fenster überhaupt nicht zu öffnen. Aus psychologischen Gründen, aber auch für die Zeit der milden Außentemperaturen, ist ein Fensteröffnen immer möglich; zum Teil sogar gewünscht. Eine feststehende Verglasung wird von manchen Nutzern als Bevormundung oder auch als eingesperrt sein empfunden.

Die Bestandsschule verfügte über leichte Trennwände in Blechausführung mit KMF-Füllung. Diese Wände waren ursprünglich dafür gedacht, dass sie mit geringem Aufwand versetzt werden könnten. Nachdem jedoch auf beiden Seiten der Wände abgehängte Gipsdecken eingebaut waren, hätte ein Versetzen einen bedeutenden Eingriff in die Decke, aber auch in die Fußbodenkonstruktion bedeutet, weil der Estrich nach den Wänden eingebaut wurde. Die Wände selbst verfügten über einen schlechten Luftschallschutz, da sie nicht bündig an die Rippendecken vollflächig angeschlossen waren. Es bestand oberhalb des Wandendes eine Luftschallbrücke. Die Wände hatten bisher den Vorteil, dass sie pflegeleicht waren, Exponate, Bilder oder ähnliches mit Klebefolie oder Magneten leicht fixiert werden konnten. Eine Überprüfung, neue Metallwände einzuziehen, scheiterte am Deckenanschluss, der wiederum bei der Rippendecken nicht vollständig möglich war.

Aus diesem Grunde wurden die leichten Trennwände als Trockenbauwände erstellt. Dies führte zu einem schnellen und flexiblen Erstellen von neuen Trennwänden. Aus ökologischen Gründen wurde versuchsweise die Oberfläche mit Sumpfkalk gestrichen, was sich jedoch nicht bewährt hat, da diese Farbe abfärbte und sehr schnell verschmutzte. Die Trockenbauwände sind für den doch recht harten Schulbetrieb in ihrer Oberfläche zu verletzlich, obwohl wir doppelte Beplankung und „härtere“ Gipskartonoberfläche gewählt haben. Der Schallschutz ist sehr gut. Auf Grund dessen, dass heutige Türen höhere Schallschutzanforderungen und dadurch höhere Gewichte haben, ist es notwendig die Türöffnungen mit zusätzlichen Aussteifungen und verstärkten Stürzen, bei größeren Öffnungen mit z.B. Vierkantrohren zu versehen. Die Mindestprofile sind für den Schulbetrieb zu weich und führen dazu, dass die Wände wackeln bzw. die Türen nach kurzer Zeit nachgestellt werden müssen. Hier musste im Nachhinein nachgebessert werden, in dem die Profile nachträglich verstärkt wurden.

Im 1. BA des Fachklassentraktes wurden in der Aufstockung als Schlussdecke vorgefertigte Holzfertigteile-Dachelemente verwendet. Dies war aus Gewichtsgründen notwendig und ersparte umfangreiche Fundamentverstärkungen. In den Holzfertigteildecken sind Akustikelemente integriert. Diese Bauweise ist in der Gesamtbetrachtung sehr ökologisch und durch die eingesparten, statischen Maßnahmen sehr wirtschaftlich. Durch eine entsprechende Abstimmung innerhalb der Planungsbeteiligten wurden die Elektroleitungen in die Holzdecke integriert.

Die Schule besaß ab der Errichtung in den 70-er Jahren Flachdächer. Diese waren wiederum in der Vergangenheit undicht und wurden mehrfach nachgebessert; jedoch mit geringem Erfolg. 1990-1991 wurde ein flachgeneigtes, ungedämmtes Flachdach als Kaltdach aus Kupferblech auf das Flachdach aufgesetzt. Die dafür notwendige Holzkonstruktion wurde aufgeständert und die Lagerhölzer durch die vorhandene Abdichtung des bestehenden Flachdaches auf den Betonboden der Schlussdecke aufgesetzt. Das Kaltdach selbst war nicht ausreichend belüftet und führte auf der Innenseite zu Kondensatansammlungen am Blech, die dann auf die nachträglich aufgebrachte KMF-Dämmung tropfte und wiederum zu Feuchteschäden in dem darunter liegenden Geschoss führte, da die wasserführende Schicht des Bitumendaches durch die Lagerhölzer unterbrochen war.

Weiterhin wurden verschiedene Probleme nicht ausreichend bedacht. Im bestehenden mit Bitumenbahnen abgedichteten Flachdach befanden sich sehr viele Lichtkuppeln zur Beleuchtung von Gängen und innenliegenden Räumen. Diese Lichtkuppeln waren aus Kunststoff und sollten im Brandfall nach entsprechender Abschmelzung die Entrauchung des Gebäudes leisten. Nachdem nun das Blechdach als Kaltdach und als „Regenschutz“ des eigentlichen Daches eingebaut war, war die Wirkung der Lichtkuppeln in mehrfacher Hinsicht gestört. Sie lieferten kein Tageslicht mehr, aber viel gravierender war die Tatsache, dass bei einem Brand der Dachraum aus Blech dazu geführt hätte, dass andere Lichtkuppeln in nicht brennenden Bereichen den Brand bzw. Rauch dorthin übertragen hätten.



Bild 7: Lichtkuppeln der alten Flachdächer mit Aufständigung des Blechdaches

Das Blechdach inkl. der alten Dachabdichtung wurde abschnittsweise abgenommen und durch ein rollnahtgeschweißtes Edelstahldach als Flachdach ersetzt. Lichtkuppeln entfielen größtenteils. Im Aulabereich wurden verglaste Lichtdächer eingebaut.



Bild 8: verglaste Lichtdächer im Aulabereich

Dieses Dach konnte Zug um Zug abschnittsweise errichtet werden und ist durch die Schweißnähte und der ebenso angeschweißten Attika als wasserdichte Wanne mit Abläufen und Notüberläufen an der Fassade ausgestattet. Vorsichtshalber wurden unter das Blech Kunststoffschläuche eingelegt, die im Falle einer außerordentlich seltenen Undichtigkeit ermöglichen, dass die gesamte Blechdachhaut mit Helium hinterspült werden kann, welches mit einem sogenannten Schnüffelgerät eine eventuelle Leckage orten kann. Auf Grund der klimatischen Verhältnisse in Sonthofen und der Tatsache, dass das erste Dach nach ca. 16 Jahren mit einem Kupferdach überbaut wurde und dieses wiederum zu Bauschäden führte und nach ca. 20 Jahren ebenso abgerissen wurde, können wir jetzt davon ausgehend, dass dieses Edelstahldach mind. 50 Jahre problemlos dicht sein wird.



## 5 Erfahrungen aus der Sanierung eines Kasseler Schulmodells

Im sogenannten Kasseler Schulmodell wurde in den 70-er Jahren versucht, durch Rasterung und Verwendung von immer wieder gleichen Betonteilelementen wie Stützen, Sandwich-Fassadenelemente und Elementdecken in unterschiedlichen Formen eine industrielle Vorfertigung zur Kostensenkung zu erreichen. Es wurde ein Raster mit 1,20 m Achsabstand verwendet, bei denen Spannweiten von Decken meistens im Bereich 7,20 m oder 8,40 m ausgeführt wurden. Je nachdem wie ein Fertigteilwerk ausgestattet war, variieren die Deckenkonstruktionen. Zum Teil werden Stahlbeton-Balkendecken mit einem Achsabstand von ca. 1,20 m vorgefunden; in anderen Fällen 2-seitig oder 4-seitig abgelagerte Plattendecken auf Unterzügen bzw. Wänden. In wiederum anderen Fällen wurden Rippendecken mit verlorenen Schalungen eingesetzt. Aus meiner Erfahrung und der damaligen Norm haben diese Fertigteile oft eine für heutige Verhältnisse zu geringe Betondeckung über den Bewehrungsseisen. Dies führt z. T. zu Korrosionsschäden der Bewehrungsseisen oder auch zu einer zu geringen Brandklasse des Bauteiles. Es ist daher im Vorfeld notwendig, Betondeckung und Karbonierungsgrad möglichst frühzeitig durch einen Tragwerksplaner untersuchen zu lassen.

Es gibt Stahlbeton-Fertigteil-Schulen die weitgehend aus Stahlbeton-Fertigteilen und wenigen Aussteifungswänden aus Ortbeton bestehen. In anderen Fällen wiederum überwiegt der Ortbetonanteil. Dies hat wohl jeweils damit zu tun, wie gut entweder das Fertigteilwerk oder die Baufirma ausgestattet war.

Es wurde außerdem festgestellt, dass der letztgültige Statikplan die höhere Genauigkeit im Vergleich zu Plänen des Architekten oder auch Werkplänen in vielen Fällen aufweist. Seltenst gibt es genaue Werkpläne, die mit der Ausführung und Details umfassend übereinstimmen. In vielen Schulen wurde die Stahlbetondecke technisch geglättet und ohne Estrich mit einem Teppichboden als Trittschallschutz ausgestattet. Dies muss untersucht werden, da in anderen Kasseler Schulmodellen auch Estriche verwendet wurden.

Die Rasterung ist oft mit Flächenüberhang in den einzelnen Räumen verbunden, was wiederum von den Nutzern gerne gesehen wird.

Die Heizungstechnik und Sanitärtechnik wurde oftmals in Versorgungsstrassen innerhalb der Fertigteile verlegt. Innenliegende Räume sind oft mit einer Zu- und Abluftanlage ohne WRG versehen, was dazu führt, dass die nachströmende Luft im Winter vorgeheizt werden muss und zu hohen Energieverbräuchen führt.

Zu dieser Bauweise gehören oftmals Fassadenelemente, die vom Boden bis zur Decke die Gebäudehülle darstellen. Die meistens verwendeten Metallfenster sind bei bauzeitlichem Zustand nicht thermisch getrennt. Oftmals sind Brüstungsfüllungs-Elemente verwendet, die wiederum eine sehr geringe Wärmedämmung aufweisen.

Die Stahlbetonteile verfügen oft in den Randbereichen der Fertigteile über keine Wärmedämmung. Zu überprüfen ist ferner, ob die Rückverankerung von z. B. vorgehängten Sichtbeton-Fassadenplatten korrodiert sind oder evtl. überhaupt noch eine statische Zulassung haben können. Bei Rippendecken ist zu beachten, ob die Rippenbreite den Brandschutz erfüllt. Weiterhin muss darauf geachtet werden, dass nicht bei der Montage von Abhängern von abgehängten Decken mit Schussbolzen die Rippe in der Tragfähigkeit beschädigt wird. In den meisten Fällen haben die Kasseler Schulmodellen ein klares, nachvollziehbares Statiksystem. Je nach Hersteller sind evtl. die Bewehrungen sehr knapp bemessen. Die Betondeckung variiert oft von Werk zu Werk.

## 6 Bisher gesammelte Erfahrungen aus der täglichen Nutzung

Die Regeltechnik für die Beleuchtung und den Sonnenschutz konnte über das laufende Monitoring vermessen werden und es liegen Rückkopplungen von den Nutzern vor. Dadurch, dass manuell in die Steuerung des Sonnenschutzes eingegriffen werden kann, gibt es hier im Wesentlichen keine Beanstandungen.

Bei der Beleuchtung fällt auf, dass immer wieder eigentlich helle Gänge und Flure, aber auch die Aula, die über ausreichende Oberlichtquellen mit Tageslicht verfügt, auch bei Sonnenschein mit Kunstlicht beleuchtet werden. Meiner Meinung nach gibt es hier ein prinzipielles Problem dahingehend, dass die Lichtsensoren an Stellen angebracht sind, die das Sonnenlicht nie erreichen wird. D. h. der Sensor misst an der Decke in einer „hinteren Ecke“ das vermeintliche Tageslicht und schaltet dementsprechend das Licht, obwohl u. U. die Sonne auf den Fußboden scheint. Jedenfalls wird es niemanden geben, der sich in einem Gang tagsüber deswegen verlaufen würde, weil das Kunstlicht nicht rechtzeitig eingeschaltet hat. Ich vertrete hier die Meinung, dass u. U. mehrere Schaltmöglichkeiten mit Tastern, die nach einer gewissen Zeit das Licht automatisch wieder abstellen, sinnvoller die Beleuchtung der Gänge regeln könnte. In den Klassenzimmern könnte man gerne auf die Bewegungsmelder und die automatische Lichtsteuerung verzichten, wenn jeweils nach Stundenende das Licht (tagsüber) ausschaltet und zu Beginn einer jeden neuen Unterrichtsstunde neu entschieden würde, wie die Beleuchtung sein sollte. Damit könnte wahrscheinlich die Beleuchtung individueller geregelt werden, als mit der automatischen Steuerung. Es gibt z. B. Untersuchungen der Stadt Frankfurt, die diese Vorgehensweise empfiehlt und damit gute Erfolge erreicht hat.

Die Steuerung der Heizungstechnik hatte anfangs nicht im Sinne der Planung gearbeitet. Durch das Monitoring ergab sich in etwa folgende Situation:

Die Anlagentechnik war in der Auslegung und in der Planung sehr gut, dank Simulationen die das planende Büro Güttinger von sich aus durchgeführt hatte. An der Schnittstelle zur MSR gab es jedoch eine Kommunikationslücke. Es wurde festgestellt, dass der Programmierer der Steuerungsanlage im Prinzip genau umgekehrt die Steuerung programmiert hatte. Der Kessel übernahm die Hauptlast der Heizung und wurde zeitweise durch das BHKW ergänzt. Wenn das nicht ausreichte, schaltete die WP dazu, konnte jedoch ihre Wärme nicht einbringen, da das Netz durch die beiden vorherigen Wärmerezeuger zu hochtemperatürlich war. Nachdem dieser Fehler auf Grund der hohen Verbräuche und des Monitorings festgestellt wurde, erfolgte eine Umprogrammierung. Es wurde die vorgesehene Hierarchie programmiert, dass die WP grundsätzlich die Niedertemperatur der Schule abdeckt. Das BHKW nur dann läuft, wenn einerseits der Strom selbst verwendet werden kann und andererseits die Abwärme des BHKW's in der mitversorgten Sporthalle, dem angeschlossenen Jugendhaus oder bei hohem Bedarf der Schule zugeführt werden kann. Die Verbrauchswerte erreichten in etwa das geplante Minimum für den Schulbereich (Sporthalle und Jugendhaus wurden nicht saniert; sind nach wie vor hohe Verbraucher).

Eine zweite interessante Feststellung wurde während des Monitorings gemacht. Es wurde festgestellt, dass im September ein hoher Heizbedarf trotz sommerlicher Außentemperatur bestand. Es zeigte sich folgende Lösung für dieses Problem:

Die sanierte Schule besitzt eine Heiz- Kühldecke mit Akustikfunktion in allen Schulräumen. Da die WP als Wärmequelle Grundwasser über einen Spenderbrunnen nutzt und in einen Schluckbrunnen abgibt, kann damit im Winter Wärme entzogen und zum Heizen verwendet werden. Im Sommer jedoch kann nun die Grundwasserkühle als Naturkühlung über die Kühldecken wiederum genutzt werden. Es war folgendes programmiert:

Bei einer gewissen unterschrittenen Außentemperatur früh morgens (z. B. 5 Uhr oder 6 Uhr) schaltet automatisch die Heizung ein. Weiterhin war so programmiert, dass z. B. bei einer ansteigenden Temperatur um z. B. 10.00 Uhr vormittags auf über z. B. 22°C im

Außenbereich hat die Deckenkühlung vorsorglich die Arbeit aufgenommen. Das System arbeitete dermaßen gut, dass die Schule Mitte September so ausgekühlt war, dass im September ca. 50.000 kWh Heizwärme nötig war, um die bestgedämmte Schule mit hohem Speichervermögen soweit aufzuheizen, dass die Schüler bei sommerlichen Außentemperaturen nicht froren. Hier waren in der Programmierung mehrere Fehler, so z. B. war keine Heizungsverriegelung ab Ende April bis Mitte Oktober in der Regelung hinterlegt, auch die Ferien wurden nicht berücksichtigt. Außerdem war das Prinzip einer passivhausähnlichen Schule nicht verstanden worden und die Abstimmung der Außenfühler zur Jahreszeit und zu Innentemperaturen nicht durchgeführt worden.

Nach Erkennen dieser Fehler wurde umprogrammiert. Das Monitoring am Ende des zweiten Jahres der Messungen zeigte, dass die 80% CO<sub>2</sub>-Minderung weitgehend erreicht war. Beim nächsten Monitoringsquartal jedoch traten wieder alte Fehler bzw. Messwerte auf. Es stellte sich durch entsprechende Nachuntersuchungen heraus, dass mit der Firma, die die MSR-Technik programmiert hatte, ein Wartungsvertrag abgeschlossen worden war. Nach Durcharbeitung des Vertrages stellte sich heraus, dass es darin einen Posten gegeben hatte, der von dem Wartungstechniker verlangte, „die Regelung auf die in den Unterlagen festgehaltene Grundeinstellung“ zurückzustellen. D. h. Änderungen in den Regelungen wurden durch den „Optimierer“ nicht in die Unterlagen eingetragen. Der Techniker, der die ursprünglichen Einstellungen vorgenommen hatte, war ein anderer, als der Kundendienstler. Zu bedenken hierbei ist, dass sowohl das Monitoring, als auch die sogenannten Wartung Geld gekostet hat.

Wir haben daraus gelernt, dass eine MSR-Technik eine ganz klare Funktionsbeschreibung für den Betrieb der Anlage und die Hierarchie der Komponenten haben muss und eine genaue Abstimmung für den geplanten Betrieb und der Nutzung des Gebäudes notwendig ist. Eventuelle Eingriffe in die Regelung müssen erstens berechtigt und zweitens dokumentiert und kommuniziert werden.

Hierfür sollte in Zukunft eine LPH 10 eingeführt werden, d. h. das planende Büro sollte eine umfassende Nachbetreuung der Anlage solange durchführen, bis die Zielwerte erreicht oder unterschritten sind, der Hausmeister oder der Nutzer so eingewiesen wurde, dass er weiß, was er verstellen darf und was er nicht verstellen darf. Gleichzeitig sollte möglichst eine Datenübertragung zu einem Energiemanager oder einem Betreuungsunternehmen stattfinden, die möglichst kurzfristig Abweichungen vom Sollverbrauch feststellen können.

Ein weiteres Problem sind die CO<sub>2</sub>-Messgeräte in den Klassenzimmern. Bei den ausgelesenen Daten gibt es z. B. Werte mit ca. 200 ppm CO<sub>2</sub>. Nachdem in der freien Natur mittlerweile Werte von mehr als 400 ppm vorhanden sind, kann die Mischluft in einem Klassenzimmer niemals weniger als z. B. 450 ppm haben, ansonsten müsste die Luft technisch verändert worden sein. Dieser zu niedrige Ablesewert verfälscht das Ergebnis und steuert u. U. die Lüftungsanlagen falsch. Es ist daher dringend darauf zu achten, dass CO<sub>2</sub>-Messgeräte zum Einsatz kommen, die längere Zeit verlässlich die Werte messen. Derzeit wird durch Austausch der Messgeräte versucht dieses Problem zu lösen.

Die Temperaturen in den Klassenzimmern werden allgemein als sehr angenehm bezeichnet; in wenigen Bereichen war im Sommer die Kühlung zu stark eingestellt; dies konnte mittlerweile behoben werden.

Die Luftfeuchtigkeit ist nach wie vor im Winter an gewissen kalten, klaren Wintertagen sehr niedrig. Vor der Sanierung wurde mehrfach berichtet, dass praktisch jeden Winter mehrere Lehrkräfte eine Stimmbandlähmung bzw. Reizung der Stimmbänder hatten und längere Zeit für den Unterricht ausfielen. Dieses Problem ist seit der Sanierung nicht mehr aufgetreten. Es scheint hier nicht alleine die Luftfeuchtigkeit gewesen zu sein, sondern die im Bestandgebäude schlechte Akustik. Diese erforderte ein bedeutend lauterer Reden, was

natürlich die Stimmbänder stärker belastete. Insgesamt wird durch die Nutzer festgestellt, dass durch die umfassenden Akustikmaßnahmen in den Klassenzimmern, aber auch gleichermaßen in Gängen, Fluren, Treppenhaus und Aula der Geräuschpegel stark abgesunken ist und die Neigung zu Aggressivität sich deutlich verringert hat. D. h. die Akustik muss in einem gesamten Schulgebäude ebenso wie der Schallschutz zwischen den Räumen bestmöglich ausgeführt werden. Es gibt heute immer mehr Schüler mit Hör- bzw. Verständigungsproblemen bis hin zu Migrationshintergrund. Daher ist ein besonders gutes Hören und eine gute Sprachverständlichkeit ein wichtiges Element einer für die Zukunftsaufgaben sanierten Schule.

Es wurde eine Umfrage unter den Schülern, aber auch unter den Lehrern durchgeführt. 34 ausgefüllte Bögen von Lehrern, die bereits vor der Sanierung an der Schule unterrichteten, ergab eine sehr gute Beurteilung. So wurde z. B. die Akustik 12x mit sehr gut, 14 x mit gut, 2 x mit befriedigend und 1 x mit mangelhaft bezeichnet. Die Frage „Man fühlt sich insgesamt wohl“ wurde 18 x mit sehr gut, 12 x mit gut, 1 x mit befriedigend und 4 x mit ausreichend bewertet. In ähnlicher Bewertung wurden auch die anderen Fragen beantwortet, lediglich im Bereich „Genug frische Luft im Raum“ gibt es nur 2 x sehr gut, 6 x gut, 5 x befriedigend, 14 x ausreichend, 5 x mangelhaft und 2 x ungenügend. Dies bestätigt im Prinzip unsere CO<sub>2</sub>-Messungen.

Es wurden Raumluftbeobachtungen beim Gymnasium Sonthofen vom 10.11.2014 bis zum 01.12.2014 durch die Lehrer vorgenommen und mit den offiziellen Messwerten verglichen. Hierbei fällt auf, dass die CO<sub>2</sub>-Werte eigentlich hervorragend sind, aber nicht stimmen können. Das beste Beispiel hierfür ist der Raum H128, in dem angeblich ein CO<sub>2</sub>-Wert von 290,3 ppm gemessen wurde, ebenso im Raum F110 mit 295,9 ppm. Nachdem in der Natur derzeit bereits Werte von über 400 ppm bestehen, liegen hier deutliche Messfehler vor. Derzeit wird abgeklärt, ob diese Messwerte lediglich „zu niedrig beginnen“ oder ob ein Fehler als Faktor vorliegt (z. B. ob alle Werte x 2 genommen werden müssten). Bisher war es nicht möglich vom Hersteller der Messgeräte und von der MSR-Technik eine verlässliche Auskunft zu bekommen.



Zusammenfassung Raumluftheobachtungen Gymnasium Sonthofen  
10.11.2014 - 01.12.2014

Feststellung durch Lehrer				Messwerte Hausmeister		
Raum	Datum	Zeit	Problem	T (°C)	Luftfeuchtigkeit (%)	CO <sub>2</sub> -Wert (ppm)
F002	10.11	9.45	Schlechte Raumluf	22,2	38,8	1071,5
H208	10.11	10.30	Schlechte Raumluf	24,0	33,6	1124,8
H202	10.11	11.00	Schlechte Raumluf	24,5	38,9	919,5
F003	11.11	11.00	Schlechte Raumluf	22,7	39,5	1277
H201	11.11	9.00	Schlechte Raumluf	22,9	34,8	850,5
F110	11.11	14.30	Schlechte Raumluf	21,9	37,1	667,8
H202	11.11	13.30	Schlechte Raumluf	23,6	39,5	673,3
H208	11.11	9.20	Schlechte Raumluf	23,1	32,8	814,2
H128	11.11	13.00	Trockene Raumluf	22,7	45,2	864,2
H202	11.11	12.30	Schlechte Raumluf	24,2	39,8	876,4
H222	11.11	10.15	Schlechte Raumluf, zu warm	22,6	45,0	1033
H223	12.11	12.25	Schlechte Raumluf	23,0	45,1	892,6
H128	12.11	9.00	Schlechte Raumluf	19,9	44,9	290,3
F004	12.11	10.30	Schlechte Raumluf	23,3	40,1	1485,6
H202	13.11	9.00	Schlechte Raumluf	23,2	39,8	710,5
H017	14.11	8.35	Schlechte Raumluf	21,9	38,9	766,1
H201	17.11	10,00	Schlechte Raumluf	22,1	36,6	771,9

F002	17.11	10.00	Schlechte Raumluf	22,2	36,7	1384,4
F014	17.11	1145	Schlechte Raumluf	22,1	42,9	807,6
F110	17.11	12.15	Kalter Raum	18,1	36,2	295,9
H220	17.11	9.00	Kalt	20,08	46,0	512,5
H015	18.11	10.00	Zu kalt	22,2	38,1	987,2
F002	18.11	10.00	Kühl, trocken	21,3	34,3	895,6
Silentium	18.11	10.30	Kühl	21,7	30,6	328,2
H203	20.11	8.30	Alles ok	21,7	39,5	1185,6
H129	20.11	11.40	Schlechte Raumluf	24,3	38,1	1073,1
H128	21.11	12.30	Schlechte Raumluf, sehr warm	21,7	41,5	733,4
H207	24.11	14.30	Schlechte Raumluf	24,2	31,9	376,1
F013	24.11	10.30	zu kalt	22,2	42,4	567,5
H221	01.12.	8.30	Trockene Luft	22,3	43,5	931,1

Anhand der Daten ist zu erkennen, dass es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der „gefühlten Raumlufqualität“ und den erhobenen Messwerten gibt. Die tatsächlich von verschiedenen Lehrern wahrgenommene und auch von anderen Lehrern und Schülern überprüfte schlechte Luftqualität, besonders während und nach Doppelstunden, gibt Anlass zur Besorgnis, da diese nicht von den Messwerten abgebildet und somit auch nicht regeltechnisch erfasst werden kann. Es treten immer noch CO<sub>2</sub>- Messwerte auf die unterhalb des Frischluftwertes liegen (400ppm). Die Messwerte der Luftfeuchtigkeit erscheinen durchweg sehr hoch.

#### Schlussfolgerungen

Eine Überprüfung der Messdaten durch Messungen im Raum mittels geeichter Messgeräte sollte erfolgen. Eine Überprüfung, bzw. Kalibrierung der Messfühler ist unserer Ansicht nach dringend angezeigt. Die Lüftungsanlage muss so gefahren werden, dass die CO<sub>2</sub>-Spitzen gar nicht erst auftreten, da die Trägheit der Anlage keine Besserung in realistischer Zeit ergibt. Momentan ist es nicht möglich Stoßlüften über die Fenster zu vermeiden.

Tabelle 2: Raumlufbeobachtungen, Quelle: EA Dresden

## 7 Zum Thema Monitoring

Es war 2010 das Ziel, eine in der Nähe befindliche Hochschule mit den Monitoringsaufgaben zu beauftragen. Eine Hochschule aus der näheren Umgebung sagte uns diese Leistung zu und unterschrieb einen Vertrag, in dem die abgefragten Leistungen definiert und aufgelistet waren. Dieser HS gehörte früher ein Dozent an, der sich angeblich mit Gebäudeausrüstung gut auskannte. Aus diesem Grunde erfolgte der Auftrag.

Es stellte dich dann jedoch heraus, dass die übertragenen Arbeiten sehr schleppend ausgeführt wurden und z. T. nicht gewünschte Leistungsbereiche abdeckten, Werte oft nicht plausibel waren und geforderte Bereiche gar nicht bearbeitet wurden. Durch entsprechende Gespräche stellte sich heraus, dass der Fachbereich Informatik das Monitoring übernommen hatte und die Aufgabe lediglich aus der Sicht eines Informatikers sah. Das Wissen und die Erfahrung mit Gebäudetechnik waren nicht vorhanden. Es kam dann zur Vertragsauflösung. Das jetzige Monitoring wird durch EA EnergieArchitektur GmbH Dresden durchgeführt und gibt praxisgerechte Hinweise zur Nachoptimierung. Der neue Monitorer musste erste die bisher fehlende Hardware installieren. Aus dem Vorgängerauftrag stammte noch eine von Studenten gebaute Wetterstation, die immer wieder fehlerhafte Daten liefert bzw. Betriebsausfälle hat.

Der Wechsel hat ca. 1 ½ Jahre Zeitverlust bedeutet, aber führt zum gewünschten Ergebnis.

Nachdem das 2-jährige Monitoring gezeigt hat, dass das Zusammenspiel Planer, Programmierer, ausführende Firma und Nutzer nicht zuverlässig und umfassend koordiniert war, und sogar während der Optimierungsphase Störungen durch Eingriffe in die Steuerung vorgenommen wurden, entschied sich die Stadt Sonthofen dazu, das Monitoring um 1 Jahr zu verlängern und wurde um das Ziel erweitert, dass

1. der Planer die Nachbesserungen leitet und beaufsichtigt (was bisher an die ausführende Firma delegiert war)
2. der Planer eine genaue Funktionsbeschreibung liefert, die vom Nutzer, der ausführenden Installationsfirma und dem Programmierer der MSR gleichermaßen verstanden wird.
3. die CO<sub>2</sub>-Sensoren umfänglich ausgetauscht werden.
4. der Heizungsbetreuer (Hausmeister) und der Energiemanager der Stadt Sonthofen werden in die MSR-Technik mit eingebunden und entsprechend so geschult, dass der Energiemanager später die Monitoringswerte überprüfen kann und entsprechende Maßnahmen einleiten kann.

Der 4. Quartalsbericht 2015 wird die Wirksamkeit der o. g. Maßnahmen zeigen.

In der Anlage 2 ist der Abschlussbericht Monitoring Gymnasium Sonthofen vom 10.04.2015 (das nachgeschaltete Monitoring 2015 wird erst Anfang 2016 einen Abschlussbericht erhalten).

## 8 Fazit

Es hat sich gezeigt, dass das Ergebnis der Schule Sonthofen relativ gut ist. Im Planungsprozess bzw. in der Zusammenarbeit mit den anderen Planungsbeteiligten muss in Zukunft mehr Transparenz, eine eindeutige Kommunikation und eine klare Aufgabenverteilung koordiniert werden. Hierzu ist das Projekthandbuch als Instrument einzusetzen und für die einzelnen Aufgaben anzupassen. Dieses Projekthandbuch muss verbindlich allen Beteiligten zur Verbesserung der Abläufe zur Pflicht gemacht werden. In der heutigen Zeit der Datenflut ist es notwendig, zumindest die wichtigen Sachen gleichermaßen allen Beteiligten zugänglich zu machen. So muss z. B. ein klares Organigramm erstellt werden, in dem ersichtlich ist wer ist für etwas zuständig. Vertragsinhalte müssen gegenseitig im Bereich der Pflichten und vereinbarten Leistungsbildern offen gelegt werden, um z. B. zu sehen welche Sonderleistungen sind zu Grundleistungen zusätzlich vergeben. Die Sanierungsmethodik muss noch verfeinert werden.

Die Generalsanierung eines Kasseler Schulmodelles ist in den meisten Fällen einem Abbruch und einem Neubau vorzuziehen, da in den Betonmassen eine große Menge grauer Energie gebunden ist, die Betontragteile in der Regel noch viele Jahre ihren Dienst tun können und eher die Technik und die äußere Hülle erneuert werden muss, aber nicht die Tragstrukturen. Da es viele hundert Schulen dieses Typs gibt, erscheint es notwendig einen Erfahrungsaustausch zu organisieren, da nicht jede Sanierung neu erfunden werden muss.

## **9 Anhänge - Projekthandbuch / Vorabzug und Abschlussbericht Monitoring**

**Generalsanierung und Erweiterung durch  
Aufstockung des Gymnasiums Sonthofen**

Architekturbüro  
**Werner Haase**  
Julius-Echter-Str. 59  
97753 Karlstadt  
Tel. 09353/9828-0

# Projekthandbuch



**Projekt:** Generalsanierung und Erweiterung durch Aufstockung  
des Gymnasiums Sonthofen

Albert-Schweitzer-Str. 21, 87527 Sonthofen

**Bauherr/ Auftraggeber:** Stadt Sonthofen

Rathausplatz 1, 87527 Sonthofen Stadt,  
vertreten durch Herrn Bürgermeister Buhl

Version Nr.: 07-13-Vorabzug

Stand: 09.09.2008

# Inhaltsverzeichnis

A1.	Bedeutung und Aufgabe des Projekthandbuches	39
B	Organisation des Projektes	40
B1.	Projektdefinition	40
		47
B2.	Verträge und Leistungsbilder	61
B3.	Informations-, Kommunikations- und Dokumentationsmanagement	73
B4.	Entscheidungsmanagement <sup>C3, C4</sup>	89
B5.	Kostensteuerung	91
B6.	Terminliche Ablaufplanung/ Terminplanung, -kontrolle und -steuerung	98
B7.	Aufgaben des Bauherrn - Planprüfung, Entscheidungen, Bemusterungen	101
C	Formblätter und Muster	103
C1.	Teilnehmerliste (Muster)	103
C2.	Jour Fix Protokoll (Muster)	103
C3.	Entscheidungsvorlage Plan (Muster)	105
C4.	Entscheidungsvorlage Bau (Muster)	106
C5.	Bemusterung (Muster)	107
C6.	Formular Ergänzungslieferung (Muster)	108



## **Bedeutung, Aufgabe und Handhabung des Projekthandbuches**

### **A1. Bedeutung und Aufgabe des Projekthandbuches**

Moderne Projekte im Bauwesen weisen zunehmend einen steigenden Komplexitätsgrad auf. Architekten- und Ingenieurteams arbeiten räumlich getrennt in unterschiedlichen Organisationsstrukturen und erzeugen vielfältige Informationen. Moderne Verfahren der Informations- und Kommunikationsverarbeitung kommen zum Einsatz. Die Ergebnisse müssen auf den Baustellen umgesetzt und zunehmend auch für eine zukünftige Bewirtschaftung (Facility Management) verfügbar gemacht werden.

Das vorliegende Handbuch soll die funktionale Zusammenarbeit aller am Projekt Beteiligten sichern.

Änderungen bzw. Ergänzungen werden kontinuierlich in das Projekthandbuch eingearbeitet. Alle Projektbeteiligten erhalten die aktualisierte, fortgeschriebene Fassung. Sollten aus Sicht eines Projektbeteiligten Änderungen oder Ergänzungen notwendig sein, so sind diese schriftlich zu formulieren und bei der Projektsteuerung (AB Haase) einzureichen. Über die Aufnahme der Ergänzung wird die Projektsteuerung in Abstimmung mit dem Auftraggeber entschieden.

Das Handbuch ist Vertragsbestandteil und gilt verbindlich für alle Projektbeteiligten.



## B Organisation des Projektes

### B1. Projektdefinition

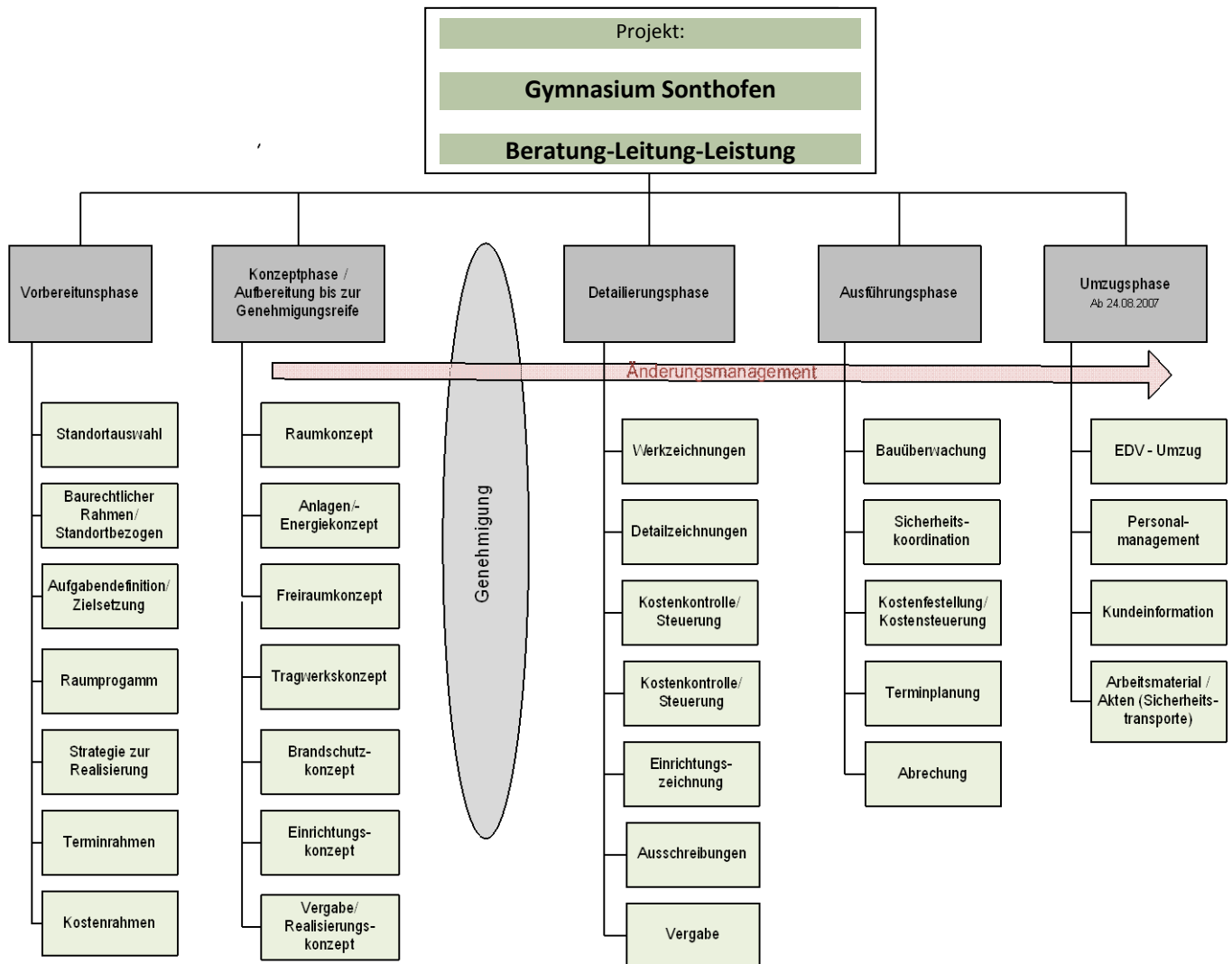
#### B1.1. Allgemeine Projektbeschreibung

Generalsanierung, Umbau und Erweiterung des Gymnasiums in Sonthofen (kurz: Generalsanierung Gymnasium Sonthofen)

Bauherr:	Stadt Sonthofen Rathausplatz 1, 87527 Sonthofen Stadt, vertreten durch Herrn Buhl, Bürgermeister
Nutzer:	Gymnasium Sonthofen Albert-Schweitzer-Str. 21, 87527 Sonthofen vertreten durch Herrn Thiele, Oberstudiendirektor
Lage:	Auf dem G`hau-Gebiet zwischen Bundesstraße 19 und der Albert-Schweitzer-Straße. Das Gelände ist weitgehend eben und liegt ca. 1,80 m tiefer als die Albert-Schweitzer-Straße.
<b>Grundstück:</b>	
Flurnummer:	976
Gemarkung:	Sonthofen
Eigentümer:	Stadt Sonthofen Rathausplatz 1, 87527 Sonthofen
Mieter:	Eigennutzung

## Projektstruktur

### B1.1. Projektstrukturplan (funktionsbezogen bzw. aufgabenbezogen)





## B1.2. Kennwerte

### Kennwerte, Flächen, Rauminhalte (Stand: 09.09.2008) berechnet nach DIN 277 bzw. Gif-Richtlinie

Schulart		Gymnasium
Ausrichtung		Naturwissenschaftlich- technologisches Gymnasium und Wirtschafts- und sozialwissenschaftliches Gymnasium mit wirtschaftswissenschaftlichen Profil
Sonderkonzepte		Mittagsbetreuung
Zügigkeit, Klassenanzahl		3-zügig, 18 Klassen + Kollegstufe
HNF	m <sup>2</sup>	
NNF	m <sup>2</sup>	
NF	m <sup>2</sup>	6.392,96
VF	m <sup>2</sup>	2.143,15
TF	m <sup>2</sup>	366,99
NGF	m <sup>2</sup>	3.953,49
BGF	m <sup>2</sup>	10.347,13
Bruttorauminhalt	m <sup>3</sup>	42.701,10
Anzahl der Obergeschosse	Stk.	2 (Fachklassentrakt) 3 (Hauptgebäude)
Anzahl der Untergeschosse	Stk.	0
Anzahl der Garagenplätze	Stk.	0
Anzahl der Stellplätze im Freien	Stk.	

Wird eine Veränderung der Kennwerte erforderlich, ist dies über eine Entscheidungsvorlage zu genehmigen. (s. Punkt B5)



## Terminrahmen

### Termine (Stand: August 2008)

Planungsbeginn einschl. Fachdisziplinen	Juli 2008
Baubeginn	Pfingstferien 2009
Fertigstellung	Ende 2012

### B1.3. Kostenrahmen

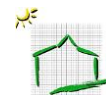
#### Kosten (Stand: Budget Juli 2008 unter Berücksichtigung der groben Schätzkosten der Fachdisziplinen)

Projektkosten (netto) nach DIN 276

Kostengruppen 200/300	5.500.000 €
Baukonstruktive Einbauten	500.000 €
Kostengruppe 400 – ELT	1.200.000 €
Kostengruppe 400 – HLS (einschl. MSR)	1.300.000 €
Kostengruppe 500	€
Kostengruppe 700	1.600.000 €
Entscheidungsvorlagen Nr. bis --. (keine vorhanden)	0 €
Mehrwertsteuer 19 %	1.900.000 €
Gesamt - gerundet:	12.000.000 €

### B1.4. Baurechtliche Situation/Genehmigungen/Bestandsdokumentationen

Art der Unterlage	Status
Vorhaben- und Erschließungsplan	./.
Bebauungsplan – Bestand	Klärung AB Haase vom mit folgenden Festsetzungen:
Baugenehmigung (Hochbau) - Bestand	vom 31.07.1973 liegt beim AB Haase vor
Entwässerungsantrag - Bestand	vom Juni 1972 liegt beim AB Haase vor

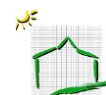


Montagepläne HLS	von 1973 liegen teilweise beim IB Güttinger, sowie beim Hausmeister, Herrn Knall, vor
Montagepläne ELT	von 1973 liegen teilweise beim IB Kettner, sowie beim Hausmeister, Herrn Knall, vor
Statikpläne	von 1973 liegt bei IB Dr. Schütz vor
Baugrundgutachten	vom Juli 1972 liegt bei IB Dr. Schütz vor
Bestandspläne	Digitalisiert / aufgenommen im Juli 2007, liegen beim AB Werner Haase vor
Beurteilung der Feuerwiderstandsdauer	von 1973 liegt bei IB Dr. Schütz vor
Beurteilung des Tragwerks	von 2002 liegt bei IB Dr. Schütz vor
Sonstige Bestandsunterlagen	Archiviert bei der Stadt Sonthofen, Sichtung entsprechend der Fachdisziplin nötig
Raumbuch	nicht vorhanden
Genehmigung Raumprogramm	Nötig; wird zur Prüfung eingereicht Ende Sept. 2008
Genehmigung Baumaßnahme gem. FAG	Nötig; wird zur Prüfung eingereicht Ende Sept. 2008
Baugenehmigung einschl. Brandschutz	Nötig; wird zur Prüfung eingereicht im Okt. 2008
Gestaltungssatzung	nicht vorhanden – Prüfung d. Herrn Friedberger
Grünordnungsplan	nicht nötig
Prüfstatik	Nötig; wird zur Prüfung eingereicht im Okt. 2008
Entwässerungsantrag	Notwendigkeit durch Erweiterung d. IB Güttinger prüfen
Hochwasserschutz	Notwendigkeit erneute Beteiligung durch Herrn Friedberger prüfen
Schallschutz gegen Außenlärm	vom



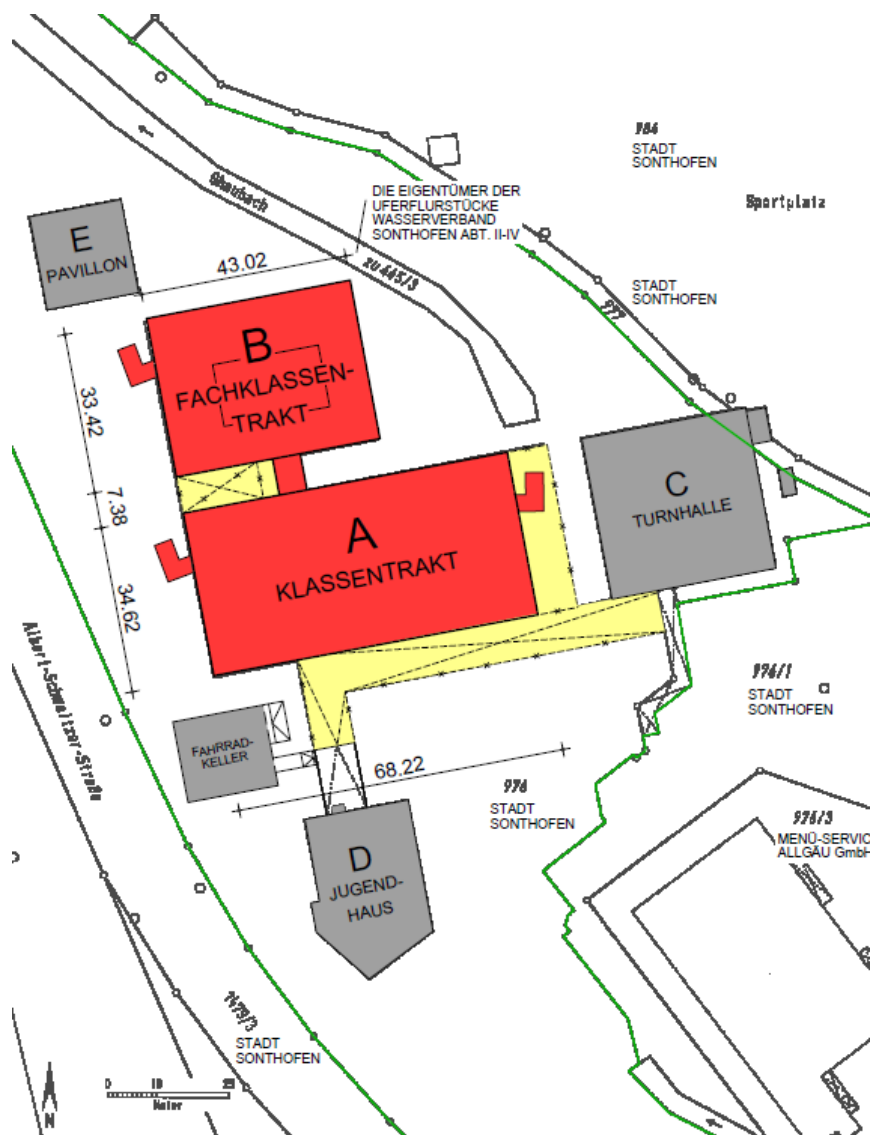
Schallschutz im Gebäude	wer?
	vom
	wer?
Raumakustik	vom
	wer?
Thermische und luftungstechnische Simulation	vom, liegt bei IB Güttinger vor

Sämtliche angeführte und vorhandene Unterlagen können bei den betreffenden Stellen eingesehen und digital angefordert werden, soweit diese digital vorhanden sind.



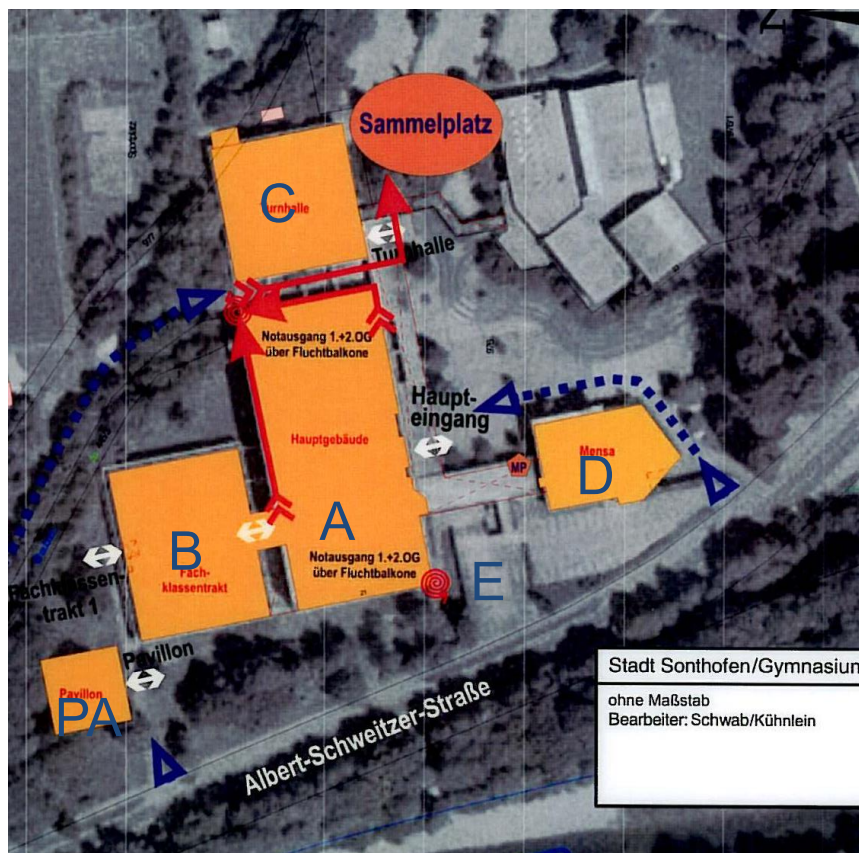
## B1.5. Baubeschreibung

### B1.5.1 Lage





Der Schulkomplex liegt im Stadtteil Illersiedlung zwischen Illerdamm und Bundesstraße 19. Die Zufahrt erfolgt über die Albert-Schweitzer Straße im G'Haugebiet. Das eigentliche Schulgebäude umfasst zwei Gebäudeteile, Hauptgebäude und den Fachklassentrakt. Es schließt sich die 2-fach-Turnhalle an. Im Pavillon, Gebäude E, sind momentan 4 Klassen ausgelagert. Im Gebäude D ist die Mensa / Mittagsbetreuung untergebracht.



Gebäudeteil A (Hauptgebäude), Baujahr 1973/74, EG bis 2.OG

Gebäudeteil B (Fachklassentrakt), Baujahr 1973/74, EG

Gebäude C (Turnhalle), Baujahr 1959

Gebäude D (Mensa), Baujahr 1974

Gebäude E (Pavillon), Baujahr 2002



Die Baumaßnahme umfasst das Schulgebäude einschließlich Fachklassentrakt sowie die gebäudenahen Außenanlagen einschl. Pausenhof, Sporthalle, Mensa/Jugendhaus und Pavillon werden nicht bearbeitet. Die Bestandsgebäude werden generalsaniert und umgebaut. Größere Umbauten finden im EG des Fachklassentraktes mit der Errichtung einer multifunktionalen Pausenfläche, sowie im bisherigen Aulabereich statt. Der Fachklassentrakt wird durch eine Aufstockung erweitert.

### **B1.5.2 Bestandsbeschreibung / - beurteilung**

Das Schulgebäude wurde in Stahlbeton-Skelettbauweise in Fertigteilen im Konstruktionsraster  $7 \times 1,2 = 8,4$  m errichtet (sog. Kassler Schulmodell). Außer einzelnen zur Längs- und Queraussteifung nötigen Ortbetonwänden im Kernbereich (hier mit Ortbetondecken) sind keine tragenden Wandscheiben vorhanden. Die Decken sind aus Stahlbeton als Fertigteil-Rippenplatten (Pi-Platten) ausgeführt, die auf den Stahlbeton-Fertigteilträgern liegen. Stützen ebenfalls aus Stahlbeton. Fassade Betonfertigteile mit Stahl-Alu-Fenstern. Davor liegt der umlaufende Rettungsbalkon aus Stahlbetonfertigteilen. Brüstungselemente sowie Verkleidungen von Sheds und Technikaufbauten aus Asbestzementplatten. Die Sonnenschutzeinrichtungen (Osten, Süden, Westen) sind in Verbindung mit den Fluchtbalkonen ca. 1 m vor der Fassade als motorisch betriebene Lamellen-/Raffstores ausgeführt.

Bauzeitliche Flachdächer als Kiespressdach, zwischenzeitlich wurden wegen bislang nicht beherrschbarer Undichtigkeiten flachgeneigte Kaltdächer mit Kupferblecheindeckung errichtet.

Sämtliche Innenwände sind als variable Trennwände in Verbindung mit Blechpaneel-Unterdecken (hinterlegt mit vliesbeschichteten KMF-Schallschutzmatten) errichtet. Ausbauraster 1,2 m. Die erwünschte Variabilität stellte sich nicht ein, da ein Versetzen der Innenwände nicht unproblematisch durchführbar war. Stattdessen erweist es sich als problematisch, dass Trennwände keinen Anschluss an die Rohbaudecke haben (Brandschutz, Schallschutz, Stabilität). Eine Feuerwiderstandsdauer der Trennwände konnte nicht recherchiert werden. Die Treppen sind ebenfalls als Stahlbetonfertigteile, allerdings ohne Setzstufen ausgeführt. Häufig noch bauzeitliche Teppichböden in Stammklassen und Fluren (und Verwaltung), Ziegelfliesen in der Halle und im Fachklassentrakt sowie Fliesen in den Nassräumen.

Überwiegend bauzeitliche Fachraumausstattungen in den Naturwissenschaften, in den Lehrsälen wurde das ansteigende Gestühl erneuert und kann weiterverwendet werden. Weitere bauzeitliche Fachräume: Werken, Kunst, Sprachlabor, Lehrküche, Musik. Das weitere Mobiliar sowie die vorhandenen Tafeln sind ebenfalls größtenteils bauzeitlich und stark abgenutzt.

Es sind keine Schadstoffbelastungen oder Kampfmittel auf dem Gelände bekannt. KMF aus der Bauzeit ist als krebserregend einzustufen. In den Auflagerpunkten wurden zum Teil keine



Neoprenplatten, sondern carcinogene Asbestplatten ausgeführt. Die vorgelagerten Rettungswege aus Stahlbeton wurden mit Asbest-Zement-Platten begleitet. Sämtliche ausbaubare Schadstoffe werden beseitigt. Nicht ausbaubare Asbestplatten an den Auflagerpunkten müssen dauerhaft versiegelt und gekennzeichnet werden.

Keines der bauzeitlichen und nachgerüsteten Bauteile weist annähernd den heute nötigen Wärmeschutz auf. Tragende Bauteile kragen vor die Fassade aus, somit sind viele Wärmebrücken zu verzeichnen. Der ungeschützt exponierte Stahlbeton weist vielerorts große Witterungs-Schäden auf, so dass infolge Stahlkorrosion und Betoncarbonatisierung/fehlender Passivierung eine Betonsanierung unmittelbar nötig wird. Die Ausführung der Rettungsbalkone aus massivem Stahlbeton bewirkt einen Hitzestau bei heruntergelassenen Jalousien, so dass trotz abgesenkter Jalousien eine Überhitzung des Gebäudes erfolgt. Metallfenster und Paneele bieten ungenügenden Wärmeschutz, die Fenster sind meist bereits angelaufen und undicht. Die Undichtigkeiten der Flachdächer sind im Hauptgebäude behoben, der Gebäudeteil B weist das bauzeitliche Flachdach auf. Hier ist kurzfristig eine Erneuerung nötig. Im Bereich der Bodenplatte ist der Wärmeschutz ebenfalls ungenügend (Nutzerbeschwerden). Der Tritt- und Luftschallschutz im Bereich der Decken ist durch einen Zementestrich auf Trennlage ungenügend. Der Trittschallschutz ließ/lässt sich nur durch einen textilen Bodenbelag lösen.

Die Betondeckung ist ausreichend, um die bauzeitlichen Fertigteile feuerhemmend klassifizieren zu können (siehe Beurteilung der Feuerwiderstanddauer)

**Weitere Bestandsbeschreibung und -beurteilung durch IB Schütz anfordern und als Kurzfassung einfügen!**

In den massiven Kernbereichen sind die ELT-Unterverteilungen sowie die vertikalen Schächte für TGA angeordnet. Die horizontalen Haupttrassen liegen in den Fluren und münden an vorgefertigten Trägersparungen in die Klassenräume.

**Weitere Bestandsbeschreibung und -beurteilung als Kurzfassung durch IBs TGA anfordern und einfügen!**

Derzeit wird das Gymnasium konventionell mit Erdgas als Energieträger und Vorlauftemperaturen von ca. 90 °C über Einzelraumregelung beheizt. An dieser Zentrale sind auch die restlichen Gebäudeteile angeschlossen. Die Stahl-Radiatoren liegen an der Außenwand. Die Effizienz und der Standard der Wärmeerzeugung und Wärmebereitstellung, ebenso der Elektroinstallation und Beleuchtung entsprechen nicht mehr den heutigen Anforderungen. Es ist eine Lüftungsanlage aufgrund der unmittelbaren Nähe der Bundesstraße nötig, da Fenster aufgrund des Außenlärms nicht geöffnet werden können. Häufiger Umluftbetrieb, zu hohe Luftwechselraten und zu geringe Luftfeuchtigkeit (trotz Befeuchtungsmodul) rufen immer wieder Nutzerbeschwerden hervor.



Der derzeitige Energieverbrauch stellt sich wie folgt dar:

Gasverbrauch ca. 1.306.240 kWh/a (Mittelwert der Jahre 2001-2004)

Stromverbrauch ca. 232.261 kWh/a (Mittelwert der Jahre 2000-2004)

### **B1.5.3 Raumprogramm**

Ausgehend von den prognostizierten Schülerzahlen wird ein 3-zügiges Gymnasium den Planungen zugrunde gelegt. Weiterhin sind aufgrund der Einführung des G8 und der Kolleg-/Oberstufenreform zahlreiche Umstrukturierungen im bisherigen Raumprogramm notwendig. Insbesondere werden ein flexibel nutzbarer Trakt für die Naturwissenschaften (bislang durch versetzte Ebenen nicht möglich), 3 EDV-Räume sowie eine multifunktional nutzbare Pausenfläche (Theateraufführungen) geschaffen. Die Barrierefreiheit muss im gesamten Gebäude hergestellt werden. Neben dem Aufzug wird im Gebäudeteil A je Etage 1 Behinderten-WC errichtet. Die Technikräume werden in das Hauptgebäude integriert, um Kompaktheit zu gewinnen. Der formulierte Raumbedarf kann im bisherigen Bauvolumen mit einer Erweiterung durch Aufstockung des Gebäudeteils B untergebracht werden. Die Aufstockung erweist sich im Bauablauf der drei Bauabschnitte als vorteilhaft, da die gleich zu Anfang zur Verfügung stehenden Flächen Platz für 10 Klassen bieten. Somit kann eine Containerstellung, während der Generalsanierung stark reduziert werden.

Raumbezeichnungen, Anzahl, Flächen sind dem Raumprogramm zu entnehmen, das mit der Begründung durch die Schulleitung zur Genehmigung durch die Regierung von Schwaben vorgelegt wird.

### **B1.5.5 Bauablauf**

Die Baumaßnahme wird in drei Bauabschnitten ausgeführt:

BA 1a: Erweiterung durch Aufstockung des Gebäudeteils B (Abschluss und Inbetriebnahme Anfang Oktober 2009)

BA 1b: Generalsanierung des EGs / Gebäudeteil B (Inbetriebnahme im September zum Schuljahr 2010 / 2011)

BA 2: Generalsanierung Westflügel Gebäudeteil A (Inbetriebnahme im September zum Schuljahr 2011 / 2012) einschl. Dachkonstruktion des kompletten Gebäudeteils A

BA 3a: Generalsanierung Ostflügel Gebäudeteil B (Inbetriebnahme im September zum Schuljahr 2012 / 2013)

BA 3b: Wiederherstellung der Außenanlagen (Fertigstellung bis Ende 2012)

Aufgrund der Bauabschnitte erfolgt der Baubetrieb parallel zum Schulbetrieb. Besonders laute Arbeiten sind mit Schulleitung abzusprechen bzw. prinzipiell in die unterrichtsfreie Zeit oder in



die Nachmittagszeiten zu verlegen. Entsprechend verbindliche Hinweise sind in den Leistungsverzeichnissen zu vermerken.

Da der Schulbetrieb aufrecht erhalten wird, sind sämtliche nötigen technischen Anlagen in Betrieb zu erhalten, Provisorien sind ggf. vorzusehen, zu kalkulieren sowie auszuschreiben.

**Skizze Bauablauf – vor allem in Bezug Energieversorgung einfügen**

#### B1.5.6 Sanierungskonzept

Wesentlich ist sowohl für die Generalsanierung des Gymnasium als auch für den zu schaffenden Energieverbund der restlichen schulischen Gebäude die ganzheitliche Betrachtung der energetischen Sanierung von der Energieerzeugung bis zur ‚Energiekonservierung‘. Technische Anlagen und Baukonstruktion werden so aufeinander abgestimmt, dass Synergien entstehen, die Energieeffizienz der Einzelkomponenten multipliziert und Betriebskosten erheblich gesenkt werden können, sowie Unterhaltskosten optimiert werden. Dies gilt jetzt im ersten Schritt für die Generalsanierung des eigentlichen Schulgebäudes. **Die Energieversorgung für die weiteren Schulgebäude wird durch ein separates Heizsystem ergänzt. Ergänzen nach Zuarbeiten IB G**

Im Rahmen der Generalsanierung sollten künftige energetische Entwicklungen und Standards vorweg genommen werden, da wir zum einen eine rapide Kostenentwicklung (exponentielle Preisentwicklung fossiler Energieträger) erleben, zum anderen wäre ein evtl. späteres Nachrüsten mit sehr hohem Aufwand verbunden.

Daher sollte der Energiebedarf des Gebäudes durch folgende Maßnahmen radikal gesenkt werden, sowie dauerhafte, nachhaltige Konstruktionen geschaffen werden:

- Außen-Dämmung, insbesondere der Außenwände innerhalb der Holztafelbauwände mit Cellulose (WLG 045, d=20 cm) in Kombination mit einem außenwandbündigen Fenstereinbau

Durch die Außendämmung erfolgt eine U-Wert Verbesserung der Außenwand von auf 0,15 W/m<sup>2</sup>K. Erdberührte Wände erhalten eine Dämmschürze bis auf Fundamenttiefe (mind. 1m), Dächer bzw. oberste Geschossdecken werden als Warmdächer mit einer Dämmstärke der Mineralfaser von 26 cm ausgebildet.

- Einbau von 2+1 –Verbundfenstern (Holz-Aluminium) mit einer Jalousie zwischen der äußeren Einfachglasscheibe und der Isolierglasscheibe. Dieser spezielle Fenstertyp erreicht einen U-Wert von bis ca. 0,85 W/Km<sup>2</sup> (je nach Glasbeschichtung und reicht nahezu an die Eigenschaften eines Passivhausfensters mit 3-fach-Verglasung bei geringeren Kosten und geringerem Montageaufwand (leichtere Scheiben) heran. Der Sonnenschutz ist keinem erhöhten Verschleiß ausgesetzt, ein Windwächter oder aufwendige Steuerungen sind nicht



erforderlich. Bei Bedarf kann die äußere Scheibe zu Reinigungs- und Wartungszwecken geöffnet werden. Die Bedienung kann manuell oder elektrisch erfolgen.

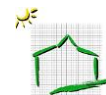
Durch den außenwandbündigen Einbau und eine Überdeckung mit der Außendämmung einschl. luftdichter Ausführung der Bauwerksanschlüsse kann die Wärmebrücke Wand-Fensteranschluss minimiert werden (optimierter Verlauf der konstruktiv relevanten 10°C Isotherme bzw. schimmelpilzrelevanten 13° Isotherme innerhalb des Rahmens).

Erfahrungsgemäß erhöht sich mit den optimierten Dämmmaßnahmen der Energieverlust durch die Raumlüftung, der Lüftungsenergieanteil steigt dann im Verhältnis stark an. Andererseits bedingt die gesetzlich geforderte luftdichte Bauweise ein diszipliniertes, intensives Lüftungsverhalten, um hygienische Luftverhältnisse zu erhalten und schadensfreie Baukonstruktionen beizubehalten. Gerade dieses Lüftungsverhalten wird im Winter meist nicht gepflegt. Beim Gymnasium Sonthofen kann hier natürlich die wegen des Schallschutzes gegen Außenlärm sowieso nötige Lüftungsanlage (Lage an der B19) mit einer effizienten Wärmerückgewinnung ausgestattet werden. Diese kontrollierte Lüftungsanlage sichert zum einen eine optimale Raumlufthqualität und ein gesundes Lernumfeld. Aus lufthygienischer Sicht kann die kontrollierte Raumlüftung nur empfohlen werden, da z.B. so lern- und konzentrationsbeschränkende CO<sub>2</sub>-Konzentrationen vermieden werden können. Zum anderen werden Lüftungs-Wärmeverluste durch Wärmerückgewinnung minimiert. So müssen die Fenster nicht geöffnet werden, ein Sonnenschutz durch die in die Fenster integrierte Versschattung ist immer gewährleistet und die Lärmbelastung z.B. vom Pausenhof kann verringert werden. Im Sommer kann mittels Bypass die Nachtkühle in das Gebäude transportiert werden.

Um einen Kontakt zur Außenwelt leisten zu können, werden weiterhin spezielle opake Elemente ausgeführt, die weiterhin bei geöffneten Flügeln verschatten. Diese können ebenfalls zur Nachtkühlung eingesetzt werden.

Die noch nötige Restwärme wird über flächige Deckenheiz- und Kühlelemente im Niedertemperaturbereich eingebracht. Der hohe Strahlungsanteil sorgt für ein gesundes, konvektionsarmes Raumklima (weniger belastende Staubverwirbelungen). Wärmeerzeuger ist eine Wärmepumpe, Energiemedium das Grundwasser. Im Sommerfall kann dieses System auch zur Raumkühlung eingesetzt werden.

Die vorhandenen Jalousien gewährleisten einen Lichttransport bei gleichzeitiger Verschattung. Daher ist es nur jetzt sinnvoll, die Beleuchtung entsprechend des Tageslichtangebotes zu steuern. Weitere Beleuchtung wird mittels Präsenzmeldern geregelt, um auch im Bereich Kunstlicht Einsparungsmöglichkeiten zu erschließen.



Diese Erweiterungs- bzw. Generalsanierungs-Maßnahmen folgender Bauteile / Elemente sind notwendig:

- Aufstockung Gebäudeteil B sowie dessen Anschluss an Gebäudeteil A im 1. OG, Aufstockung in Holztafelbauweise
- Abbruch der Dachaufbauten einschl. Technikzentralen, neue Dachabdichtungen
- Abbruch der Fluchtbalkone der vorgehängten Fassaden und der Vordächer auf Pausenhofniveau
- Errichten neuer Fassaden in Holztafelbauweise – Fertigteile
- Errichten neuer Verglasungen als Verbundfenster mit im Scheibenzwischenraum integrierten Jalousien, Fenster lassen sich prinzipiell zu Wartungszwecken der Jalousien nach innen öffnen, Blindelemente zur Nachtlüftung und Tageslüftung bei gleichzeitiger Verschattung
- Errichtung entsprechender Rauch- und Brandabschnitte
- Errichtung von außenliegenden Treppenträumen als Abschluss des 2. baulichen Rettungsweges
- Betonsanierung an Konsolen aufgrund gerissener Zustände
- Asbestentsorgung bzw. Versiegelung in den Knoten-Punkt-Auflagern
- Abbruch und Neubau sämtlicher leichten Innenwände, da die alten Wände keinen Rohdeckenanschluss der Wandbekleidung aufweisen (Problematik Schallschutz, Brandschutz, Stabilität)
- Abbruch und Neubau sämtlicher Innentüren / im Rahmen der Fassadenerneuerung werden sämtliche Außentüren erneuert
- Abbruch (einschl. KMF-Entsorgung) und Neubau der Unterdecken: in den Fluren F-30-Unterdecken, in den Klassenräumen wird versucht, einen mittigen Abschnitt der Rohdecke freizuhalten, Einbau von raumakustisch wirksamen Flächen gem. Berechnung
- Abbruch und Neubau der bauzeitlichen, textilen und keramischen Bodenbeläge
- Überarbeiten der massiven Bestandswände
- Wiederherstellen der gebäudenahen Außenanlagen
- Errichten eines neuen, aber transparenten Vordaches bis zur Turnhalle
- Einbau eines Behindertengerechten Aufzuges ohne Maschinenraum mit Zugangseinschränkung und Brandfallsteuerung

**Beschreibung Technikmaßnahmen als Kurzfassung durch IBs TGA anfordern und einfügen!**

- Brandmeldeanlage: Trassenverläufe in den Fluchtwegen machen entsprechende feuerhemmende Unterdecken nötig. Für die Überwachung des Deckenzwischenraums

würde sowieso zur Brandfrüherkennung eine BMA nötig. Gleiche Notwendigkeit gilt für die Hallensituation. Um die tragenden Bauteile nicht aufwändig von feuerhemmend auf feuerbeständig ertüchtigen zu müssen, wird die BMA flächendeckend ausgeführt und damit die feuerhemmende Bauweise der Decken kompensiert.

- Notbeleuchtung: Es wird in Anlehnung an die Musterschulbaurichtlinie eine Notbeleuchtung in Fluren und Treppenträumen (und tageslichtfreien Aufenthaltsräumen) ausgeführt, da gerade in Gymnasien durch lange Unterrichtszeiten und Abendveranstaltungen Nutzungszeiten innerhalb der Abendzeit anstehen
- sämtliche trockenen Steigleitungen werden gem. Wünschen der Feuerwehr zurückgebaut, es wird entsprechender Löscheinheitenersatz in Absprache mit der Feuerwehr geschaffen

### Schallschutz und Raumakustik

Der Trittschallschutz muss durch die massiven Deckenbauteile mit dem neuen Teppichbelag erfüllt werden, da der Zementestrich auf Trennlage nicht ersetzt werden kann (Treppenhöhen usw.) Ansonsten werden die normativen Vorgaben überprüft und eingehalten. Die Nachhallzeiten der Räume wurden mit den neuen Oberflächen und Unterdecken berechnet. In der Mehrzahl der Räume müssen weitere Absorberflächen an den Wänden mittels Akustikplatten ausgeführt werden.

Schallschutz gegen Außenlärm wurde geprüft, die Fenster werden gemäß Schallschutzklasse IV ausgeführt.

### Brandschutzkonzept

Mittels der beiden außenliegenden Fluchttreppen wird jeweils ein 2. baulicher Rettungsweg für beide Gebäudeflügel AI und AII geschaffen. Das Haupttreppenhaus wird durch Rauchschutzelemente von den Fluren abgeschottet, zusätzlich wird es mit einer Rauch-Wärme-Abzugsanlage ausgerüstet. In Anlehnung an die Musterbauordnung § 33, Abs. 1 sowie gem. Besprechung mit dem Kreisbrandrat Kümmel werden die beiden Rettungswege innerhalb eines Geschosses und Gebäudeflügels über denselben notwendigen Flur geführt.

Klassenräume, die vom zentralen Treppenraum aus erschlossen werden, erhalten eine Verbindung zum benachbarten Klassenzimmer, so ist über dieses der zweite bauliche Rettungsweg gegeben.





Tragende Mauerwerkswände erfüllen die Forderung feuerbeständig. Die Türöffnungen in den Fluren zu den Klassenräumen werden mit vollwandigen, dichtschießenden Türen ausgeführt.

Die Untersuchung der Feuerwiderstandsdauer der tragenden Stahlbetonbauteile durch das Ingenieurbüro Schütz erbrachte die Erkenntnis, dass sämtliche Bauteile durch zusätzliche Maßnahmen in eine feuerbeständige Ausführung ertüchtigt werden müssen. Im Falle der Rippendecken werden entsprechende Gipskartonunterdecken in Verbindung mit der Rohdecke, im Falle der unverkleideten Stahlbetonglieder wie Stützen, Treppenläufe Brandschutzputze zur Ausführung kommen.

Installationstrassen werden in den Klassenzimmern geführt, bei Kreuzung mit Fluren und Treppenraum werden diese feuerhemmend ummantelt, bei Durchdringung der Decken werden diese feuerbeständig ausgeführt (bzw. in feuerbeständigen Schächten geführt). Eine Brandwand ist im Gebäude nicht vorhanden. Durch Abbruch des hangseitigen Anbaus erstreckt sich das Gebäude auf weniger als 60 m.

### B1.5.3 Projektziele

Neben den gestalterischen Ansprüchen, legt der Bauherr besonders auf eine energetische und nachhaltige Bauweise wert. Im Stadtratsbeschluss vom 29.07.2008 wurde eine Niedrigstenergiebauweise festgelegt. Um diesem Auftrag gerecht zu werden, erfordert dies von allen Planungsbeteiligten besonderes Augenmerk auf Einhaltung der unten genannten Kennwerte und ein intensives Bemühen um eine integrale Planung. Synergien zur Effizienzsteigerung zwischen den einzelnen Fachdisziplinen sind zu identifizieren und auszubauen.

Das Projekt wird gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, ebenfalls nimmt es teil am dena-Programm ‚Niedrigenergiehaus im Bestand für Schulen‘.

**Primärenergiebedarf für Heizen, Kühlen, Beleuchten, Lüften: < 120 kWh/m<sup>2</sup>a**

**Einsparung CO<sub>2</sub>-Emission > 70 % (gegenüber Bestand), davon mind. 50 % durch Effizienz- und Sparmaßnahmen (Klimaschutzinitiative des BMU)**

**Jahresprimärenergiebedarf Q<sub>p</sub>'' und spezifischer Transmissionswärmeverlust H<sub>T</sub>' > 40 % unter EnEV (Zukunftsstandard gem. dena-Modellvorhaben Niedrigenergiehaus im Bestand für Schulen)**

**Heizwärme: < 15 kWh/m<sup>2</sup>**

**Heizlast: < 10 W/m<sup>2</sup>**

**Dichtigkeit n<sub>50</sub>: < 0,6/h**

**Lüftung: 0,45 Wh/m<sup>3</sup>**

**Beleuchtung Klasse: 2 W / 100 lux /m<sup>2</sup>**



## B1.1. Ziele der Projektorganisation

### B1.1.1 Allgemein

Die Projektorganisation dient als Instrumentarium zur Erfüllung der Projektaufgabe. Sie ermöglicht eine straffe aber dennoch flexible Führung der Gesamtbaumaßnahmen. Sie verlangt von allen Mitarbeitern ein hohes Maß an Kooperationsbereitschaft und Organisationsverständnis. Oberste Maxime ist die interdisziplinäre, integrale Planung (Planungsteam), um die Projektziele zu erfüllen. Ein wesentliches Merkmal der Teamarbeit müssen Konflikterkennung, Erarbeitung von Lösungsstrategien (Gegensteuerungsmaßnahmen bei Termin- und Kostenabweichungen), Vorbereitung der Entscheidungen für die Entscheidungsträger sein.

Übersicht der beteiligten Unternehmen

	Fachgebiet	Projektbeteiligte	Kürzl
1	Bauherr	Stadt Sonthofen	Stadt
2	Nutzer	Gymnasium Sonthofen	Gym
3	Architekt	Architekturbüro Werner Haase	ABH
4	Bauleitung	Architekturbüro Uhlemayr & Kroiss	ABK
5	Tragwerksplanung	Ingenieurbüro Dr. Schütz	DrSI
5	Elektroplanung	Ingenieurbüro Kettner & Baur GmbH	IBKB
6	Lichtplanung	ratec Licht, Hans Christian Winter	ra
7	Heizung, Lüftung, Sanitär (HLS)	Ingenieurbüro Güttinger	IBG

## **B1.2. Adressenverzeichnis der Projektbeteiligten**

### **Kontaktadressen:**

Stadt Sonthofen – FB Gebäudemanagement, Baureferat

Ansprechpartner:

Gymnasium Sonthofen

“Hans-Leinberger-Gymnasium (HLG)”

Ansprechpartner:

Architekturbüro Werner Haase

Ansprechpartner:

Regierung von Schwaben

Ansprechpartner :

### **Elektro**

Ingenieurbüro

Ansprechpartner :

### **Lichtplanung**

ratec gmbh

Ansprechpartner :

### **Heizung/Lüftung/Sanitär**



Güttinger Ingenieure

Ansprechpartner :

### **Tragwerksplanung**

Dr. Schütz Ingenieure

Ansprechpartner :

### **Bauleitung**

architektengemeinschaft gruppe 10+

Ansprechpartner :

### **SiGeKo**

Zeller.Engstler

Architekten.Partnerschaft

Ansprechpartner :



Nr	Leistung	Firmenname Adresse	Zentrale: Telefon, Telefax Ansprechpartner: Telefon, Mobile, Telefax, eMail	Kürzl
1.	Bauherr - Projektleiter			
2.	Objektplanung, Projektsteuerung			


**Liste wie Übersicht der  
beteiligten Unternehmen**

## B1.3. Organisationsstruktur

### B1.3.1 Organigramm der Projektorganisation

Konsortium

#### Konsortialsprecher:

<p>Entwurfsplanung Energiekonzept</p> <p><b>ARCHITEKTURBÜRO WERNER HAASE</b></p>  <p>TEL: 09353 / 9828 - 0 97753 KARLSTADT</p>	<p>Bauleitung</p> <p><b>uhlemayr &amp; kroiss</b> kroiss - uhlemayr - sodeur freie architekten</p> <p>TEL: 08321 / 5800 87527 SONTHOFEN</p>	<p>Tragwerksplanung</p> <p><b>DR. SCHÜTZ INGENIEURE</b> BERATENDE INGENIEURE IM BAUWESEN G m b H</p> <p>TEL: 0831 / 52197 - 0 87435 KEMPTEN</p>
<p>Fachplanung Elektrotechnik</p> <p><b>Kettner &amp; Baur</b> INGENIEURBÜRO ELEKTROTECHNIK</p> <p>TEL: 08331 / 991 900 87700 MEMMINGEN</p>	<p>Lichtplanung</p> <p><b>r a t e c</b> l i c h t</p> <p>TEL: 08381 / 801 756 88161 LINDENBERG</p>	<p>Fachplanung Heizung - Lüftung - Sanitär</p> <p><b>GI GÜTTINGER INGENIEURE</b></p> <p>TEL: 0831 / 52178 - 0 87435 KEMPTEN</p>

### B1.3.2 Organigramm Stadt Sonthofen



## B2. Verträge und Leistungsbilder

### B2.1. Übersicht der abgeschlossenen Verträge

Vertrag	Leistung	Vertragspartner	paraphiert am
Werkvertrag	Architektur		
Werkvertrag	Tragwerksplanung		
Werkvertrag	HLS		
Werkvertrag	Elektroplanung		
Werkvertrag	Freiraumplanung		
Werkvertrag	Brandschutznachweis		

## B2.2. Leistungsbilder der beauftragten Parteien

### B2.2.1 Leistungsbild Architekturbüro Werner Haase

#### Objektplanung für Gebäude nach HOAI § 15

##### 1. Grundlagenermittlung

Klären der Aufgabenstellung. Beraten zum gesamten Leistungsbedarf. Formulieren von Entscheidungshilfen für die Auswahl anderer an der Planung fachlich Beteiligter. Zusammenfassen der Ergebnisse.

##### 2. Vorplanung (Projekt- und Planungsvorbereitung)

Analyse der Grundlagen

Abstimmen der Zielvorstellungen (Randbedingungen, Zielkonflikte)

Aufstellen eines planungsbezogenen Zielkatalogs (Programmziele)

Erarbeiten eines Planungskonzepts einschließlich Untersuchung der alternativen Lösungsmöglichkeiten nach gleichen Anforderungen mit zeichnerischer Darstellung und Bewertung, zum Beispiel versuchsweise zeichnerische Darstellungen, Strichskizzen, gegebenenfalls mit erläuternden Angaben

Integrieren der Leistungen anderer an der Planung fachlich Beteiligter

Klären und Erläutern der wesentlichen städtebaulichen, gestalterischen,

funktionalen, technischen, bauphysikalischen, wirtschaftlichen,

energiewirtschaftlichen (z.B. hinsichtlich rationeller Energieverwendung und

der Verwendung erneuerbarer Energien) und landschaftsökologischen

Zusammenhänge, Vorgänge und Bedingungen sowie der Belastung und

Empfindlichkeit der betroffenen Ökosysteme

Vorverhandlungen mit Behörden und anderen an der Planung fachlich Beteiligten über die Genehmigungsfähigkeit

Bei Freianlagen: Erfassen, Bewerten und Erläutern der ökosystemaren Strukturen und Zusammenhänge, zum Beispiel Boden, Wasser, Klima, Luft, Pflanzen- und Tierwelt, sowie Darstellen der räumlichen und gestalterischen Konzeption mit

erläuternden Angaben, insbesondere zur Geländegestaltung, Biotopverbesserung und -vernetzung, vorhandenen Vegetation, Neupflanzung, Flächenverteilung der

Grün-, Verkehrs-, Wasser-, Spiel- und Sportflächen; ferner Klären der

Randgestaltung und der Anbindung an die Umgebung

Kostenschätzung nach DIN 276 oder nach dem wohnungsrechtlichen

Berechnungsrecht

Zusammenstellen aller Vorplanungsergebnisse

##### 3. Entwurfsplanung (System- und Integrationsplanung)

Durcharbeiten des Planungskonzepts (stufenweise Erarbeitung einer zeichnerischen Lösung) unter Berücksichtigung städtebaulicher, gestalterischer, funktionaler,

technischer, bauphysikalischer, wirtschaftlicher, energiewirtschaftlicher (z.B.

hinsichtlich rationeller Energieverwendung und der Verwendung erneuerbarer

Energien) und landschaftsökologischer Anforderungen unter Verwendung der

Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter bis zum vollständigen Entwurf

Integrieren der Leistungen anderer an der Planung fachlich Beteiligter

Objektbeschreibung mit Erläuterung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach

Maßgabe der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung

Zeichnerische Darstellung des Gesamtentwurfs, z.B. durchgearbeitete, vollständige



Vorentwurfs- und/oder Entwurfszeichnungen (Maßstab nach Art und Größe des Bauvorhabens; bei Freianlagen im Maßstab 1:500 bis 1:100, insbesondere mit Angaben zur Verbesserung der Biotopfunktion, zu Vermeidungs-, Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen sowie zur differenzierten Bepflanzung; bei raumbildenden Ausbauten: im Maßstab 1:50 bis 1:20, insbesondere mit Einzelheiten der Wandabwicklungen, Farb-, Licht- und Materialgestaltung), gegebenenfalls auch Detailpläne mehrfach wiederkehrender Raumgruppen; Verhandlungen mit Behörden und anderen an der Planung fachlich Beteiligten über die Genehmigungsfähigkeit Kostenberechnung nach DIN 276 oder nach dem wohnungsrechtlichen Berechnungsrecht

Zusammenfassen aller Entwurfsunterlagen

Kostenkontrolle durch Vergleich der Kostenberechnung mit der Kostenschätzung

#### 4. **Genehmigungsplanung** Erarbeiten

der Vorlagen für die nach öffentlich-rechtlichen Vorschriften erforderlichen Genehmigungen oder Zustimmungen einschließlich der Anträge auf Ausnahmen und Befreiungen unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter sowie noch notwendiger Verhandlungen mit Behörden Einreichen dieser Unterlagen

Vervollständigen und Anpassen der Planungsunterlagen, Beschreibungen und Berechnungen unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter

Bei Freianlagen und raumbildenden Ausbauten: Prüfen auf notwendige Genehmigungen, Einholen von Zustimmungen und Genehmigungen

#### 5. **Ausführungsplanung** Durcharbeiten

der Ergebnisse der Leistungsphasen 3 und 4 (stufenweise Erarbeitung und Darstellung der Lösung) unter Berücksichtigung städtebaulicher, gestalterischer, funktionaler, technischer, bauphysikalischer, wirtschaftlicher, energiewirtschaftlicher (z.B. hinsichtlich rationeller Energieverwendung und der Verwendung erneuerbarer Energien) und landschaftsökologischer Anforderungen unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter bis zur ausführungsfähigen Lösung

Zeichnerische Darstellung des Objekts mit allen für die Ausführung notwendigen Einzelangaben, z.B. endgültige, vollständige Ausführungs-, Detail- und Konstruktionszeichnungen im Maßstab 1:50 bis 1:1, bei Freianlagen je nach Art des Bauvorhabens im Maßstab 1:200 bis 1:50, insbesondere Bepflanzungspläne mit den erforderlichen textlichen Ausführungen

Bei raumbildenden Ausbauten: Detaillierte Darstellung der Räume und Raumfolgen im Maßstab 1:25 bis 1:1, mit den erforderlichen textlichen Ausführungen;

Materialbestimmung

Erarbeiten der Grundlagen für die anderen an der Planung fachlich Beteiligten und Integrierung ihrer Beiträge bis zur ausführungsfähigen Lösung

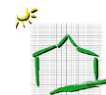
Fortschreiben der Ausführungsplanung während der Objektausführung

#### 6. **Vorbereitung der Vergabe**

Ermitteln und Zusammenstellen von Mengen als Grundlage für das Aufstellen von Leistungsbeschreibungen unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter

Aufstellen von Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnissen nach Leistungsbereichen





Abstimmen und Koordinieren der Leistungsbeschreibungen der an der Planung fachlich Beteiligten

#### **7. Mitwirken bei der Vergabe**

Zusammenstellen der Verdingungsunterlagen für alle Leistungsbereiche

Einholen von Angeboten

Prüfen und Werten der Angebote einschließlich Aufstellen eines Preisspiegels nach Teilleistungen unter Mitwirkung aller während der Leistungsphasen 6 und 7 fachlich Beteiligten

Abstimmen und Zusammenstellen der Leistungen der fachlich Beteiligten, die an der Vergabe mitwirken

Verhandlung mit Bietern

Kostenanschlag nach DIN 276 aus Einheits- oder Pauschalpreisen der Angebote

Kostenkontrolle durch Vergleich des Kostenanschlags mit der Kostenberechnung

Mitwirken bei der Auftragserteilung

#### **Projektsteuerung nach § 31 HOAI in Teilen**

1. Klärung der Aufgabenstellung, Erstellung und Koordinierung des Programms für das Gesamtprojekt,
2. Klärung der Voraussetzungen für den Einsatz von Planern und anderen an der Planung fachlich Beteiligten (Projektbeteiligte),
3. Aufstellung und Überwachung von Organisations-, Termin- und Zahlungsplänen, bezogen auf Projekt und Projektbeteiligte,
4. Koordinierung und Kontrolle der Projektbeteiligten, mit Ausnahme der ausführenden Firmen,
5. Vorbereitung und Betreuung der Beteiligung von Planungsbetroffenen,
6. Fortschreibung der Planungsziele und Klärung von Zielkonflikten,
7. laufende Information des Auftraggebers über die Projektabwicklung und rechtzeitiges Herbeiführen von Entscheidungen des Auftraggebers,
8. Koordinierung und Kontrolle der Bearbeitung von Finanzierungs-, Förderungs- und Genehmigungsverfahren.

#### **Wärmeschutz nach § 78**

1. Erarbeiten des Planungskonzepts für den Wärmeschutz
2. Erarbeiten des Entwurfs einschließlich der überschlägigen Bemessung für den Wärmeschutz und Durcharbeiten konstruktiver Details der Wärmeschutzmaßnahmen
3. Aufstellen des prüffähigen Nachweises des Wärmeschutzes
4. Abstimmen des geplanten Wärmeschutzes mit der Ausführungsplanung und der Vergabe



### **Brandschutzkonzept (nach BayBO)**

Erstellung eines Genehmigungsfähigen Brandschutzkonzept mit Brandschutznachweis und Brandschutzplänen.

## **B2.2.2 Leistungsbild Architekturbüro Uhlemayr & Kroiss Objektplanung für Gebäude nach HOAI § 15**

### **8. Objektüberwachung (Bauüberwachung)**

Überwachen der Ausführung des Objekts auf Übereinstimmung mit der Baugenehmigung oder Zustimmung, den Ausführungsplänen und den Leistungsbeschreibungen sowie mit den anerkannten Regeln der Technik und den einschlägigen Vorschriften  
Überwachen der Ausführung von Tragwerken nach § 63 Abs. 1 Nr. 1 und 2 auf Übereinstimmung mit dem Standsicherheitsnachweis  
Koordinieren der an der Objektüberwachung fachlich Beteiligten  
Überwachung und Detailkorrektur von Fertigteilen  
Aufstellen und Überwachen eines Zeitplanes (Balkendiagramm)  
Führen eines Bautagebuches  
Gemeinsames Aufmaß mit den bauausführenden Unternehmen  
Abnahme der Bauleistungen unter Mitwirkung anderer an der Planung und Objektüberwachung fachlich Beteiligter unter Feststellung von Mängeln  
Rechnungsprüfung  
Kostenfeststellung nach DIN 276 oder dem wohnungsrechtlichen Berechnungsrecht  
Antrag auf behördliche Abnahme und Teilnahme daran  
Übergabe des Objekts einschließlich Zusammenstellung und Übergabe der erforderlichen Unterlagen, zum Beispiel Bedienungsanleitungen, Prüfprotokolle  
Auflisten der Gewährungsfristen  
Überwachen der Beseitigung der bei der Abnahme der Bauleistungen festgestellten Mängel  
Kostenkontrolle durch Überprüfen der Leistungsabrechnung der bauausführenden Unternehmen im Vergleich zu den Vertragspreisen und dem Kostenanschlag

### **9. Objektbetreuung und Dokumentation**

Objektbegehung zur Mängelfeststellung vor Ablauf der Verjährungsfristen der Gewährleistungsansprüche gegenüber den bauausführenden Unternehmen  
Überwachen der Beseitigung von Mängeln, die innerhalb der Verjährungsfristen der Gewährleistungsansprüche, längstens jedoch bis zum Ablauf von fünf Jahren seit Abnahme der Bauleistungen auftreten  
Mitwirken bei der Freigabe von Sicherheitsleistungen  
Systematische Zusammenstellung der zeichnerischen Darstellungen und rechnerischen Ergebnisse des Objekts.



## **B2.2.3 Leistungsbild Ingenieurbüro Dr. Schütz Tragwerksplanung nach § 64 HOAI**

### **1. Grundlagenermittlung**

Klären der Aufgabenstellung auf dem Fachgebiet Tragwerksplanung im Benehmen mit dem Objektplaner

### **2. Vorplanung (Projekt- und Planungsvorbereitung)**

Bei Ingenieurbauwerken nach § 51 Abs. 1 Nr. 6 und 7: Übernahme der Ergebnisse aus Leistungsphase 1 von § 55 Abs. 2

Beraten in statisch-konstruktiver Hinsicht unter Berücksichtigung der Belange der Standsicherheit, der Gebrauchsfähigkeit und der Wirtschaftlichkeit

Mitwirken bei dem Erarbeiten eines Planungskonzepts einschließlich Untersuchung der Lösungsmöglichkeiten des Tragwerks unter gleichen Objektbedingungen mit skizzenhafter Darstellung, Klärung und Angabe der für das Tragwerk wesentlichen konstruktiven Festlegungen für zum Beispiel Baustoffe, Bauarten und Herstellungsverfahren, Konstruktionsraster und Gründungsart

Mitwirken bei Vorverhandlungen mit Behörden und anderer an der Planung fachlich Beteiligten über die Genehmigungsfähigkeit

Mitwirken einschließlich der Kostenschätzung nach DIN 276

### **3. Entwurfsplanung (System- und Integrationsplanung)**

Erarbeiten der Tragwerkslösung unter Beachtung der durch die Objektplanung integrierten Fachplanungen bis zum konstruktiven Entwurf mit zeichnerischer Darstellung

Überschlägige statische Berechnung und Bemessung

Grundlegende Festlegungen der konstruktiven Details und Hauptabmessungen des Tragwerks für zum Beispiel Gestaltung der tragenden Querschnitte, Aussparungen und Fugen; Ausbildung der Auflager- und Knotenpunkte sowie der Verbindungsmittel

Mitwirken bei der Objektbeschreibung

Mitwirken bei Verhandlungen mit Behörden und anderen an der Planung fachlich Beteiligten über die Genehmigungsfähigkeit

Mitwirken bei der Kostenberechnung, bei Gebäuden und zugehörigen baulichen Anlagen: nach DIN 276

Mitwirken bei der Kostenkontrolle durch Vergleich der Kostenberechnung mit der Kostenschätzung

### **4. Genehmigungsplanung**

Aufstellen der prüffähigen statischen Berechnungen für das Tragwerk unter Berücksichtigung der vorgegebenen bauphysikalischen Anforderungen

Bei Ingenieurbauwerken: Erfassen von normalen Bauzuständen

Anfertigen der Positionspläne für das Tragwerk oder Eintragen der statischen Positionen, der Tragwerksabmessungen, der Verkehrslasten, der Art und Güte der Baustoffe und der Besonderheiten der Konstruktionen in die Entwurfszeichnungen des Objektplaners (zum Beispiel in Transparentpausen)

Zusammenstellen der Unterlagen der Tragwerksplanung zur bauaufsichtlichen



Genehmigung  
Verhandlungen mit Prüfämtern und Prüffingenieuren  
Vervollständigen und Berichtigen der Berechnungen und Pläne

**Zusätzlich vereinbart:**

Bauphysikalische Nachweise zum Brandschutz

**5. Ausführungsplanung**

Durcharbeiten der Ergebnisse der Leistungsphasen 3 und 4 unter Beachtung der durch die Objektplanung integrierten Fachplanungen  
Anfertigen der Schalpläne in Ergänzung der fertiggestellten Ausführungspläne des Objektplaners  
Zeichnerische Darstellung der Konstruktionen mit Einbau- und Verlegeanweisungen, zum Beispiel Bewehrungspläne, Stahlbaupläne, Holzkonstruktionspläne (keine Werkstattzeichnungen)  
Aufstellen detaillierter Stahl- oder Stücklisten als Ergänzung zur zeichnerischen Darstellung der Konstruktionen mit Stahlmengenermittlung

**6. Vorbereitung der Vergabe**

Ermitteln der Betonstahlmengen im Stahlbetonbau, der Stahlmengen im Stahlbau und der Holzmengen im Ingenieurholzbau als Beitrag zur Mengenermittlung des Objektplaners  
Überschlägiges Ermitteln der Mengen der konstruktiven Stahlteile und statisch erforderlichen Verbindungs- und Befestigungsmittel im Ingenieurholzbau  
Aufstellen von Leistungsbeschreibungen als Ergänzung zu den Mengenermittlungen als Grundlage für das Leistungsverzeichnis des Tragwerks

**7. Mitwirkung bei der Vergabe**

Wurde nicht vereinbart.

**8. Objektüberwachung (Bauüberwachung)**

Ingenieurtechnische Kontrolle der Ausführung des Tragwerks auf Übereinstimmung mit den geprüften statischen Unterlagen.

**B2.2.4 Leistungsbild Ingenieurbüro Güttinger  
Technische Ausrüstung nach § 73 HOAI**

**1. Grundlagenermittlung**

Klären der Aufgabenstellung der Technischen Ausrüstung im Benehmen mit dem Auftraggeber und dem Objektplaner, insbesondere in technischen und wirtschaftlichen Grundsatzfragen  
Zusammenfassen der Ergebnisse

**2. Vorplanung (Projekt- und Planungsvorbereitung)**

Analyse der Grundlagen



Erarbeiten eines Planungskonzepts mit überschlägiger Auslegung der wichtigen Systeme und Anlagenteile einschließlich Untersuchung der alternativen Lösungsmöglichkeiten nach gleichen Anforderungen mit skizzenhafter Darstellung zur Integrierung in die Objektplanung einschließlich Wirtschaftlichkeitsvorbetragung  
Aufstellen eines Funktionsschemas beziehungsweise Prinzipschaltbildes für jede Anlage  
 Klären und Erläutern der wesentlichen fachspezifischen Zusammenhänge, Vorgänge und Bedingungen  
Mitwirken bei Vorverhandlungen mit Behörden und anderen an der Planung fachlich Beteiligten über die Genehmigungsfähigkeit  
Mitwirken bei der Kostenschätzung, bei Anlagen in Gebäuden: nach DIN 276  
Zusammenstellen der Vorplanungsergebnisse

**Zusätzlich vereinbart:**

Anlagenoptimierung hinsichtlich Energieverbrauch und Schadstoffemission (z.B. SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>). Erarbeiten optimierter Energiekonzepte. Gegenüberstellung der herkömmlichen Technologie zur geplanten Nachhaltigen und ökologischen Ausführung.

**3. Entwurfsplanung (System- und Integrationsplanung)**

Durcharbeiten des Planungskonzepts (stufenweise Erarbeitung einer zeichnerischen Lösung) unter Berücksichtigung aller fachspezifischen Anforderungen sowie unter Beachtung der durch die Objektplanung integrierten Fachplanungen bis zum vollständigen Entwurf  
Festlegen aller Systeme und Anlagenteile  
Berechnung und Bemessung sowie zeichnerische Darstellung und Anlagenbeschreibung  
Angabe und Abstimmung der für die Tragwerksplanung notwendigen Durchführungen und Lastangaben (ohne Anfertigen von Schlitz- und Durchbruchsplänen)  
Mitwirken bei Verhandlungen mit Behörden und anderen an der Planung fachlich Beteiligten über die Genehmigungsfähigkeit  
Mitwirken bei der Kostenberechnung, bei Anlagen in Gebäuden: nach DIN 276  
Mitwirken bei der Kostenkontrolle durch Vergleich der Kostenberechnung mit der Kostenschätzung

**4. Genehmigungsplanung**

Erarbeiten der Vorlagen für die nach den öffentlich-rechtlichen Vorschriften erforderlichen Genehmigungen oder Zustimmungen einschließlich der Anträge auf Ausnahmen und Befreiungen sowie noch notwendiger Verhandlungen mit Behörden  
Zusammenstellen dieser Unterlagen  
Vervollständigen und Anpassen der Planungsunterlagen, Beschreibungen und Berechnungen

**5. Ausführungsplanung**

Durcharbeiten der Ergebnisse der Leistungsphasen 3 und 4 (stufenweise Erarbeitung und Darstellung der Lösung) unter Berücksichtigung aller fachspezifischen Anforderungen sowie unter Beachtung der durch die Objektplanung integrierten Fachleistungen bis zur ausführungreifen Lösung  
Zeichnerische Darstellung der Anlagen mit Dimensionen (keine Montage- und Werkstattzeichnungen)

Anfertigen von Schlitz- und Durchbruchplänen  
Fortschreibung der Ausführungsplanung auf den Stand der Ausschreibungsergebnisse

#### **6. Vorbereitung der Vergabe**

Ermitteln von Mengen als Grundlage für das Aufstellen von Leistungsverzeichnissen in Abstimmung mit Beiträgen anderer an der Planung fachlich Beteiligter  
Aufstellen von Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnissen nach Leistungsbereichen

#### **7. Mitwirken bei der Vergabe**

Prüfen und Werten der Angebote einschließlich Aufstellen eines Preisspiegels nach Teilleistungen  
Mitwirken bei der Verhandlung mit Bietern und Erstellen eines Vergabevorschlages  
Mitwirken beim Kostenanschlag aus Einheits- oder Pauschalpreisen der Angebote, bei Anlagen in Gebäuden: nach DIN 276  
Mitwirken bei der Kostenkontrolle durch Vergleich des Kostenanschlages mit der Kostenberechnung  
Mitwirken bei der Auftragserteilung

#### **8. Objektüberwachung (Bauüberwachung)**

Überwachen der Ausführung des Objekts auf Übereinstimmung mit der Baugenehmigung oder Zustimmung, den Ausführungsplänen, den Leistungsbeschreibungen oder Leistungsverzeichnissen sowie mit den allgemein anerkannten Regeln der Technik und den einschlägigen Vorschriften  
Mitwirken bei dem Aufstellen und Überwachen eines Zeitplanes (Balkendiagramm)  
Mitwirken bei dem Führen eines Bautagebuches  
Mitwirken beim Aufmaß mit den ausführenden Unternehmen  
Fachtechnische Abnahme der Leistungen und Feststellen der Mängel  
Rechnungsprüfung  
Mitwirken bei der Kostenfeststellung, bei Anlagen in Gebäuden: nach DIN 276  
Antrag auf behördliche Abnahmen und Teilnahme daran  
Zusammenstellen und Übergeben der Revisionsunterlagen, Bedienungsanleitungen und Prüfprotokolle  
Mitwirken beim Auflisten der Verjährungsfristen der Gewährleistungsansprüche  
Überwachen der Beseitigung der bei der Abnahme der Leistungen festgestellten Mängel  
Mitwirken bei der Kostenkontrolle durch Überprüfen der Leistungsabrechnung der bauausführenden Unternehmen im Vergleich zu den Vertragspreisen und dem Kostenanschlag

#### **9. Objektbetreuung und Dokumentation**

Objektbegehung zur Mängelfeststellung vor Ablauf der Verjährungsfristen der Gewährleistungsansprüche gegenüber den ausführenden Unternehmen  
Überwachen der Beseitigung von Mängeln, die innerhalb der Verjährungsfristen der Gewährleistungsansprüche, längstens jedoch bis zum Ablauf von fünf Jahren seit Abnahme der Leistungen auftreten  
Mitwirken bei der Freigabe von Sicherheitsleistungen



Mitwirken bei der systematischen Zusammenstellung der zeichnerischen Darstellungen und rechnerischen Ergebnisse des Objekts

## **B2.2.5 Leistungsbild Ingenieurbüro Kettner & Baur Technische Ausrüstung nach § 73 HOAI**

### **1. Grundlagenermittlung**

Klären der Aufgabenstellung der Technischen Ausrüstung im Benehmen mit dem Auftraggeber und dem Objektplaner, insbesondere in technischen und wirtschaftlichen Grundsatzfragen  
Zusammenfassen der Ergebnisse

### **2. Vorplanung (Projekt- und Planungsvorbereitung)**

Analyse der Grundlagen

Erarbeiten eines Planungskonzepts mit überschlägiger Auslegung der wichtigen Systeme und Anlagenteile einschließlich Untersuchung der alternativen Lösungsmöglichkeiten nach gleichen Anforderungen mit skizzenhafter Darstellung zur Integrierung in die Objektplanung einschließlich Wirtschaftlichkeitsvorbetrachtung  
Aufstellen eines Funktionsschemas beziehungsweise Prinzipschaltbildes für jede Anlage

Klären und Erläutern der wesentlichen fachspezifischen Zusammenhänge, Vorgänge und Bedingungen

Mitwirken bei Vorverhandlungen mit Behörden und anderen an der Planung fachlich Beteiligten über die Genehmigungsfähigkeit

Mitwirken bei der Kostenschätzung, bei Anlagen in Gebäuden: nach DIN 276

Zusammenstellen der Vorplanungsergebnisse

### **Zusätzlich vereinbart:**

Anlagenoptimierung hinsichtlich Energieverbrauch. Erarbeiten optimierter Energiekonzepte durch Reduzierung der Wärmelast durch Leuchtmittel und Energiegeräte im Gebäude. (Ziel: 10-15 Watt/m<sup>2</sup>) Vergleichsgegenüberstellungen von verschiedenen Leuchten im Bezug auf Ihren Stromverbrauch, der Kosten und Ihrer Wärmelast.

### **3. Entwurfsplanung (System- und Integrationsplanung)**

Durcharbeiten des Planungskonzepts (stufenweise Erarbeitung einer zeichnerischen Lösung) unter Berücksichtigung aller fachspezifischen Anforderungen sowie unter Beachtung der durch die Objektplanung integrierten Fachplanungen bis zum vollständigen Entwurf

Festlegen aller Systeme und Anlagenteile

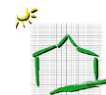
Berechnung und Bemessung sowie zeichnerische Darstellung und Anlagenbeschreibung

Angabe und Abstimmung der für die Tragwerksplanung notwendigen Durchführungen und Lastangaben (ohne Anfertigen von Schlitz- und Durchbruchplänen)

Mitwirken bei Verhandlungen mit Behörden und anderen an der Planung fachlich Beteiligten über die Genehmigungsfähigkeit

Mitwirken bei der Kostenberechnung, bei Anlagen in Gebäuden: nach DIN 276





Mitwirken bei der Kostenkontrolle durch Vergleich der Kostenberechnung mit der Kostenschätzung

#### **4. Genehmigungplanung**

Erarbeiten der Vorlagen für die nach den öffentlich-rechtlichen Vorschriften erforderlichen Genehmigungen oder Zustimmungen einschließlich der Anträge auf Ausnahmen und Befreiungen sowie noch notwendiger Verhandlungen mit Behörden  
Zusammenstellen dieser Unterlagen  
Vervollständigen und Anpassen der Planungsunterlagen, Beschreibungen und Berechnungen

#### **5. Ausführungsplanung**

Durcharbeiten der Ergebnisse der Leistungsphasen 3 und 4 (stufenweise Erarbeitung und Darstellung der Lösung) unter Berücksichtigung aller fachspezifischen Anforderungen sowie unter Beachtung der durch die Objektplanung integrierten Fachleistungen bis zur ausführungsfähigen Lösung  
Zeichnerische Darstellung der Anlagen mit Dimensionen (keine Montage- und Werkstattzeichnungen)  
Anfertigen von Schlitz- und Durchbruchplänen  
Fortschreibung der Ausführungsplanung auf den Stand der Ausschreibungsergebnisse

#### **6. Vorbereitung der Vergabe**

Ermitteln von Mengen als Grundlage für das Aufstellen von Leistungsverzeichnissen in Abstimmung mit Beiträgen anderer an der Planung fachlich Beteiligter  
Aufstellen von Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnissen nach Leistungsbereichen

#### **7. Mitwirken bei der Vergabe**

Prüfen und Werten der Angebote einschließlich Aufstellen eines Preisspiegels nach Teilleistungen  
Mitwirken bei der Verhandlung mit Bietern und Erstellen eines Vergabevorschlages  
Mitwirken beim Kostenanschlag aus Einheits- oder Pauschalpreisen der Angebote, bei Anlagen in Gebäuden: nach DIN 276  
Mitwirken bei der Kostenkontrolle durch Vergleich des Kostenanschlages mit der Kostenberechnung  
Mitwirken bei der Auftragserteilung

#### **8. Objektüberwachung (Bauüberwachung)**

Überwachen der Ausführung des Objekts auf Übereinstimmung mit der Baugenehmigung oder Zustimmung, den Ausführungsplänen, den Leistungsbeschreibungen oder Leistungsverzeichnissen sowie mit den allgemein anerkannten Regeln der Technik und den einschlägigen Vorschriften  
Mitwirken bei dem Aufstellen und Überwachen eines Zeitplanes (Balkendiagramm)  
Mitwirken bei dem Führen eines Bautagebuches  
Mitwirken beim Aufmaß mit den ausführenden Unternehmen  
Fachtechnische Abnahme der Leistungen und Feststellen der Mängel  
Rechnungsprüfung





Mitwirken bei der Kostenfeststellung, bei Anlagen in Gebäuden: nach DIN 276  
Antrag auf behördliche Abnahmen und Teilnahme daran  
Zusammenstellen und Übergeben der Revisionsunterlagen, Bedienungsanleitungen und Prüfprotokolle  
Mitwirken beim Auflisten der Verjährungsfristen der Gewährleistungsansprüche  
Überwachen der Beseitigung der bei der Abnahme der Leistungen festgestellten Mängel  
Mitwirken bei der Kostenkontrolle durch Überprüfen der Leistungsabrechnung der bauausführenden Unternehmen im Vergleich zu den Vertragspreisen und dem Kostenanschlag

#### **9. Objektbetreuung und Dokumentation**

Objektbegehung zur Mängelfeststellung vor Ablauf der Verjährungsfristen der Gewährleistungsansprüche gegenüber den ausführenden Unternehmen  
Überwachen der Beseitigung von Mängeln, die innerhalb der Verjährungsfristen der Gewährleistungsansprüche, längstens jedoch bis zum Ablauf von fünf Jahren seit Abnahme der Leistungen auftreten  
Mitwirken bei der Freigabe von Sicherheitsleistungen  
Mitwirken bei der systematischen Zusammenstellung der zeichnerischen Darstellungen und rechnerischen Ergebnisse des Objekts

### **B2.2.6 Leistungsbild Lichtplanung ratec**



### **B3. Informations-, Kommunikations- und Dokumentationsmanagement**

#### **B3.1. Ziele und Regeln des Informations-, Kommunikations- und Dokumentationssystems**

Ziel des Projektinformationssystems ist es, einen zielgerichteten, kontinuierlichen Informationsfluss sicherzustellen, der die effektive Zusammenarbeit der verschiedenen Projektbeteiligten ermöglicht und die Entscheidungsgremien und alle Projektbeteiligten mit allen verfügbaren Informationen versorgt, die für die Planung, Entscheidung, Ausführung und Kontrolle erforderlich sind.

Besteht bei den Planungsbeteiligten zu einem Projektvorgang Klärungsbedarf, so ist er verpflichtet, diesen Punkt schriftlich anzuzeigen oder in der entsprechenden Projektbesprechung anzusprechen.

#### **B3.2. Projektbesprechungen <sup>C 1 . C 2</sup>**

#### **B3.3. Ziel der Projektbesprechungen**

Ziel der Projektbesprechungen ist das Thematisieren von Problempunkten, das Erarbeiten von Lösungsgrundlagen und die Abstimmung mit den Planungsbeteiligten. Außerdem werden Arbeitsschritte eingeleitet und als Arbeitsanweisung in das Protokoll aufgenommen und so lange verfolgt, bis diese Aufgaben erledigt sind. Für die eingeladenen Projektbeteiligten gilt Anwesenheitspflicht. Teilnehmer, die zusätzliche Besprechungen wünschen, müssen diese inhaltlich und terminlich mit den Sprechern der einzelnen Arbeitsgruppen abstimmen.



### **B3.3.1 Projektbesprechungsarten**

#### **B3.3.1.1. Bauherren Jour Fix (BJ)**

##### **Ort**

**Teilnehmer** Bauherr, Projektsteuerung, Architekt  
Weitere Fachplaner nach Bedarf

**Aufgaben und Ziele**

- Informationen zur Projektsituation
- Koordination, Organisation des Projektes
- Diskussion und Entscheidung anstehender Entscheidungsvorlagen
- Überprüfung der Umsetzung der gefällten Entscheidungen
- Kosten- und Terminkontrolle
- Erarbeitet Vorschläge für Gegensteuerungsmaßnahmen bei Termin- und Kostenabweichungen
- Diskussion terminrelevanter Entscheidungen von Bauherrnseite
- Klärung von Planungsunstimmigkeiten
- Schnittstellenfestlegung

Themen werden im Vorfeld durch die Projektsteuerung festgelegt

**Termine** In der Regel 14-tägig

**Einladung durch** Projektsteuerung

**Protokollerstellung** Projektsteuerung, Fachplaner liefern ihre Themen protokolliert an den Projektsteuerer

**Verteiler** Bauherr, Projektsteuerung, Architekt  
Weitere Fachplaner nach Bedarf

### **B3.3.1.2. Planer- Jour Fix (PJ)**

<b>Ort</b>	Je nach Vereinbarung, bei einen der Planungsbeteiligten. Während der Bauausführung auch auf der Baustelle.
<b>Teilnehmer</b>	Architekt, Fachplaner nach Bedarf
<b>Aufgaben und Ziele</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Abstimmung zwischen Planer + Fachplaner</li><li>• Schnittstellenfestlegung</li></ul>
<b>Termine</b>	nach Bedarf, wöchentlich
<b>Einladung durch</b>	Architekt (AB Haase)
<b>Protokollerstellung</b>	Ist vor Beginn festzulegen.
<b>Verteiler</b>	Projektsteuerung, Architekt, Fachplaner

### **B3.3.1.3. Interner Jour Fix (IJ)**

#### **Ort**

**Teilnehmer** Bauherr, Projektsteuerung

**Aufgaben und Ziele**

- Information über den Projektfortschritt
- Organisation + Koordination des Projekts
- Vertragskontrolle
- Vorbereitende Jour Fixe

**Termine** wöchentlich

**Einladung durch** Projektsteuerung

**Protokollerstellung** Projektsteuerung

**Verteiler** Bauherr, Projektsteuerung

## **B3.4. Berichtswesen**

### **B3.4.1 Aktennotizen und interne Mitteilungen**

Die Aktennotiz / interne Mitteilung dient dem Informations- bzw. Datenaustausch bezüglich eines das Projekt betreffenden Zusammenhangs oder Vorgangs. Der Zugriff auf die Informationen soll auch für andere am Projekt Beteiligte gesichert sein. Das Wesen der Aktennotiz ist die Abspeicherung einer Information in Schriftform. Die Aktennotiz darf allerdings keine Information in Form von Arbeitsanweisungen an andere Projektparteien enthalten.



## **B3.4.2 Einladungen und Protokolle**

### **B2.3.1.a Einladungen**

Zu jeder Besprechung wird vom Einladenden eine Einladung an die Teilzunehmenden verschickt. Diese erfolgt über MS-Outlook via E-Mail. In dieser müssen Datum, Ort und Tagesordnungspunkte festgelegt sein.

Die Projektbeteiligten müssen alle Punkte, die nach Ihrer Auffassung in der Besprechung behandelt werden sollen, bis spätestens 3 Tage (Eingang) vor der jeweiligen Sitzung schriftlich beim Einladenden einreichen (per Email oder Fax).

### **B2.3.1.b Protokolle**

In jeder Besprechung ist ein Protokoll zu führen. Im Regelfall erstellt der Einladende das Protokoll. Ansonsten ist vor jeder Sitzung ein Protokollführer zu bestimmen. Die Planungsparteien erstellen für ihren Thementeil ein gesondertes Protokoll (z.B. Fachplaner HLS erstellt den Protokollbeitrag für HLS-Themen) Diese müssen spätestens 3 Werktage nach Jour Fix beim AB Haase vorliegen muss. Diese werden geprüft und in das Gesamtprotokoll übernommen. Die Protokolle müssen folgenden Formvorschriften genügen (s. Muster Protokoll im Teil C):

- Art der Besprechung
- Besprechungsort, -datum
- Teilnehmer
- Verteiler

Zu jedem einzelnen Tagesordnungspunkt (TOP) ist aufzuführen:

- Nummer des TOP
- Überschrift
- Inhalt
- Zu erledigen durch
- Zu erledigen bis



### **B3.4.3 Statusberichte**

Durch die Projektsteuerung wird einen Statusbericht am Anfang jeden Monats nach folgender Struktur erstellt:

- Stand der Planung und Bau
- Stand Budget-/ Kostenübersicht
- Wichtige Meilensteine
- Event. Fotodokumentation

### **B3.5. Kennzeichnung von Dokumenten und Archivierungen**

Die Projektsteuerung wird die ihr zugegangenen Kopien aller Dokumente des Informationsflusses zwischen dem Auftraggeber und den Planungsparteien mit einem Dokumentationsmanagementsystem verwalten. Dazu müssen alle Dokumente, klar erkennbar und eindeutig auf dem Deckblatt aufgeführt, die folgenden Angaben enthalten:

- Projektnummer
- Datum

Datum des Dokumentes

- Kürzel für Dokumentenart

PB ... Protokoll der Bauherren Jour-Fixe

PPJ ... Protokoll der Planer- Jour-Fixe

PIJ ... Protokoll der internen Jour-Fixe

Jede Protokollart erhalten zusätzlich eine fortlaufende Nummer

AE...Aktenvermerk extern

AI...Aktenvermerk intern

Jede Art der Aktenvermerke erhalten zusätzlich eine fortlaufende Nummer

BR...Brief

FX...Fax

VR...Vertrag

RE...Rechnung

LV... Leistungsverzeichnis, Leistungsverzeichnisse erhalten zusätzlich eine

Leistungsverzeichnisnummer

- Verfasser (= Kürzl. des projektbeteiligten Unternehmens)



- Ersteller (Sachbearbeiter)
- Bearbeiter (Schreibkraft)
- Thema

Betreff des Dokumentes

- externer Verteiler

Auflistung aller externen Verteiler

- Stichworte

nach Verzeichnis der Sachgebiete und Fachbereiche

Von rechtlich wichtigen Unterlagen ist das (bzw. ein) Original beim Bauherrn zu hinterlegen. Außerdem ist dort von technisch wertvollen (d. h. nur mit großem Aufwand herzustellenden) Unterlagen je ein Doppel zu hinterlegen, das bei Beschädigung oder Verlust des Originals Ersatz bzw. unverzügliche Rekonstruktion ermöglicht.





## **B3.6. Informationsfluss des Projektes und dessen Dokumentation**

### **B3.6.1 Verteilung von Dokumenten**

Beim Versenden von Dokumenten wird generell die Übertragung per Email oder Fax bevorzugt. Ausgenommen davon sind vertragsrelevante Schreiben.

Der Verteiler des Dokumentes ist jeweils auf dem Dokument selbst oder in einem entsprechenden Anschreiben zu vermerken. Dies erfolgt unabhängig davon, ob die Dokumente per direkter Übergabe, per Postweg per Fax oder Email versandt werden. Sollte eine Senderpartei neben dem Empfänger weitere Verteiler für das Dokument vorgesehen habe, so ist es Aufgabe der Senderpartei, das Dokument an diese Verteilerparteien zu liefern.

Schreiben von Subunternehmen sind mit Anschreiben der offiziellen Vertragspartner an den entsprechenden Empfänger weiterzuleiten.

Aus dem Dokument muss eindeutig hervorgehen, ob der Empfänger die Unterlagen nur zur Information oder zum Weiterbearbeiten erhält.

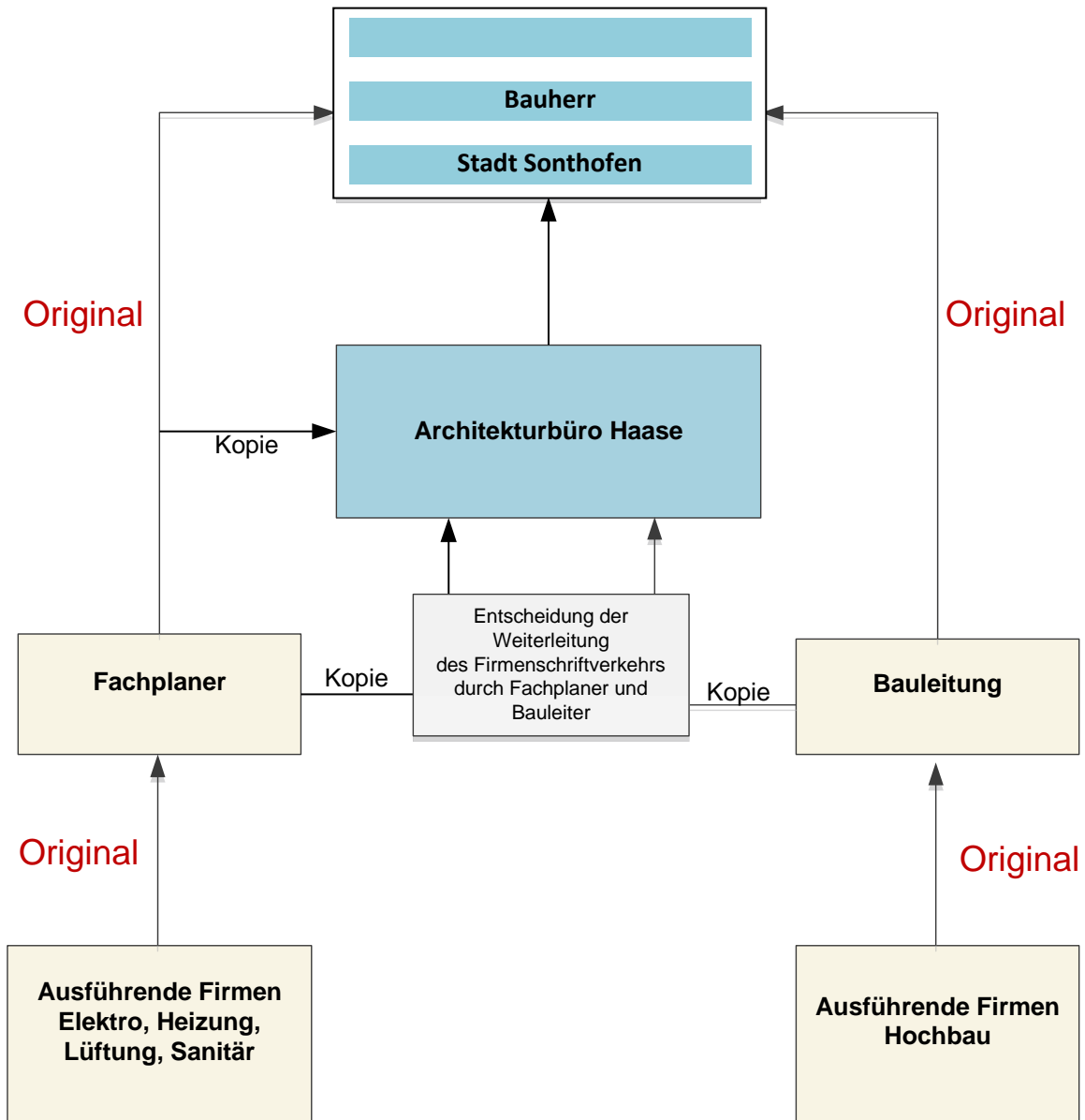
### **B3.6.2 Informationsfluss zwischen den Planungsparteien und dem Auftraggeber und dessen Dokumentation**

Der gesamte Informationsfluss zwischen den Planungsparteien und dem Auftraggeber und zwischen dem Auftraggeber und den Planungsparteien wird von der Projektsteuerung dokumentiert.

Zu diesem Zwecke sind alle Dokumente, die von den Planungsparteien an den Auftraggeber gesandt werden und alle anderen Dokumente, die vom Auftraggeber an die Planungsparteien gesandt werden zeitgleich, in Kopie, an die Projektsteuerung zu übergeben. Das Original jedes Dokumentes wird direkt zwischen den Parteien (Sender und Empfänger) ausgetauscht.

Wenn der Sender es versäumt, eine Kopie des Dokumentes an die Projektsteuerung zu schicken, so gilt das Dokument als nicht versandt bzw. nicht angekommen und der Inhalt des Dokumentes ist damit offiziell nicht verbindlich.

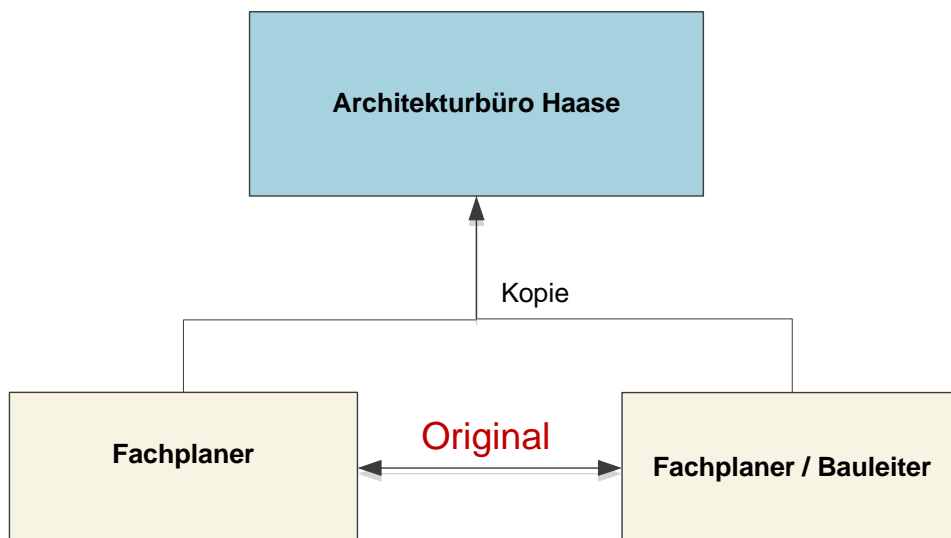
Schriftverkehr der ausführenden Firmen ist an die jeweils zuständige Planungspartei (Bauleitung/ Objektüberwachung) zu richten. Diese hat zu entscheiden, ob ein Dokument an den Auftraggeber weiterzuleiten ist. Ist dies der Fall, so ist das Dokument, wie oben beschrieben, zu versenden.



Organigramm: Informationsfluss zwischen den Planungsparteien und dem Auftraggeber

### B3.6.3 Informationsfluss zwischen den Planungsparteien und dessen Dokumentation Dokumente

Von jedem Dokument, das zwischen den Planungsparteien versandt wird, ist eine Kopie an die Projektsteuerung zu senden.

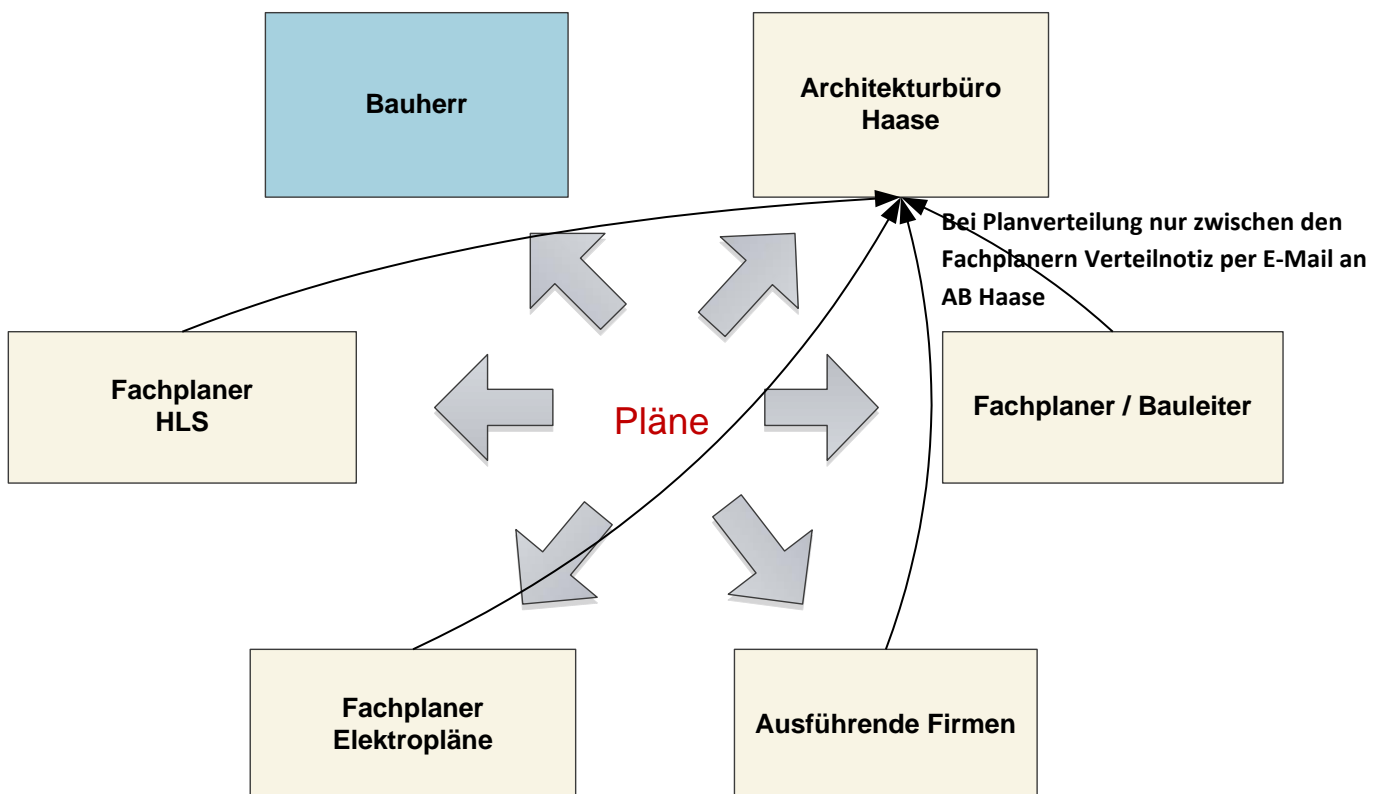


Organigramm: Informationsfluss (Dokumente) zwischen den Planungsparteien



### B3.6.4 Pläne (Verteilung und Dokumentation)

Jeder Planlieferung ist ein Planlaufzettel beizufügen. Von jedem Plan, der von den Planungsparteien an andere Projektbeteiligte versandt wird, erhält der Auftraggeber eine Kopie. Die Projektsteuerung erhält lediglich eine Kopie des Planlaufzettels.



Organigramm 1.3.2.2.b: Informationsfluss (Pläne) zwischen den Planungsparteien

### B3.6.5 Parteieninterner Informationsfluss

Für den parteieninternen Informationsfluss sind die Parteien selbst verantwortlich. Eine übergeordnete Dokumentation des innerparteilichen Informationsflusses erfolgt nicht. Jede Partei ist aus diesem Grunde gehalten, den Informationsfluss im eigenen Hause selbst zu verwalten.



## **B3.7. Planmanagement/ Pläne der Fachplaner**

### **B3.7.1 Planverteilung über die Website (ist derzeit noch nicht möglich)**

Die Verteilung der Pläne der einzelnen Fachplaner findet über die Website (www.ab-haase.de) statt. Jeder Planungsbeteiligte ist dazu verpflichtet seine Pläne in dem vertraglich definierten Format (dwg, pdf, zusätzlich als Plot-Datei) auf der Website zu speichern.

Sobald ein Plan (neu oder aktualisiert) auf die Website geladen wird muss diese Änderung allen anderen Planungsbeteiligten schriftlich mitgeteilt werden.

Es liegt in der Eigenverantwortlichkeit des einzelnen Planers sich die geänderten Pläne herunterzuladen und zu lesen.

Jeder Planungsbeteiligte hat parallel hierzu ein fortzuschreibendes Planverzeichnis über alle vertragsgemäß erstellten und zu erstellenden Ergebnisunterlagen zu führen. Diese Planverzeichnisse sind ständig zu aktualisieren und auf der Website den Projektbeteiligten zur Verfügung zu stellen.

### **B3.7.2 Format der Planunterlagen**

Alle Planunterlagen sind in paus- bzw. kopierfähiger Ausführung herzustellen. Sie müssen das Format DIN A4 aufweisen oder zweckmäßig in dieses Format gefaltet werden können (freier Heftrand, 4 cm breit). Inhaltsangaben, Stempel, Unterschriften, wichtige Hinweise, Vermerke und dergleichen auf Plänen sollen so in der unteren Ecke angebracht werden, daß sie auch nach Faltung voll lesbar bleiben.

### **B3.7.3 Kennzeichnung der Pläne/ Archivierung**

Jeder Plan muss mit einem Planstempel versehen werden. Ab der Phase der Vorentwurfsplanung muss ein einheitlicher Plankopf verwendet werden. Die Beschaffung der Stempel bzw. Aufdrucke ist Sache der Planer. Im Plankopf müssen folgende Informationen enthalten sein:

- Planindex
- Übersicht Indices
- Vermerk des Plans, der die Grundlage des vorliegenden Planes ist
- Übersichtsgrafik (Schlüsselplan)
- Bezeichnung des Projektes
- Projektnummer
- Name des Bauherrn/ Auftraggeber
- Name des Architekten
- Name des Fachplaners, Firmenlogo mit Firmenbezeichnung

- Plancode (siehe folgendes Kapitel)
  
- Planverfasser
- Planerstellungdatum
- Prüfer
- Prüfdatum
- Freigabevermerk
  
- Format
- Maßstab
- 
- externe Verteiler

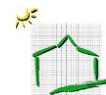
### B3.7.4 Plancodierung

Der Plancode und die Namen von exportierten CAD-Dateien müssen identisch sein. Aus dem Plancode geht folgendes hervor:

- Bauteil
- Planungszweck und / oder Gewerk
- Leistungsphasen
- Sachgebiete (Gewerk)
- Planungsinhalte (Grundriss, Ansicht, Schnitt)

Die Codestellen sind wie folgt belegt:

1. Stelle	2. Stelle	3. Stelle	4. Stelle	5. Stelle	6. Stelle
Gebäudeteil	Planungs- gewerk	Leistungs- phase nach HOAI	Sachgebiet	Ebene, Schnitt oder Ansicht	Index



**1. Stelle: Großbuchstabe zur Kennzeichnung des Gebäudeteils**

B...	=	Bürogebäude
A...	=	Außenanlage
H...	=	Hochhaus

**2. Stelle: Großbuchstabe zur Kennzeichnung der Planungsgewerke**

...A...	=	Architekt
...B...	=	Bewehrungsplan
...E...	=	Elektro
...F...	=	Fördertechnik
..LA ..	=	Landschaftsarchitekt
...H...	=	Heizung
...I...	=	Innenarchitekt
...K...	=	Kälte
...L...	=	Lüftung
...S...	=	Sanitär
..SP..	=	Sprinkler
...T...	=	Statik
...X...	=	Koordination Schlitzplan aller TG-Gewerke
..FD..	=	Fassade
...V...	=	Verkehrsplanung
..IN..	=	Ingenieurbauwerk

**3. Stelle: Ziffer zur Kennzeichnung der Leistungsphasen**

...2...	=	HOAI Phase 2 Vorentwurf / Konzept
...3...	=	Entwurfsplan
...4...	=	Genehmigungsplan
...5...	=	Ausführungsplan

**4. Stelle: Ziffer zur Kennzeichnung des Sachgebietes**

..0...	=	Grunddarstellung: Grundriss, Schnitt, Ansichten
..1...	=	Bodenpläne
..2...	=	Deckenpläne
..3.x..	=	Detailpläne der Treppen, Aufzüge
..4.x..	=	Detailpläne der Fassaden
..5.x..	=	Detailpläne der Büroräume
..6.x..	=	Detailpläne der WC-Anlagen, Küchen, Naßräume
..7.x..	=	Detailpläne der Türen, Tore
..8.x..	=	Detailpläne der Eingangshalle
..9.x..	=	Detailpläne der TG, Keller-Geschosse

Die 2. Ziffer beschreibt die Nummer des Detailplanes (x=1-9, Beispiel: 3.1 = 1. Detailplan Treppe) Sie ist frei wählbar.

**5. Stelle: Kennzeichnet die Geschosse, Schnitte, Ansichten etc.**

Für die Sachgebiete 0, 1, 2 werden damit die Geschosse festgelegt, für Statik ist jeweils die Decke über diesem Geschöß gemeint.

...

..-02..	=	Grundriss 2.UG
..-01..	=	Grundriss 1.UG
...0...	=	Grundriss EG
...1...	=	Grundriss 1.OG
...2...	=	Grundriss 2.OG

...

..50 – 69..	=	Schnitte M 1:50 beginnend mit
50	=	A – A
51	=	B - B
..70 – 89..	=	Ansichten M 1:50
..90 – 99..	=	frei für weitere Übersichtspläne im M 1:50, z.B. Abwicklungen

**6. Stelle: Indices**

.../a	=	Urversion (Basisplan)
-------	---	-----------------------





.../b = 1. Überarbeitung

.../c = 2. Überarbeitung

...

#### Beispiele:

##### BA5.0-01/a

B	A	5	0	-01	/a
Bürogebäude	Architekt	Ausführungsplan	Grundriss	1. UG	Urversion

##### HFD3.4.2 05/e

H	FD	3	4.2	05	/e
Hochhaus	Fassade	Entwurfsplan	2. Detailplan Fassade	5.OG	Index e

### B3.7.5 Prüfung und Freigabe der Pläne

#### B3.7.5.1. Zeitplan für Erstellung, Einreichung und Prüfung

Vor Beginn der Arbeiten ist vom Fachplaner ein detaillierter Zeitplan über die Erstellung der einzelnen Planunterlagen aufzustellen, in dem die Erst-, Einreich- und Prüfzeiten für jeden Planungsbereich detailliert ausgewiesen sind.

#### B3.7.5.2. Prüfung, Korrekturen, Freigabe, Verweigerung der Freigabe

Die Pläne sind dem Auftraggeber in 1facher Ausfertigung zur Freigabe vorzulegen. Für die Freigabe ist eine Regelfrist von 15 Werktagen vorzusehen. Die Pläne werden dann ggf. mit Anmerkungen und Korrekturen, an den Fachplaner mit dem Vermerk „Zur Ausführung freigegeben“ zurückgegeben. Die Vermerke und Korrekturen durch den Auftraggeber sind vom Fachplaner in die Originale der Planung zu übertragen. Ein endgültiger Plansatz ist dem Auftraggeber zur Dokumentation zuzustellen.

Können aufgrund fehlerhafter oder unvollständiger Planung die Pläne des Fachplaners nicht zur Ausführung freigegeben werden, so werden diese nach erfolgter Prüfung durch den Auftraggeber mit dem Vermerk „Zur Wiedervorlage“ an den Fachplaner zur Überarbeitung zurückgegeben. Der oben genannte Prüfvorgang beginnt dann von neuem.

#### B3.7.6 Dokumentation

Die Planunterlagen müssen in digitaler Form (z.B.: CD Rom) oder in Papierformat zur Dokumentation bei dem Bauherrn hinterlegt werden.



## **B4. Entscheidungsmanagement** C 3, C 4

### **B4.1. Aufgabe der Entscheidungsvorlage**

Die Entscheidungsvorlage ist ein Instrument zur Freigabe bzw. Beauftragung von Änderungen und Ergänzungen zum vertraglich festgeschriebenen Bestellwerk (beschrieben durch die von allen Parteien ratifizierten Vertragsunterlagen z.B. Beschreibungen, Planunterlagen, Anlagen). Von diesem Vorgehen profitieren sowohl der Bauherr, der dadurch über alle Vorgänge informiert ist, als auch Planer und ausführende Firmen, die nur weitere oder geänderte Leistungen erbringen, die durch die Bauherrenunterschrift abgesichert sind.

### **B4.2. Bedeutung der Entscheidungsvorlage**

Änderungen und Ergänzungen zum Bestellwerk, gleich welcher Art - ob entwurflich, technisch, kostenmäßig oder terminlich - dürfen nur durchgeführt werden, wenn dazu eine vom Auftraggeber freigegebene Entscheidungsvorlage vorliegt.

Veränderungen, die ohne freigegebene Entscheidungsvorlage durchgeführt werden, gehen zu Lasten der verursachenden Partei. Diese hat dann alle daraus eventuell entstehenden Kosten- und Terminkonsequenzen zu tragen.

Die Parteien sind aufgefordert, auf das Verfahren der Entscheidungsvorlage ausdrücklich hinzuweisen und dafür Sorge zu tragen, dass von keinem Projektbeteiligten eigenmächtige Änderungen und Ergänzungen vorgenommen werden.

### **B4.3. Anzeigepflicht**

Stellt eine Partei fest, dass eine anderen Partei Änderungen vornimmt, ohne Existenz einer freigegebenen Entscheidungsvorlage, dann ist dieser Verstoß sofort der Projektsteuerung mitzuteilen und Sorge dafür zu tragen, dass die ändernde Partei eine Entscheidungsvorlage erstellt.

### **B4.4. Bring- und Holschuld**

Es besteht Bring- und Holschuld. Änderungen, die von anderen Parteien vorgegeben werden, ohne dass dafür eine freigegebene Entscheidungsvorlage vorliegt, dürfen nicht umgesetzt werden. Werden sie trotzdem umgesetzt, so liegt das volle Kosten- und Terminrisiko aus der Umsetzung bei der umsetzenden Partei.

### **B4.5. Laufweg einer Entscheidungsvorlage**

Der Veranlasser einer Veränderung muss die Entscheidungsvorlage erstellen, durch die Projektsteuerung eine Entscheidungsvorlagenummer vergeben lassen, sich mit allen übrigen Parteien abstimmen und dann die vollständig ausgefüllte Entscheidungsvorlage über die Projektsteuerung dem Bauherrn zur Freigabe einreichen.

Erst nach erfolgter Unterschrift durch den Bauherrn darf die entsprechende Veranlassung umgesetzt werden.

Im Rahmen der regelmäßigen Jour-Fixe Besprechungen werden unter einem gesonderten Tagesordnungspunkt die zu entscheidenden Entscheidungsvorlagen

diskutiert, wenn möglich freigegeben bzw. wenn nicht entscheidungsreif, an die Bearbeiter zurückgegeben.

Ablauf	Verantwortlich Beteiligt (Kommentar)
Aufstellen	Veranlasser
Abstimmen	Veranlasser allen betroffenen Parteien <i>(Veranlasser leitet verantwortlich die Abstimmung)</i>
Unterschrift	Veranlasser allen betroffenen Parteien <i>(Mit Unterschrift wird versichert, dass keine Bedenken bestehen und die ausgewiesenen Kosten- und Terminimplikationen korrekt angegeben sind)</i>
Ausweisen der Kosten- und Terminflüsse	Architekturbüro Haase Stadt Sonthofen <i>(im Falle des Einreichens der Entscheidungsvorlage durch BH/ AG unter Leitung von Architekturbüro Haase)</i>
Freigabe durch Unterschrift	Architekturbüro Werner Haase Bauherr/ Auftraggeber
Beginn mit der Umsetzung	Architekturbüro Werner Haase Bauherr/ Auftraggeber

Organigramm 4.5: Laufweg einer Entscheidungsvorlage

## **B5. Kostensteuerung**

### **B5.1. Allgemein**

Sämtliche Kostenaufstellungen: Kostenschätzung bis Kostenfeststellung / Verwendungsnachweis sind getrennt nach Erweiterung/Aufstockung und Generalsanierung zu führen. Diese Trennung ist praktischerweise in der Ausschreibung nach Losen umzusetzen.

Die Erweiterung/Aufstockung wird vertikal zum EG hin durch die Geschosdecke, zum Gebäudeteil A im 1.OG durch dessen Außenfassade begrenzt. Außentreppe wird zu 50 % für die Erweiterung angerechnet. Die TGA für das 1.OG ist ebenfalls klar ab Unterverteilung abzugrenzen.

Es sind alle anfallenden Kosten in der Kostenberechnung zu erfassen, auch Kosten der Ausstattung unter Kostengruppe 600. Gebäudenahe Maßnahmen an den Außenanlagen sind in der Kostengruppe 500 aufzuführen.

Die Kostensteuerung führt folgende Kostenbetrachtungen durch:

- Kontrolle der Ausschreibung und Vergabe
- Ermittlung der Soll-Kosten für die Vergabeeinheiten (Einzelbudgets)
- Durchsicht der Leistungsverzeichnisse
- Angebotskontrolle
- Auftrags- und Zahlungskontrolle
- Überprüfen der Einhaltung des Kostenbudgets der Vergabeeinheiten
- Fortschreiben der Kostenbudgets
- Aufstellung regelmäßiger Kostenberichte

### **B5.2. Kontrolle der Planung**

Die Kostenkontrolle während der Planungsphase erfolgt auf der Grundlage von stufenweise verfeinerten Gebäudedaten und Qualitäten für Baukonstruktion und Gebäudetechnik auf Grundlage an die DIN 276.

Hierzu erfolgt für die Baukonstruktion und Gebäudetechnik ein Aufmaß der Gebäudedaten nach der Element-Kostenermittlung. Die Kosten werden anhand der Einheitspreisliste ermittelt, die aus den mit dem Bauherrn abgestimmten Ausführungsqualitäten entstehen.

Die Kostenermittlung erfolgt getrennt nach Bauabschnitten. Innerhalb eines Bauabschnittes werden die Gebäudedaten nach folgenden Bereichen gegliedert:

- Baugrube (Herrichten, Erschließen, Sanierung)
- Untergeschosse (Kosten unterirdisch)
- Erdgeschoss/ Obergeschosse (Kosten oberirdisch)

- Dachaufbauten (Kosten oberirdisch)

Die Aufteilung der Kostenberechnung der oben genannten Bereiche gilt für Gebäudedaten der Baukonstruktion sowie für die Gebäudetechnik. Kosten für Anlagen sind entsprechend auf die Bereiche umzulegen.

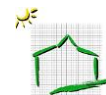
Die Kostenermittlung für die Außenanlagen erfolgt ebenfalls nach Bauabschnitten.

### B5.3. Gewerkeinteilung

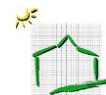
Die Gewerkeinteilung wird entsprechend ergänzt. Anhand der Gewerkeinteilung wird das LV erstellt, auf dieser Grundlage erfolgt die Kosten- und Terminverfolgung.

#### Gewerkeinteilung

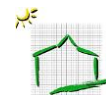
Gewerk	Umfang / LV-Titel
210	Abbruch
220	Bodensanierung
	Aushub und Entsorgung belastetes Material
310	Baugrube
	Erdarbeiten
311	Verbau
	Verbau-, Ramm- und Einpressarbeiten
320	Rohbau
	Baustelleneinrichtung
	Wasserhaltungsarbeiten
	Entwässerungskanalarbeiten
	Dränarbeiten
	Mauerarbeiten
	Beton- und Stahlbetonarbeiten
	Zimmer- und Holzbauarbeiten
	Stahlbauarbeiten
	Abdichtungsarbeiten gegen Wasser
	Dachabdichtungsarbeiten
330	Fassade
	Fassadentypen inkl.

**Gewerkeinteilung**

<b>Gewerk</b>	<b>Umfang / LV-Titel</b>
	Beschlagarbeiten Metallbauarbeiten, Schlosserarbeiten Verglasungsarbeiten Klempnerarbeiten Sonnenschutz- und Blendschutzanlagen
331 Gerüste	Gerüstarbeiten
332 Dachbeläge	Dachdeckungsarbeiten Blechdach
340 Schlosser	Geländer, Stahltreppen, Steg, etc.
341 Stahl-Glas-Türanlagen	Metallbauarbeiten Verglasungsarbeiten Beschlagarbeiten
342 Stahltüren / Stahlzargen	Stahltüren ohne T-Anforderung Stahltüren T 30 / T 90
341 Holztüren / Stahlzargen	in GK-Ständerwänden (inkl. Seitenverglasung) in Mauerwerk Holztüren ohne T-Anforderung Holztüren T 30 / T90
350 Außenputz	Wärmedämmverbundsystem, Dämmarbeiten
351 Innenputz	Kalkzementputz Gipsputz
352 Trennwände	GK-Ständerwände Systemtrennwände Falttrennwände WC-Trennwände
360 Estrich	Estricharbeiten
361 Installationsböden	Doppelboden

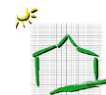
**Gewerkeinteilung**

<b>Gewerk</b>	<b>Umfang / LV-Titel</b>
	Hohlraumboden
362 Abgehängte Decken	Gipskartondecken Akustikdecken Metallpaneeldecken
363 Naturwerksteinbe- kleidung	Naturwerksteinfassade inklusive Dämmung
364 Naturwerksteinbeläge	
365 Betonwerksteinbeläge	
366 Fliesenbeläge	Boden und Wandbekleidung
367 Parkett	Parkettarbeiten, Holzpflasterarbeiten
368 Bodenbeläge	Textil, Lino, Kautschuk, PVC
370 Maler	Maler- und Lackierarbeiten Korrosionsschutzarbeiten Tapezierarbeiten
380 Schreiner	Tischlerarbeiten
390 Gebäudereinigung	
410 Sanitäranlagen	Gas- und Wasserinstallationsarbeiten, Leitungen und Armaturen Druckrohrleitungen für Gas, Wasser und Abwasser Abwasserinstallationsarbeiten, Leitungen, Abläufe Gas- Wasser- und Abwasserinstallationsarbeiten, Einrichtungsgegenstände Gas- Wasser- und Abwasserinstallationsarbeiten, Betriebseinrichtungen Wärme- und Kälteämmerarbeiten an betriebstechnischen Anlagen Dezentrale Warmwasserbereitung
420 Wärmeversorgungsanlag en	Heizungs- und zentrale Brauchwassererwärmungsanlagen

**Gewerkeinteilung**

<b>Gewerk</b>	<b>Umfang / LV-Titel</b>
	Wärme- und Kälte-dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen Kälteanlagen, Kühldecken
430	Lufttechnische Anlagen Zentralgeräte und deren Bauelemente Luftverteilsysteme und deren Bauelemente Einzelgeräte Schutzräume Raumluftechnische Anlagen
440	Starkstromanlagen Blitzschutz- und Erdungsanlagen Bauleistungen für Kabelanlagen Mittelspannungsanlagen Niederspannungsanlagen Ersatzstromversorgungsanlagen Batterien Leuchten und Lampen
450	Schwachstromanlagen Elektroakustische Anlagen, Sprechanlagen, Personenrufanlagen Meldeanlagen Empfangsantennenanlagen
460	Förderanlagen Aufzüge Fassadenbefahranlage
470	TK-Anlagen / DV Strukturverkabelung DV TK-Anlage
480	MSR-Technik/ Gebäudeautomation Zentrale Leittechnik für betriebstechnische Anlagen in Gebäuden  Regelung und Steuerung für heiz- raumluft- und sanitärtechnische Anlagen
510	Landschaftsbau Landschaftsbauarbeiten Landschaftsbauarbeiten unterbauter Flächen Pflanzen



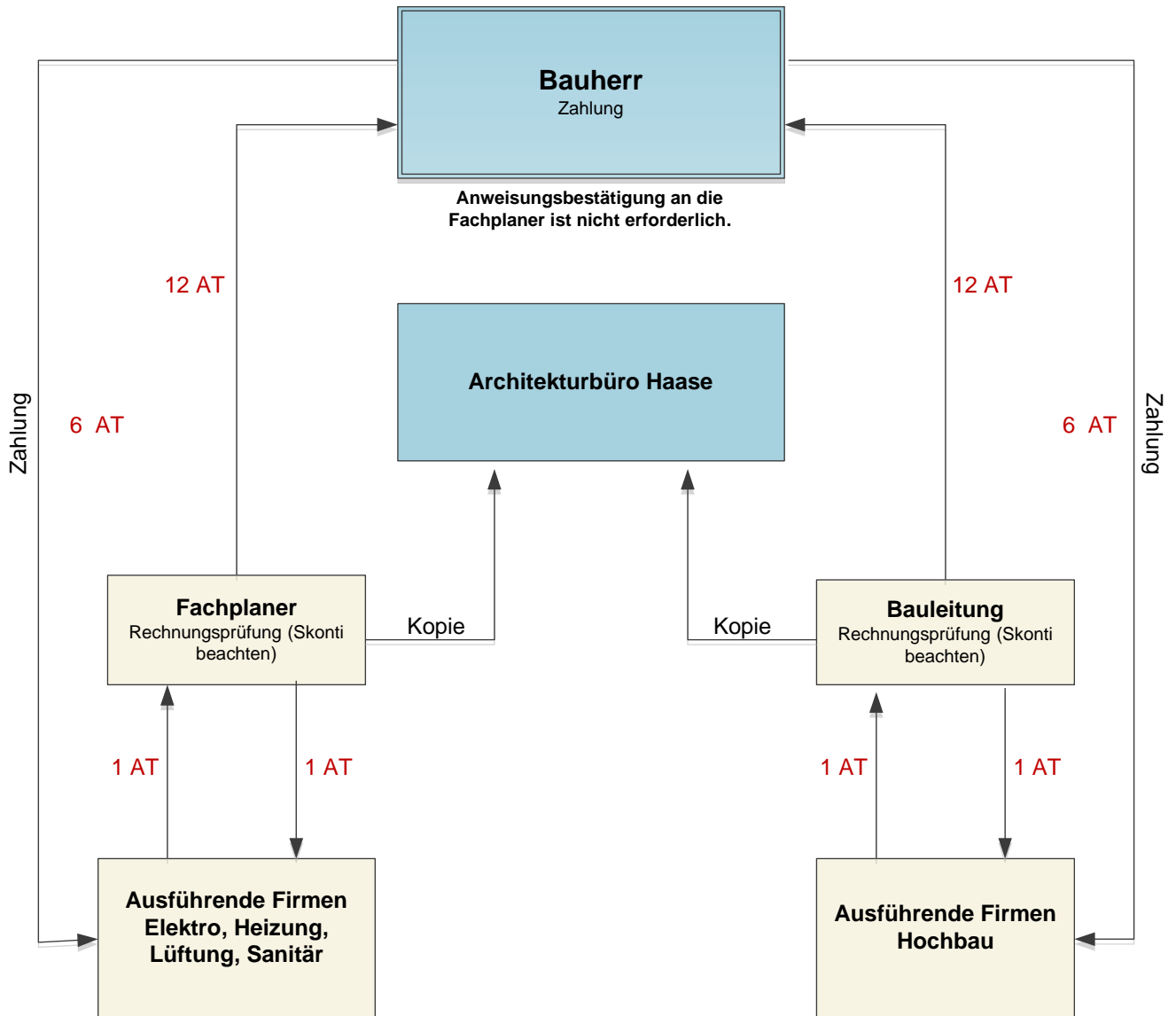


### Gewerkeinteilung

	<b>Gewerk</b>	<b>Umfang / LV-Titel</b>
520	Dachbegrünung	Extensive Dachbegrünung Gebäude
530	Erschließung	Straßen, Wege, Plätze
600	Ausstattung	
	Teeküche	Schränke Theken
	Blendschutz ( Level 2 )	
	Errichtung	
	Müllentsorgung	

### B5.4. Rechnungsverfolgung

Die Rechnungsverfolgung ist Aufgabe von Bauherren. Der einzuhaltende Ablauf von Rechnungsstellung bis zur Rechnungszahlung ist im folgenden dargestellt:



Organigramm 6.3: Rechnungsbearbeitung und Zahlung



## B6. Terminliche Ablaufplanung/ Terminplanung, -kontrolle und -steuerung

### B6.1. Aufgaben der Terminplanung, -kontrolle und -steuerung

#### B6.1.2 Terminplanung

In Absprache mit dem Bauherrn wird der terminliche Soll-Ablauf des Projektes bestimmt und dargestellt. Die Detailablaufpläne der Planungsbüros und der bauausführenden Firmen werden von der Projektsteuerung geprüft und in den Generalablaufplan eingebunden.

#### B6.1.3 Terminkontrolle

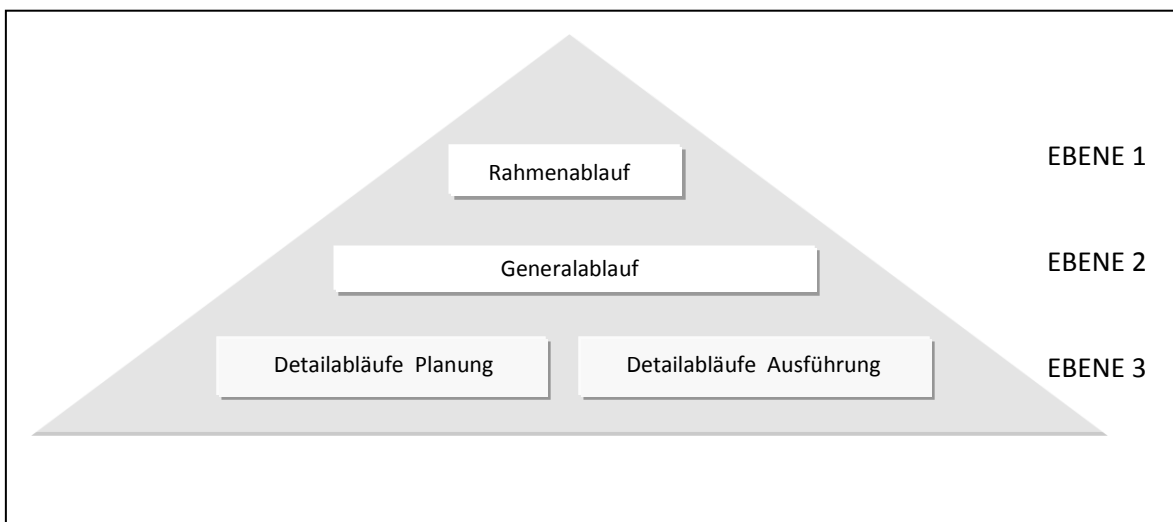
Zur Koordination finden regelmäßigen Ablaufbesprechungen mit den beteiligten Planungsbüros und mit der Bauleitung unter Federführung der Projektsteuerung statt und werden protokolliert. Alle 14 Tage werden die Termine der planenden und ausführenden Projektbeteiligten auf Einhaltung kontrolliert. Monatlich wird eine Fortschrittsberechnung des Gesamtablaufes mit Soll-Ist-Vergleich erstellt.

#### B6.1.4 Terminsteuerung

Ergeben sich aus dem Soll-Ist-Vergleich Abweichungen zum geplanten Ablauf muß der weitere Ablauf, in Abstimmung mit dem Bauherrn, entsprechend optimiert werden um den Endtermin einzuhalten.

#### B6.1.5 Ebenen der Ablaufplanung

Der terminliche Projekttablauf wird in drei Detaillierungsebenen geplant und dargestellt:



Ebene 1 = Rahmenablauf mit Darstellung der HOAI-Leistungsphasen als vernetzter Balkenplan nach DIN 69 900.

- Ebene 2 = Generalablauf mit Darstellung von Hauptvorgängen und Meilensteinen je HOAI-Leistungsphase als vernetzter Balkenplan nach DIN 69 900.
- Ebene 3 = Detailablauf (eingebunden in den Generalablaufplan) mit Darstellung von Planungs- und Bauabschnitten sowie mit Vorgängen für jede am Projekt beteiligte Planungspartei bzw. beteiligtes Gewerk als vernetzter Balkenplan nach DIN 69 900.

## B6.2. Terminpläne des Projektes

### B6.2.1 Rahmenterminplan (RTP) des Projektes

Planungsbeginn (Grundlagenermittlung, Vorentwurf)	2007
Bestandserfassung, Entwurf	Juli und August 2008
Vorabzug Kosten und Erläuterungsbericht an AB Haase	05.09.2009
Abschlussbesprechung zur FAG-Unterlage in Sonthofen	16.09.2009
Abgabe der Fach-Beiträge zur FAG-Unterlage beim AB Werner Haase (Erläuterungsbericht, Kosten)	19.09.2008
Abgabe der FAG-Unterlage bei der Stadt Sonthofen	26.09.2009
Ende Genehmigungsplanung / Abgabe der FAG-Vorlage bei der Regierung von Schwaben	Ende September 2008
Ausführungsplanung, Ausschreibung	bis Ende Feb 2009
Versand Ausschreibung	Anfang März 2009
Vergabevorschlag, Vergabe	Ende April 2009
Baubeginn	Pfingstferien 2009
Fertigstellung	Ende 2011

### B6.2.2 Generalterminplan (GTP) des Projektes

Siehe nächste Seite



### **B6.2.3 Detailterminplan (DTP) des Projektes**

Ist von der Bauleitung zu erstellen. Durch ihn hat auch die Terminkontrolle- und Steuerung (s. Pkt. 7.1.3 und 7.1.4) zu erfolgen.



## **B7. Aufgaben des Bauherrn - Planprüfung, Entscheidungen, Bemusterungen**

### **B7.1. Planprüfung der Planung des Planungsteams**

Prüfung des Planungsstandes Entwurfsplanung und Genehmigungsplanung vor Verabschiedung bzw. Einreichung auf die eigenen organisatorischen Belange. Die Prüffrist beträgt 2 Kalenderwochen.

### **B7.2. Änderungswünsche zur Planung**

Für Änderungen bedarf es einer Entscheidungsvorlage, um Kosten- und Termine verfolgen zu können

→ *Siehe Kapitel ENTSCHEIDUNGSVORLAGE* <sup>B5</sup>

### **B7.3. Durchführung von Bemusterungen/ Freigabe von Materialien** <sup>C5</sup>

Für alle gestaltungsrelevanten Bauteile und –elemente muss eine Bemusterung unter Vorlage von Alternativen durchgeführt werden. In der Bemusterungstabelle sind jene Bauteile erfasst, deren Bemusterung in jedem Fall vorzusehen ist.

Zu bemusternde Bauteile und –elemente dürfen erst nach freigegebener Bemusterung zur Ausführung kommen. Die Freigabe ist nach vollständiger Ausfüllung des Bemusterungsfreigabeformulars incl. aller erforderlichen Unterschriften, erteilt.

Die Bemusterungen müssen stets rechtzeitig durchgeführt werden, so dass eine Entscheidung planungsbegleitend möglich ist. Die Bemusterungstermine werden im Bauablaufsplan baubegleitend festgehalten.

## C Formblätter und Muster

### C1. Teilnehmerliste (Muster)

#### Teilnehmerliste

**Projektname**

**am:** Datum

**Besprechungsart NR. Nr**

**ab:** Uhrzeit

**Ort:** Besprechungsort, Raumnummer

**Besprechungsthema/Zielsetzung:**

**Kurzbeschreibung**

Teilnehmer	Firma	Anwesend		Unterschrift
		vollzeit <input checked="" type="checkbox"/>	von - bis	

### C2. Jour Fix Protokoll (Muster)

<b>Aktennotiz Nr. XX</b>				
Bauvorhaben:		Generalsanierung Gymnasium Sonthofen		
Anlass:		Besprechung ....		
Ort und Zeit:				
Teilnehmer:				
		Aktion / Bearbeitung	Termin	Status
	<b>Offene Punkte</b>			
	Es werden alle offenen Punkte mit der jeweiligen Nummerierung weitergeführt			
<b>XX.1</b>	<b>Hochbau</b>			
XX.1.1	...			
XX.1.2	...			
<b>XX.2</b>	<b>Heizung, Lüftung, Sanitär</b>			
XX.2.1	...			
XX.2.2	...			
<p>Aufgestellt:</p> <p>Karlstadt, den ...</p> <p>Architekturbüro Werner Haase</p> <p>Verteiler:</p> <p>Anlagen:</p> <p>Die Empfänger dieser Aktennotiz werden gebeten, den Inhalt sorgfältig zu prüfen. Einwände, Änderungen oder Ergänzungen sind dem Architekturbüro Haase bitte innerhalb von 7 Tagen mitzuteilen, ansonsten gilt diese Aktennotiz als inhaltlich akzeptiert.</p>				



### C3. Entscheidungsvorlage Plan (Muster)

ENTSCHEIDUNGSVORLAGE NR.: \_\_\_\_\_ von: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

1. Inhalt der Änderung (detaillierte Beschreibung als Anlage Nr.: \_\_\_\_\_ beifügen)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Veranlassung durch (detaillierte Beschreibung als Anlage Nr.: \_\_\_\_\_ beifügen)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Kostenrelevanz (detaillierte Kostenberechnung beifügen)

<input type="checkbox"/> keine		Kosten- gruppe	Betrag (€ netto)	Betrag (€ brutto)	geprüfte Summe (€ brutto)
<input type="checkbox"/>	Mehr- / <input type="checkbox"/> Minderkosten	Ausführung			
<input type="checkbox"/>	Mehr- / <input type="checkbox"/> Minderkosten	Planung			

4. Terminrelevanz

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Planungsrelevanz

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. Auswirkung auf die Nutzung / Ausführungsarbeiten

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7. Anmerkungen / Kommentare

\_\_\_\_\_

Freigabe bis:


## C4. Entscheidungsvorlage Bau (Muster)

ENTSCHEIDUNGSVORLAGE NR.: \_\_\_\_\_ von: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

1. Inhalt der Änderung (detaillierte Beschreibung als Anlage Nr.: \_\_\_\_\_ beifügen)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Veranlassung durch (detaillierte Beschreibung als Anlage Nr.: \_\_\_\_\_ beifügen)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Kostenrelevanz (detaillierte Kostenberechnung beifügen)

Mehr- /  Minderkosten

Kostengruppe: \_\_\_\_\_

	Forderung (€)	verhandelte Summe (€)
Netto		
Brutto		
Nachtragvereinbarung (NV) Nr.:		

4. Terminrelevanz

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Planungsrelevanz

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. Auswirkung auf die Nutzung / Ausführungsarbeiten

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

7. Anmerkungen / Kommentare

\_\_\_\_\_

Freigabe bis:


**C5. Bemusterung (Muster)**

**BEMUSTERUNG**

<b>Gymnasium Sonthofen</b>	Vorlage Nr.:
Anmeldung der Bemusterung _____ Datum der Bemusterung _____	
Teilnehmer _____ _____	
Gegenstand der Bemusterung _____	
Nachunternehmer _____	
Erläuterung _____ _____	
Fabrikat _____	
Modell _____ Farbe _____	
Einbauort/Bauteil _____	
Planunterlagen _____	
Vertragsunterlagen _____	
Ergebnis:      Freigabe <input type="checkbox"/> Wiedervorlage <input type="checkbox"/> Alternativen <input type="checkbox"/> abgelehnt <input type="checkbox"/>	
Anmerkung _____ _____ _____ _____ _____ _____	
Die Bemusterung ist bis zum _____ erneut durchzuführen.	
Die Alternativen sind bis zum _____ zu bemustern.	
Datum: _____	
_____	
Projektsteuerung                      Auftragnehmer                      Auftraggeber	

## C6. Formular Ergänzungslieferung (Muster)

Projekthandbuch Version 1.0  <b>ERGÄNZUNGLIEFERUNG</b> Bitte nachfolgende aufgelisteten Seiten (ALT) des Projekthandbuches gegen die beiliegenden Seiten (NEU) austauschen.	
Entfernen Seiten-Nr. „ALT“	Einordnen Seiten Nr. „NEU“

EA EnergieArchitektur GmbH  
Großenhainer Str. 34  
01097 Dresden



## Abschlussbericht

# Monitoring Gymnasium Sonthofen

Auftraggeber: Stadt Sonthofen  
Rathausplatz 1  
87527 Sonthofen

Auftragnehmer: EA EnergieArchitektur GmbH  
Großenhainer Str. 34  
01097 Dresden

Projektleiter: Frank Morawetz  
Bearbeiter: Dipl.-Ing. René Unger  
Dipl.-Ing. Torsten Schwan

Version: V 1.0  
Datum: 10.04.2015

*Adresse*  
EA EnergieArchitektur GmbH  
Großenhainer Str. 34  
01097 Dresden  
Geschäftsführer:  
Frank Morawetz

*Kontakt*  
Tel. +49 351 656839-0  
Fax +49 351 656839-59

*Internet*  
[www.ea-gmbh.de](http://www.ea-gmbh.de)

*Amtsgericht Dresden*  
HRB 24692  
Steuernummer  
202/180/09105

*Bankverbindung*  
Deutsche Bank  
Konto 875 85 75 00  
BLZ 870 700 24



## **Vorwort**

Der vorliegende Abschlussbericht stellt die Zusammenfassung der zyklischen Berichterstattung zum Energiemonitoring am Gymnasium Sonthofen der vergangenen acht Quartale dar.

Er wurde in enger Zusammenarbeit der EA EnergieArchitektur GmbH mit den Partnern Architekturbüro Werner Haase und der EA Systems Dresden GmbH verfasst und beinhaltet erzielte Arbeitsergebnisse sowie beispielhafte Auswertungen zu gewonnenen Messdaten.

Dieser Abschlussbericht beinhaltet die Auswertung von Messergebnissen, die Erarbeitung von Schlussfolgerungen zum Systemverhalten und die Aufstellung von Maßnahmenplänen sowie deren Überprüfung aus den acht Quartalsberichten zum Energiemonitoring am Gymnasium Sonthofen vom 1. Quartal 2013 bis zum 4. Quartal 2014.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	<b>111</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>112</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>114</b>
1.1 <u>Projekthalt und -ablauf</u> .....	114
1.2 <u>Gliederung</u> .....	115
1.3 <u>Lage- und Gebäudebeschreibung</u> .....	116
<b>2 Beschreibung des Vorsanierungszustandes</b> .....	<b>119</b>
2.1 <u>Strombedarf vor der Generalsanierung</u> .....	119
2.2 <u>Erdgasbedarf vor der Sanierung</u> .....	121
2.3 <u>Primärenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Bilanz</u> .....	125
<b>3 Feststellungen und Maßnahmen der gemonitorten Räume</b> .....	<b>127</b>
3.1 <u>Messeinrichtungen des raumweisen Monitorings</u> .....	127
3.2 <u>Zusammenfassung der Auffälligkeiten</u> .....	128
3.2.1 <u>Energieverbrauch Beleuchtung</u> .....	130
3.2.2 <u>Energieverbrauch Steckdosen</u> .....	130
3.2.3 <u>Raumtemperatur</u> .....	132
3.2.4 <u>Relative Luftfeuchte</u> .....	133
3.2.5 <u>CO<sub>2</sub>-Konzentration</u> .....	135
3.3 <u>Auffälligkeiten zum Sensorverhalten</u> .....	136
3.4 <u>Wetterdatenaufzeichnung</u> .....	138
<b>4 Feststellungen und Maßnahmen der Lüftungsanlage (BA I – BA III)</b> .....	<b>140</b>
4.1 <u>Betriebszeiten</u> .....	142
4.2 <u>Nutzung für Heizen / Kühlen</u> .....	144
4.3 <u>Feuchte- und Wärmerückgewinnung</u> .....	145
<b>5 Feststellungen und Maßnahmen der Kühl- und Kältetechnik</b> .....	<b>148</b>
5.1 <u>Gleichzeitige Verwendung Heizen / Kühlen</u> .....	149
5.2 <u>Kühlleistung und -energie einzelner Kühlkreisläufe</u> .....	151
5.3 <u>Betrieb Grundwasserbrunnen</u> .....	152
5.4 <u>Fazit und Maßnahmenplan für Kühltechnik</u> .....	154
<b>6 Feststellungen und Maßnahmen im Niedrigtemperaturbereich</b> .....	<b>156</b>



6.1	<u>Betrieb der Wärmepumpe und des Niedertemperaturspeichers</u> .....	156
6.2	<u>Betrieb der Niedertemperatur-Verteilung</u> .....	158
6.3	<u>Durchgeführte Maßnahmen und erreichte Effizienzsteigerungen</u> .....	160
<b>7</b>	<b><u>Feststellungen und Maßnahmen im Hochtemperaturbereich</u></b> .....	<b>168</b>
7.1	<u>Betrieb BHKW</u> .....	168
7.2	<u>Betrieb und Leistung Spitzenlastkessel</u> .....	170
<b>8</b>	<b><u>Gesamtenergieverbrauch im Vergleich zum Vorsanierungsstand</u></b> .....	<b>173</b>
8.1	<u>Wärmeenergie und Erdgasbedarf</u> .....	173
8.2	<u>Elektroenergiebedarf</u> .....	176
8.3	<u>Primärenergiebedarf- und CO<sub>2</sub>-Emissionen</u> .....	181
<b>9</b>	<b><u>Zusammenfassung und Ausblick</u></b> .....	<b>184</b>
	<b><u>Quellenverzeichnis</u></b> .....	<b>185</b>

# 1 Einleitung

Bei der Sanierung von öffentlich genutzten Bestandsgebäuden und –gebäudekomplexen tritt das Thema Energieeffizienz und Nachhaltigkeit immer weiter in den Vordergrund. Bund und Länder gewähren hierbei im Rahmen verschiedener Initiativen Zuschüsse und Fördergelder.

Im Rahmen eines solchen Fördervorhabens wurde zwischen August 2009 und Dezember 2012 das Gymnasium der Stadt Sonthofen generalsaniert. Ziel war es, den von 1972 bis 1974 in Stahlbeton-Fertigteilbauweise errichteten Gebäudekomplex im Passivhausstandard zu sanieren und damit Einsparungen von über 80% der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erreichen [1].

Im Rahmen des Sanierungsplans wurden folgende Arbeiten und Maßnahmen durchgeführt [1]:

- Hüllensanierung und energetische bzw. baukonstruktive Maßnahmen
- Austausch und Erneuerung der gebäudetechnischen Anlagen
- Steigerung der Energieeffizienz und zusätzliche Einsparmaßnahmen

Solche Demonstrationsbauprojekte bedürfen im Rahmen der Förderung ein umfangreiches, den Sanierungsmaßnahmen nachgelagertes Energiemonitoring [2], um einen Nachweis der erzielten Energieeinsparungen bezüglich des Konzepts erbringen zu können.

## 1.1 Projektinhalt und -ablauf

Mit dieser Aufgabe wurde die EA EnergieArchitektur GmbH gemeinsam mit dem Architekturbüro Werner Haase betraut. Dabei standen der software- und hardwaretechnische Entwurf sowie die Umsetzung eines geeigneten Monitoringsystems im Mittelpunkt der Aufgabe. Hierzu gehörende Arbeitsteile wurden in der ersten Phase des über zwei Jahre sich erstreckenden Projekts abgearbeitet und im Rahmen der ersten beiden Quartalsberichte beschrieben. Das erarbeitete Messkonzept orientierte sich dabei am Leitfaden der Forschung für energieoptimiertes Bauen (EnOB) [2].

In der nachgelagerten Projektphase wurden die aufgenommenen Messdaten aufbereitet, auf Plausibilität überprüft und hinsichtlich der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen analysiert. Die Erkenntnisse dieser Arbeitsschritte standen im Vordergrund der insgesamt acht Quartalsberichte. Sie beinhalteten neben der Auswertung von Messwerten außerdem die Aufstellung und Überprüfung geeigneter Maßnahmen zur Anpassung und Optimierung des Anlagensystems, dessen Regelung, sowie des Betriebs einzelner Komponenten.

Zusätzlich beinhaltete das vorliegende Monitoring-Projekt die Pflege und Wartung der konzipierten und aufgebauten Messinfrastruktur. Hierzu gehörten Software-Updates, regelmäßige Prüfungen der Rohdaten sowie der verbauten Technik, sowie Systemwiederherstellung im Falle von Ausfall oder Fehlfunktionen. Die Dokumentation derartiger Arbeiten hatte im Rahmen der Erstellung der Quartalsberichte jedoch eher eine nachgelagerte Priorität.

Zum Projektende wird durch die Projektpartner ein Abschlussbericht verfasst, der die Ergebnisse des Monitorings zusammenfasst. Hierin werden die erforderlichen Statistiken zur Bewertung des Systemverhaltens (z.B. CO<sub>2</sub>-Bilanz) erstellt [3]. Ebenfalls erfolgt hierin eine Darstellung der Auswirkungen von durchgeführten Systemoptimierungen.

## **1.2 Gliederung**

Die nachfolgenden Abschnitte fassen die Erkenntnisse sowie angemahnten und überprüften Maßnahmen im Rahmen des Energiemonitorings im Rahmen eines Abschlussberichts zusammen.

Als Grundlage des gesamten Monitorings, werden zunächst die Verbrauchskennzahlen des Vorsanierungszustandes ermittelt und ausgewertet (Kapitel 2). Hierfür werden über den Strom- und Erdgasbedarf der Primärenergiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Schulkomplexes ermittelt.

Kapitel 3 befasst sich mit dem Aufbau, den Erkenntnissen und den Maßnahmen zu den beispielhaften Räumen für die ein intensives Monitoring durchgeführt wurde. Dabei wurde eine Auswahl von fünf Räumen über zwei Jahre hinweg auf deren Energieverbräuche, Raumtemperaturen, Luftfeuchte und CO<sub>2</sub>-Konzentrationswerte untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen führten in der Folge zu Rückschlüssen und Optimierungsmaßnahmen für das Gesamtenergiesystem.

In Kapitel 4 wird das untersuchte Verhalten der dreigeteilten Lüftungsanlage in den Bauabschnitten I bis III noch einmal zusammenfassend dargestellt. Einerseits werden dabei die anhand der Messwerte ermittelten Maßnahmen dargestellt. Andererseits werden die ermittelten Kennzahlen zu Wärme- und Feuchterückgewinnung der einzelnen Anlagen zusammengefasst und mit den Ergebnissen der Planung verglichen.

Das darauffolgende Kapitel 5 befasst sich mit den Untersuchungsergebnissen zur verbauten Kühlungstechnik. Hierbei stehen sowohl die Betriebszeiten der Kühlung, vor allem im Verbund mit der Heizung im Vordergrund. Darüber hinaus wird die Funktionsweise des Grundwasserbrunnens genauer erörtert.

Kapitel 6 beschreibt die fortwährende Analyse der Funktionsweise des Niedertemperaturbereichs. Dies beinhaltet vor allem den Betrieb der Wärmepumpe und die Verteilung der Wärme auf unterschiedliche Heizkreise im Niedertemperaturbereich. Abschließend werden die durch die angemahnten Maßnahmen erreichten Effizienzsteigerungen dokumentiert.

Im Vergleich dazu wird im Kapitel 7 der Betrieb der Anlagen des Hochtemperaturbereichs analysiert. Dies bezieht einerseits die Verbindung zum Strombedarf des Gebäudes durch das BHKW als auch die Zuführung von Wärme zum Niedertemperaturbereich mit ein.

Kapitel 8 vergleicht den Gesamtenergiebedarf des Areals bezüglich des Vorsanierungsstandes. Dabei werden sowohl Gas- als auch Strombedarf verglichen. Dies schließt die Bilanzierung der erzielten Gesamt-CO<sub>2</sub>-Einsparung, speziell für den sanierten Bereich des Gymnasiums im Vergleich zu den unsanierten Peripheriegebäuden, mit ein.

Kapitel 9 fasst die erzielten Ergebnisse noch einmal zusammen und gibt einen Ausblick auf noch ausstehende Maßnahmen.

### 1.3 Lage- und Gebäudebeschreibung

Das im Rahmen des Monitorings zu untersuchende Gebäudeensemble betrifft einen Schulkomplex in Sonthofen, im Allgäu. Der Schulkomplex besteht aus insgesamt fünf Gebäuden bzw. Gebäudeteilen (vgl. Abbildung 3):

- Klassentrakt
- Fachklassentrakt
- Turnhalle
- Jugendhaus
- Pavillon

Im Rahmen der bereits beschriebenen bautechnischen und energetischen Sanierung des Areals wurden jedoch lediglich die beiden zentralen Gebäude Fachklassentrakt und Klassentrakt energetisch ertüchtigt, Turnhalle, Pavillon und Jugendhaus verblieben bautechnisch unverändert, werden jedoch auch nach der Sanierung aus der gemeinsamen Heizzentrale heraus vor allem mit (Hochtemperatur-)Wärme versorgt.

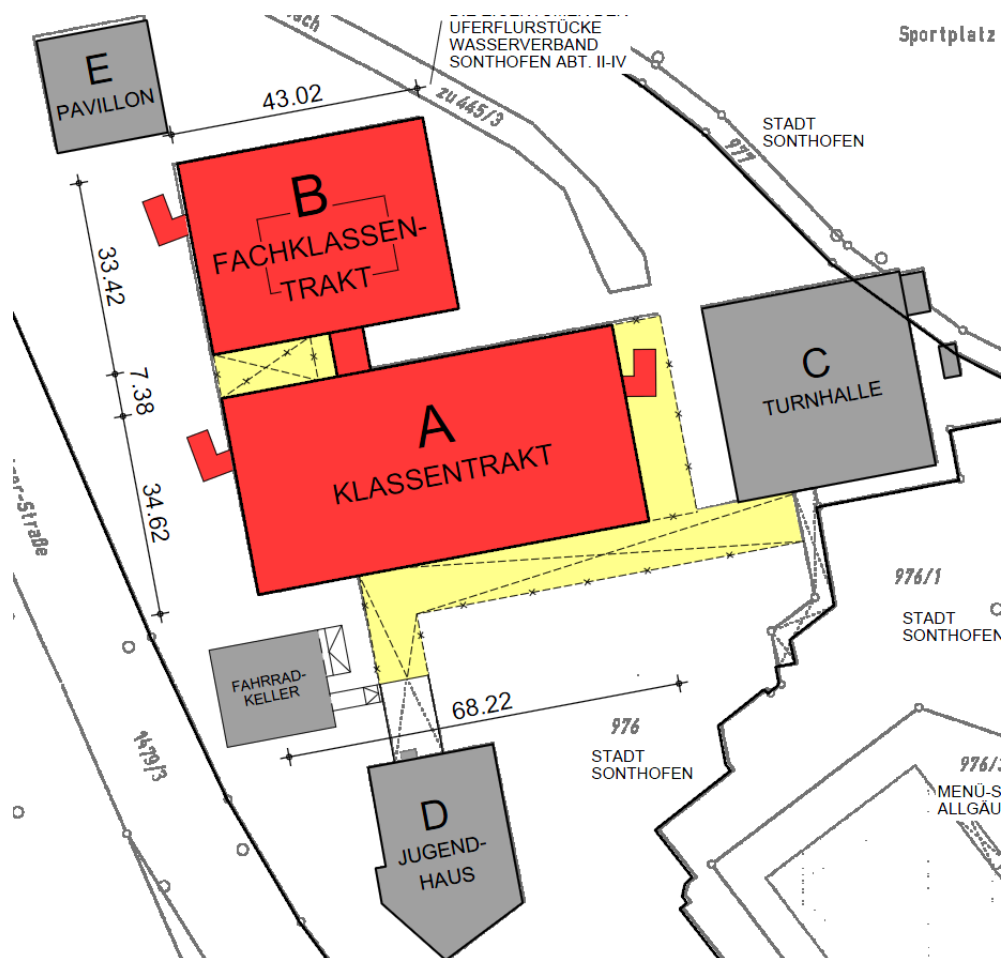


Abbildung 3: Lageplan der einzelnen Gebäudeteile des Gymnasiums in Sonthofen [7]

Die neue Heizzentrale des Schulkomplexes mit BHKW, Kessel und Wärmepumpe löst das alte System mit zwei Gaskesseln ab. Die sanierte Heizzentrale übernimmt damit neben der Niedertemperaturwärmeversorgung für die beiden sanierten Gebäudeteile durch die Wärmepumpe (und die Kälteversorgung) auch die Versorgung der peripheren Gebäudeteile mit Hochtemperaturwärme für Heizung und Warmwasser über das gasbetriebene BHKW und den Spitzenlastkessel.

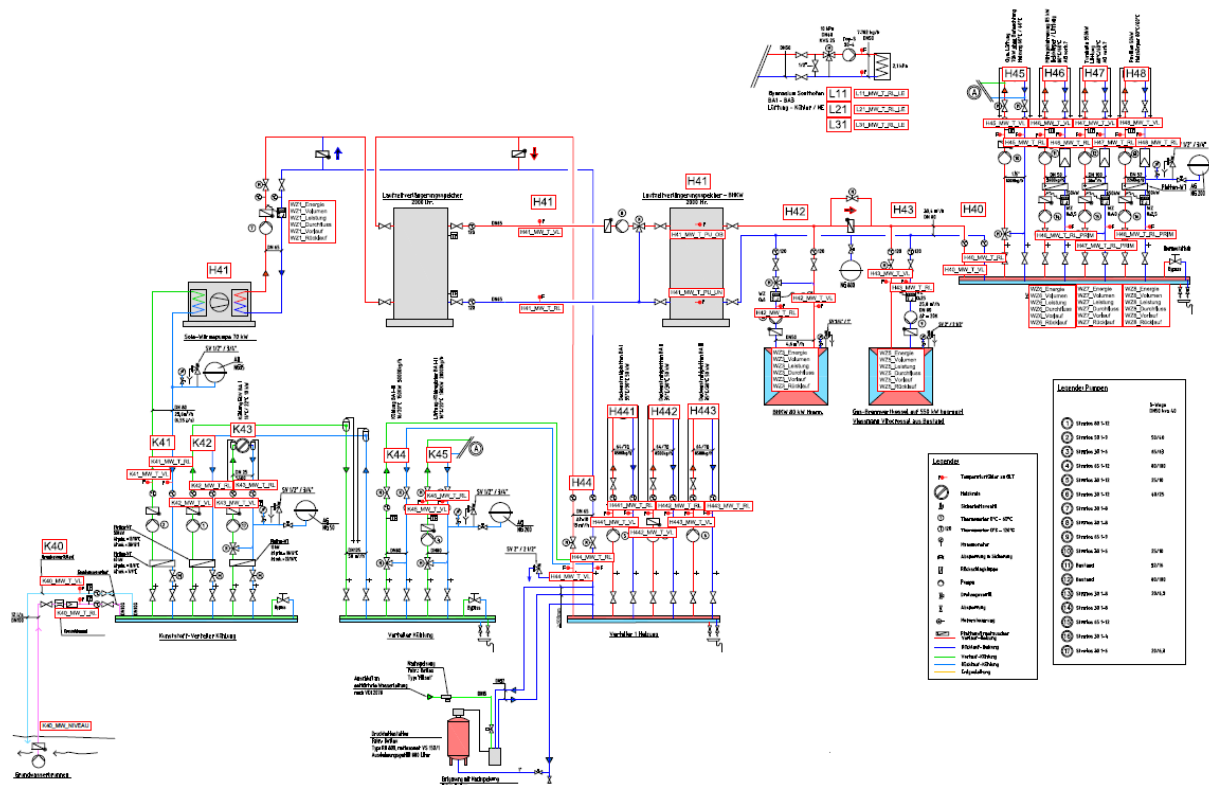


Abbildung 4: Anlagenschema der neuen Heizzentrale mit Wärmepumpe, BHKW und Spitzenlastbrennwertkessel sowie den Wärme- und Kälteverteilungen [15]

Aufgrund dessen, dass einerseits der größte Teil der gaserzeugten Hochtemperaturwärme für die Beheizung der noch unsanierten, peripheren Gebäudeteile genutzt jedoch aber die damit eigenerzeugte Elektroenergie (BHKW) teilweise im sanierten Schulgebäude selbst verwendet wird, ist eine eindeutige Spezifizierung der durch die Sanierung hervorgerufenen Energie- und Emissionsreduzierungen nur schwierig möglich.

Daher sollen im Rahmen dieses Berichts anhand verschiedener, differenzierter Vergleiche von Vor- und Nachsanierungsstand Analysen aus verschiedenen Blickwinkeln erfolgen, die einerseits den Schulkomplex als Ganzes und andererseits alleinig die sanierten Gebäudeteile (Klassentrakt & Fachklassentrakt) in den Fokus stellen.

Neben der Verringerung des Wärmebedarfs der sanierten Gebäudeteile durch bautechnische Ertüchtigung nach Passivhausstandard erfolgte durch die Sanierung natürlich auch eine deutliche Verringerung des Elektroenergiebedarfs in den Gebäudeteilen, vor allem durch die Verbesserung der Lichtausnutzung und -steuerung. Hieraus erzielte Vorteile gegenüber dem Vorsanierungsstand sind jedoch ebenfalls differenziert herauszuarbeiten, da es im Rahmen der Sanierung & Modernisierung des

Gebäudes ebenfalls eine deutliche Zunahme neuer elektrischer Verbraucher (Mimio-Boards, Computerkabinette, etc.) gab und die Energieversorgung der beiden Gebäudeteile auf effiziente, elektrische Systeme umgestellt wurde (mechanische Lüftung, Wärmepumpe).

## 2 Beschreibung des Vorsanierungszustandes

Im Vorfeld des umfassenden Energiemonitorings in den letzten zwei Jahren wurden zunächst die energetischen Bedarfs- und Verbrauchskennzahlen des Schulkomplexes vor der Sanierung ermittelt. Sie dienten im Rahmen des Monitorings als Vergleichswerte zur Spezifizierung der resultierenden Energieverbrauchs- und CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung durch die Sanierungsmaßnahmen.

### 2.1 Strombedarf vor der Generalsanierung

Für eine Bewertung des Strombedarfs vor den Sanierungsmaßnahmen am Schulkomplex standen gemessene und beim Energieversorger abgerechnete monatliche Verbrauchswerte für den Zeitraum 2008 – 2012 zur Verfügung. Außerdem wurden im Rahmen der Erstellung des Sanierungskonzeptes für das Gebäude [7] weitere Kennzahlen für den Zeitraum von 2003-2008 erhoben, die ebenfalls im Rahmen der Untersuchungen berücksichtigt wurden.

Tabelle 3: Jahresstrombedarf des Schulkomplexes 2008-2012

<b>Jahr</b>	<b>Strombedarf</b>
<b>2012</b>	221.810,00 kWh
<b>2011</b>	272.490,00 kWh
<b>2010</b>	310.411,00 kWh
<b>2009</b>	314.593,00 kWh
<b>2008</b>	305.991,00 kWh

Tabelle 3 zeigt die monatlich aufsummierten Strombedarfe des Schulkomplexes Gymnasium Sonthofen inklusive aller peripheren Gebäudeteile (vgl. Abbildung 3) für den Zeitraum 2008-2012, die seitens des Energieversorgers gemessen und übermittelt wurden. Hier fielen deutliche Unterschiede, vor allem für die Jahre 2012 und 2011 auf. Dadurch erschien es zunächst als sinnvoll, die einzelnen Monatswerte genauer zu analysieren.

Abbildung 5 zeigt die Verteilung der monatlichen Stromverbräuche für die zu untersuchten Zeiträume. Zunächst einmal konnte festgestellt werden, dass der Unterschied zwischen 2012 und 2011 aus den nicht übermittelten Daten der Monate November und Dezember 2012 stammten. Diese mit eingerechnet, ergaben sich für beide Jahre ähnliche Stromverbräuche. Jedoch waren zu den drei vorherigen Jahren trotzdem noch signifikante Unterschiede zu erkennen. Diese waren mit dem Zeitraum der Umsetzung der Bau- und Sanierungsmaßnahmen am Gymnasium Sonthofen zu begründen, im Rahmen dessen eine deutliche Verminderung des Strombedarfs aber auch eine deutliche Modernisierung der Lerninfrastruktur erfolgte (vgl. Abschnitt 1.3).

Die Generalsanierung des Komplexes erfolgte in drei Bauabschnitten. Mit dem ersten Abschnitt, der bautechnischen Sanierung des Fachklassentraktes, wurde bereits im August 2009 begonnen. Die Inbetriebnahme der Gebäudeleittechnik (GLT) erfolgte sukzessive ab November 2010, wodurch bereits ab diesem Zeitpunkt einige Messwerte zur Verfügung standen. Eine signifikante Änderung der Jahresstrombedarfe für beide Jahre zu 2008 war jedoch nicht zu erkennen. Die Monatswerte (Abbildung 5) unterlagen in

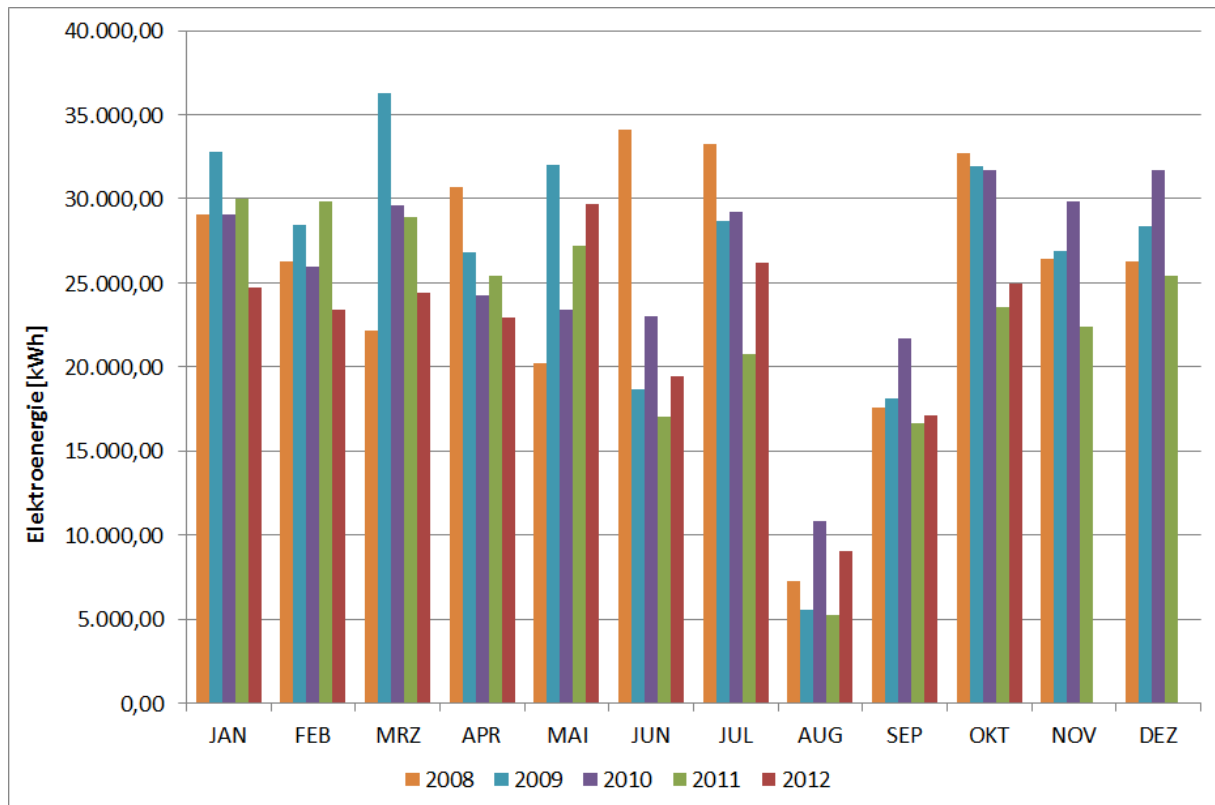


Abbildung 5: Monatliche Stromverbrauchswerte für den Zeitraum 2008-2012

diesem Zeitraum auch normalen jahreszeitlichen und nutzungsbedingten Schwankungen (z.B. Ferienzeiten – Sommerferien August bis Mitte September).

Der Unterschied der Gesamtstromverbräuche zwischen den Jahren 2008 – 2010 sowie 2011/12 konnte mit dem Beginn des dritten Bauabschnitts begründet werden. Dieser begann im August 2011. In dieser Zeit wurden nicht nur bautechnische Sanierungsmaßnahmen am Klassentrakt vorgenommen, sondern auch die gesamte Anlagentechnik im Gebäude ausgetauscht bzw. erneuert. Dies führte aufgrund modernerer Anlagentechnik zu signifikanten Stromeinsparungen.

Daher wurde festgelegt, dass für die Bewertung des Strombedarfs des Komplexes, auch hinsichtlich der Verwendung möglichst vieler Messwerte, alle Monatsstromverbräuche von Januar 2008 bis Juli 2011 genutzt werden sollten. Alle folgenden Werte wurden u.a. den Umbaumaßnahmen bzw. dem Anlagenbetrieb nach der Sanierung zugerechnet. Daraus ergab sich ein mittlerer jährlicher Strombedarf von 308.878,58 kWh.

Dieser Wert wurde ebenfalls durch die im Rahmen der Erstellung des Sanierungskonzepts [7] aufgenommenen Werte gestützt. Hier konnte ein mittlerer Strombedarf des Schulkomplexes in den Jahren 2003-2008 von 293.673 kWh ermittelt werden.



Neben der errechneten Kennzahl für den mittleren Strombedarf des Schulkomplexes vor der Generalsanierung bleibt weiterhin noch wichtig zu erwähnen, dass vor der Sanierung die Abrechnung des Stromverbrauchs der einzelnen Gebäudeteile anhand von Schätzwerten anteilig pauschal am Gesamtbedarf erfolgte:

- Gymnasium: 80%
- Turnhalle: 15%
- Jugendhaus: 5%

Diese Abrechnungsmodalitäten ergaben sich sowohl für den Zeitraum von 2003-2008 als auch für die übermittelten Werte von 2008-2012. Diesbezüglich erfolgte im Rahmen des Energiemonitorings auch ein Vergleich zur aktuell geltenden Verteilung nach der Sanierung.

## 2.2 Erdgasbedarf vor der Sanierung

Die Analyse des jährlichen Erdgasbedarfs vor der Sanierung des Gebäudekomplexes gestaltete sich jedoch etwas aufwändiger. Ausgangspunkt waren wiederum die seitens des Energieversorgers übermittelten monatlichen Verbrauchswerte (hier: Erdgas). Weiterhin wurden in die Untersuchungen die im Rahmen der Erstellung des Sanierungskonzepts [7] errechneten Kennzahlen für den mittleren Erdgasverbrauch der Gebäude in den Jahren 2003-2008 mit einbezogen.

Tabelle 4 zeigt die monatlich aufsummierten, jährlichen Verbräuche für Erdgas, die seitens des Energieversorgers für den betrachteten Zeitraum vor und während der Sanierung übermittelt wurden.

Tabelle 4: Übermittelte Jahreserdgasverbräuche des Schulkomplexes 2008-2012

<b>Jahr</b>	<b>Erdgasbedarf</b>
<b>2012</b>	767.508,00 kWh
<b>2011</b>	702.883,00 kWh
<b>2010</b>	1.433.211,00 kWh
<b>2009</b>	1.352.871,00 kWh
<b>2008</b>	1.473.605,00 kWh

Die Problematik der Vergleichbarkeit verschiedener Jahresverbrauchswerte für einen Heizenergieträger (hier: Erdgas) lag einerseits an teilweise signifikant voneinander abweichenden Temperaturverhältnissen zwischen verschiedenen Jahren und andererseits an der stark nutzerabhängigen Kenngröße des Warmwasserbedarfs, der eher weniger von äußeren Temperaturverhältnissen abhängig war.

Zunächst zeigen die Werte aus Tabelle 4, dass es im Zuge der Sanierungsmaßnahmen zu einer deutlichen Verringerung des Gasbedarfs für den gesamten Schulkomplex (ca. 50%) gekommen ist (Jahre 2011 und 2012). Für die Bewertung der erzielten Einsparungen durch die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen sind diese Zahlen jedoch differenzierter

gemeinsam mit den im Rahmen des Intensivmonitorings für die Jahre 2013 und 2014 aufgenommenen Werte zu untersuchen, da die hier aufgezeigten Gasverbräuche für die Jahre 2011 und 2012 hauptsächlich die Wärmeversorgung der noch unsanierten Gebäudeteile mit Hochtemperaturwärme und die Stromerzeugung durch das BHKW repräsentieren. In diesem Abschnitt soll lediglich die Ermittlung eines Vergleichswertes für den Vorsanierungsstand vorgenommen werden, eine detaillierte Differenzierung hinsichtlich der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen und Gebäudeteile erfolgt nachfolgend in Kapitel 8.

Zunächst galt es daher zu ermitteln, wie groß der Anteil der Warmwasserbereitung an den übermittelten jährlichen Gesamterdgasverbräuchen war. Leider standen diesbezüglich keinerlei direkte Messwerte für Warmwasserverbrauch im Schulkomplex zur Verfügung. Jedoch konnte in Erfahrung gebracht werden, dass ausschließlich der Warmwasserbedarf der Turnhalle (vor allem der Duschen) durch die vor der Sanierung installierte, zentrale Kesselanlage gedeckt wurde. Die Warmwasserversorgung im restlichen Gebäude wurde dezentral mittels elektrischer Warmwasserbereiter gesichert und hatte damit keinen Einfluss auf den jährlichen Erdgasbedarf.

Zur Ermittlung des Warmwasseranteils des Heizenergiebedarfs für verschiedene Gebäudetypen gab es verschiedene Möglichkeiten. Einerseits konnte durch einschlägige Literatur [24] der Warmwasserbedarf für Schule/Sporthallen mit Duschen abgeschätzt werden. Die hierbei angesetzten 25 – 35 Liter Warmwasser (45°C) je Tag und Schüler [24] ergaben unter Einrechnung aller Anlagenwirkungsgrade [25] und der 850 Schüler des Gymnasiums Sonthofen [7] einen jährlichen Endenergiebedarf für die Warmwasserbereitung der Turnhalle von ca. 550.000 kWh. Im Vergleich zu den übermittelten Gesamtverbrauchswerten nahm diese Energiemenge fast 40% des Gesamtverbrauchs (vgl. Tabelle 4) ein. Da dieser Verbrauch als viel zu hoch erschien und scheinbar nur ein Bruchteil aller Schüler nach dem Sportunterricht duschen geht, wurde eine andere Möglichkeit der Abschätzung des Warmwasserbedarfs gewählt.

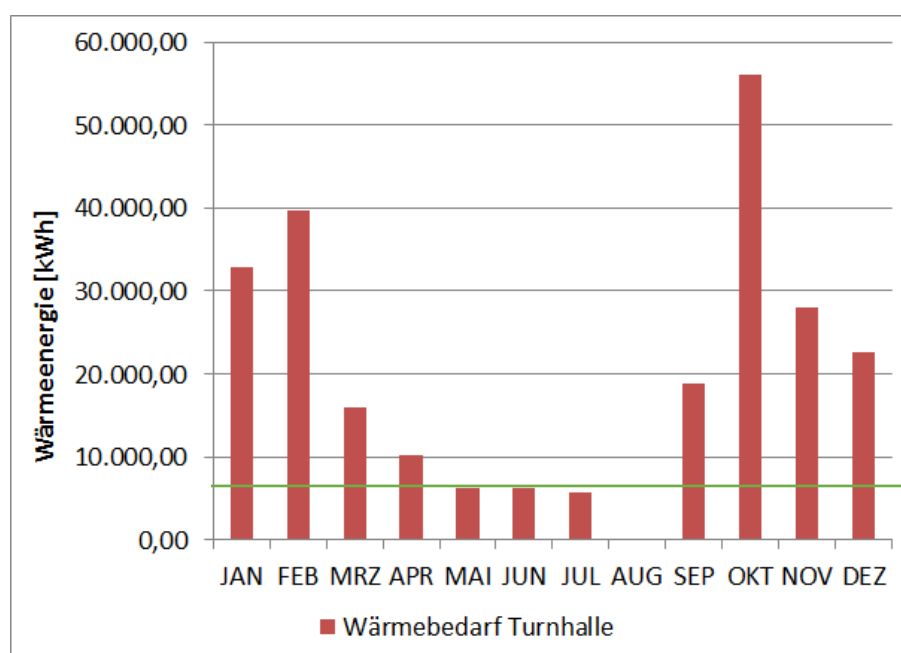


Abbildung 6: Monatlicher Wärmebedarf der Turnhalle

Dazu wurden die aufgenommenen Daten der seit Ende 2010 installierten Gebäudeleittechnik (GLT) hinsichtlich des Wärmebedarfs der Turnhalle untersucht. Abbildung 6 zeigt die gemessene Verteilung des Gesamtwärmebedarfs der Turnhalle über ein Jahr. Hierbei wurde einerseits erkannt, dass es starke jahreszeitliche Schwankungen des Wärmeverbrauchs gibt, was zu erwarten war. Andererseits war für die Monate Mai bis Juli eine Art Grundlastverhalten zu erkennen. Da in diesem Zeitraum mit einem nur sehr geringen Wärmebedarf für die Heizung gerechnet werden kann, ist die Annahme zulässig, dass diese Grundlast den Warmwasserwärmebedarf der Turnhalle darstellt. Der Mittelwert dieses Wärmebedarfs beläuft sich auf 6.056,03 kWh, d.h. ca. 6.000 kWh pro Monat.

Jedoch ist diese Annahme augenscheinlich nicht ganzjährig zulässig, da im August keinerlei Wärme abgenommen wurde. Bei genauere Untersuchung der aufgenommenen Daten zeigte sich, dass sich der Bereich, in dem keinerlei Wärme durch die Turnhalle abgenommen wurde, auf Anfang August bis Mitte September erstreckt. Dies unterstützte die getroffene Annahme, dass es sich bei der in den Sommermonaten abgenommenen Wärme größtenteils um Warmwasserenergie handelt, da in diesem Zeitraum die Sommerferien in Bayern stattfanden und da keine oder nur eine sehr geringe Nutzung der Schule erfolgte.

Daher wurde für die Berechnung angenommen, dass der durchschnittliche Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung der Turnhalle ca. 6.000 kWh pro Monat betrug. Im Monat August fiel jedoch kein Wärmebedarf an, im September war dieser halbiert. Mit diesen Annahmen konnte eine jährliche Gesamtwärmemenge für die Warmwasserbereitung von ca. 63.600 kWh errechnet werden. Nach den pauschalen Annahmen zur Warmwasserbereitung in Bestandsanlagen [25] ergaben sich für die Berechnung der benötigten Endenergie (Erdgas) eine durchschnittliche jährliche Erdgasmenge von ca. 136.750 kWh, die für die Deckung dieses Wärmebedarfs durch das Anlagensystem vor der Sanierung des Schulkomplexes benötigt wurde. Dies entsprach ca. 10% des jährlichen Gesamterdgasverbrauchs, der sich anhand der übermittelten Verbrauchszahlen für den Vorsanierungsstand ergab.

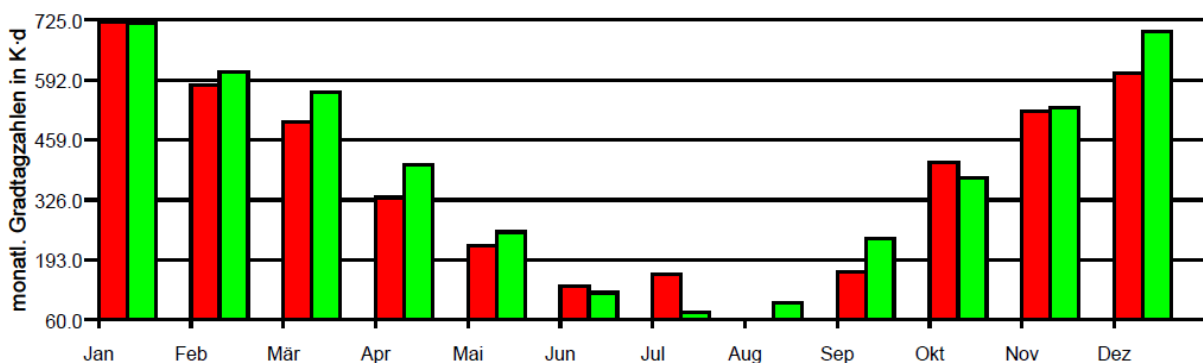


Abbildung 7: Mtl. Gradtagzahlen (rot) für die Wetterstation in Obersdorf 2011 [27]

Ein weiteres Problem der Bewertung ergab sich aus den unterschiedlichen Temperaturverhältnissen am Standort innerhalb der zu untersuchenden Jahre. Um hierfür eine Normierung der übermittelten Gasverbrauchswerte vornehmen zu können,

wurden die seitens des DWD [27] bereit gestellten „Monatlichen Gradtagszahlen“ verwendet. Diese heizungstechnische Kenngröße ermöglichte die monatliche Bewertung der aufgewandten Heizenergie in Abhängigkeit der vorherrschenden Wetterverhältnisse eines Jahres in Bezug auf (Der grüne Balken in Abbildung 7) [26]. Auf diese Art und Weise konnte der Heizenergiebedarf aller übermittelten Messwerte für den Schulkomplex vor der Sanierung normiert und mit den Messwerten im Rahmen des Monitorings verglichen werden. Mit Hilfe dieser Gradtagszahlen wurden die monatlichen Verbräuche des Erdgasverbrauchs errechnet. Analog zu den Stromverbräuchen war zu erkennen, dass für das Jahr 2012 keine Messwerte für November und Dezember vorlagen und das zwischen August und Dezember 2011 keinerlei Gasverbräuche gemessen wurden. Dies war wiederum damit zu begründen, dass im Rahmen des dritten Bauabschnitts Ende 2011 der Austausch bzw. die Sanierung der bestehenden gebäudetechnischen Anlagen stattfand und in diesem Zeitraum die Gebäude durch Heizöl mit Wärme versorgt wurde.

Tabelle 5 zeigt die, unter Berücksichtigung des Warmwasserbedarfs und der mittleren Temperaturverhältnisse der einzelnen betrachteten Jahre, errechneten Werte des normierten, jährlichen Erdgasverbrauchs des Schulkomplexes.

Tabelle 5: Normierte Jahreserdgasverbräuche des Schulkomplexes 2008-2012

<b>Jahr</b>	<b>Erdgasbedarf</b>
<b>2012</b>	764.918,35 kWh
<b>2011</b>	739.881,68 kWh
<b>2010</b>	1.369.139,88 kWh
<b>2009</b>	1.374.517,23 kWh
<b>2008</b>	1.506.449,69 kWh

Neben den bereits beschriebenen Auswirkungen der Anlagensanierung ab dem Jahr 2011 zeigten sich bereits in den Daten der Jahre 2009 und 2010 erste Auswirkungen der Sanierungsmaßnahmen der ersten beiden Bauabschnitte ab August 2009. Daher konnten für die Auswertung des Energiebedarfs des Gebäudekomplexes, vor der Sanierung, auch diese Werte nicht oder nur bedingt genutzt werden.

Somit wurden für die Bewertung des Vorsanierungsstandes im Rahmen des Energiemonitorings nur die normierten Verbrauchswerte für Erdgas vom Jahr 2008 verwendet. Als Referenzwert dienten die errechneten 1.506.449,69 kWh, d.h. ca. 1.500.000 kWh Erdgas pro Jahr.

Die im Rahmen des Sanierungskonzepts [7] ausgewiesenen Messdaten zeigten einen durchschnittlichen jährlichen Gasbedarf von 1.717.167 kWh für die Jahre 2003 bis 2008. Dieser Wert überstieg den ermittelten Referenzwert von 2008 um ca. 12%. Da die monatlich aufgeschlüsselten Messwerte das Anlagenverhalten kurz vor der Sanierung darstellten und eine höhere Datenauflösung boten, sollte im Rahmen der Vergleiche mit dem sanierten Anlagensystem der normierte Gasverbrauchswert (1.500.000 kWh) genutzt werden, der aus den Daten des Jahres 2008 errechnet wurde.

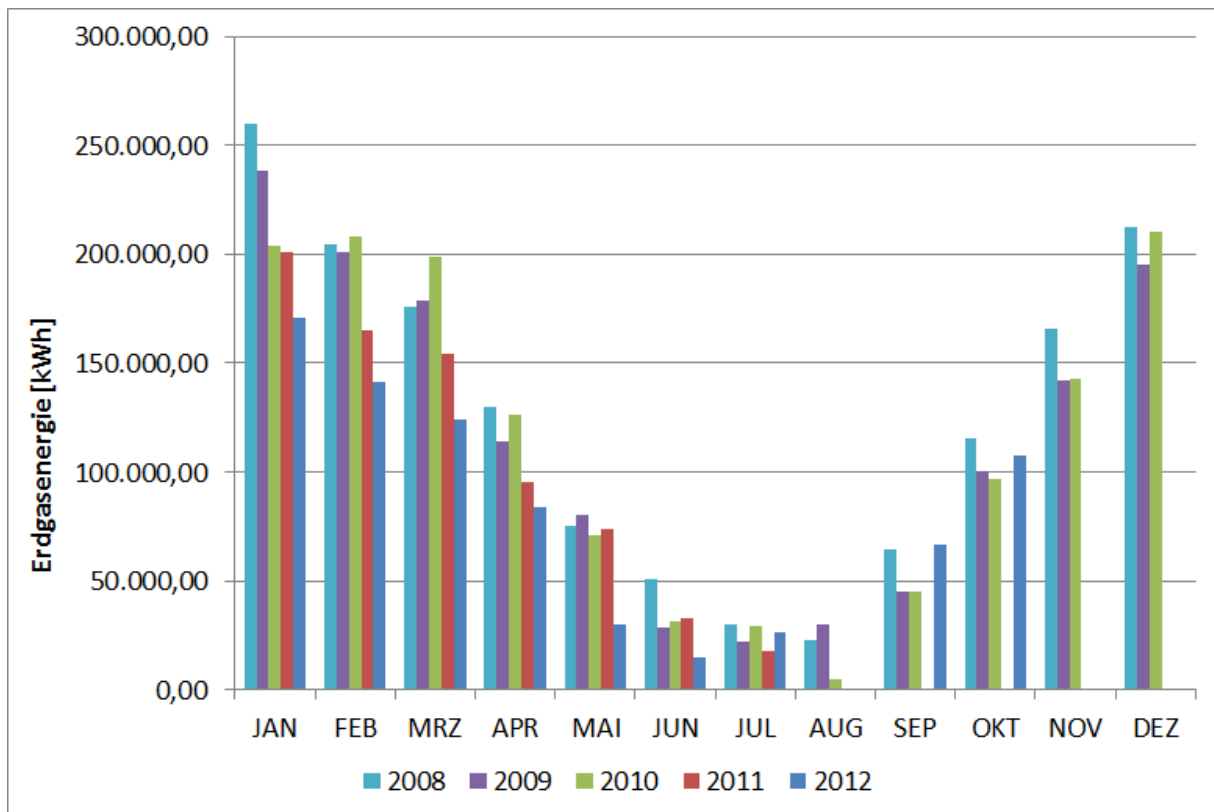


Abbildung 8: Monatliche Gasverbrauchswerte für den Zeitraum 2008-2012

Neben der hier ermittelten Kennzahl für den mittleren Erdgasbedarf des Schulkomplexes vor der Generalsanierung ist weiterhin noch wichtig zu erwähnen, dass vor der Sanierung die Abrechnung des Erdgasverbrauchs der einzelnen Gebäudeteile anteilig pauschal am Gesamtbedarf erfolgte:

- Gymnasium: 71%
- Turnhalle: 17%
- Jugendhaus: 12%

Diese Abrechnungsmodalitäten ergaben sich sowohl für den Zeitraum von 2003-2008 als auch für die übermittelten Werte von 2008-2012. Auch hier erfolgten im Rahmen des Energiemonitorings weitere Vergleiche zur aktuell geltenden Verteilung nach der Sanierung.

## 2.3 Primärenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Die Ermittlung und Untersuchung des Energiebedarfs für den Schulkomplex Gymnasium Sonthofen vor den Sanierungsmaßnahmen stellt nur einen Teil der Vorbereitung des Monitorings des neuen Anlagensystems dar.

Das neu im Gebäude installierte, gebäudetechnische Anlagensystem besteht sowohl aus einer Sole-Wasser-Wärmepumpe als auch einem BHKW und einem Spitzenlastbrennwertkessel. Aufgrund der dadurch entstandenen Vermischung von Stromverbrauch, dezentraler Stromproduktion und Wandlung von Strom in Wärme, lassen sich beide Arten von Energieverbräuchen nur noch bedingt getrennt betrachten. Daher werden Kennzahlen benötigt, die einen Vergleich des Gesamtenergiebedarfs

(Strom und Wärme) des neuen Anlagensystems mit den Verbräuchen vor der Generalsanierung ermöglichen.

Daher werden in diesem Abschnitt die gemittelten und normierten Verbrauchswerte für Strom und Gas auf den sogenannten Primärenergiebedarf bzw. die CO<sub>2</sub>-Bilanz umgerechnet. Neben der Tatsache der besseren Vergleichbarkeit können so auch die ursprünglichen Ziele der Sanierungsmaßnahmen (Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 80%) direkt analysiert werden. Die Erläuterungen des Primärenergiebedarfs liefern die relevanten Kennzahlen zur detaillierten Bewertung des Erreichens der Sanierungsziele im Rahmen des Monitorings.

Für die ökologische und energetische Bewertung der Energienutzung werden verschiedenen Faktoren genutzt. Der sogenannte Primärenergiebedarf bezieht zusätzlich zur verbrauchten Endenergiemenge die Energieverluste durch Erzeugung, Transport und Wandlung in die Bilanzierung mit ein. Für Strom wird ein Primärenergiefaktor von 2,6 aufgrund des zum Zeitpunkt der Sanierung aktuellen Strommixes vorgeschrieben [28]. Für Erdgas liegt dieser Faktor bei 1,1. Der resultierende Primärenergieverbrauch des gesamten Gebäudekomplexes inkl. Klassentrakt, Fachklassentrakt, Pavillon, Turnhalle und Mittagsbetreuung/Jugendhaus belief sich dadurch auf ca. 2.430.000 kWh pro Jahr. Das Bestandsgebäude besitzt eine Nutzfläche von ca. 7.800 m<sup>2</sup>. Daraus ergibt sich ein nutzflächenbezogener Primärenergiebedarf von 311,5 kWh/m<sup>2</sup>a für den Gebäudekomplex vor der Sanierung.

Die für die Bewertung des Erreichens der Einsparungsziele wichtige CO<sub>2</sub>-Bilanz errechnet sich mit Hilfe spezifischer Normierungsfaktoren für Strom und Erdgas. Laut GEMIS (Globales Emissions-Modell integrierter Systeme) [29] wird für Strom ein Faktor von 0,616 kg CO<sub>2</sub>/kWh und für Erdgas ein Faktor von 0,198 kg CO<sub>2</sub>/kWh genutzt (Zeitpunkt der Sanierung). Daraus können für den Schulkomplex Gymnasium Sonthofen jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionen von ca. 481,8 Tonnen errechnet werden. Dies entspricht der Aufnahme an CO<sub>2</sub> von ca. 48 ha Wald in einem Jahr.

## 3 Feststellungen und Maßnahmen der gemonitorten Räume

### 3.1 Messeinrichtungen des raumweisen Monitorings

Das Energiemonitoring am Gymnasium Sonthofen ist nach dem Monitoring-Leitfaden der Forschung für energieoptimiertes Bauen (EnOB) durchgeführt worden [2]. Da hier die Konzeption und Umsetzung der Messtechnik-Infrastruktur nach der eigentlichen Sanierungsphase erfolgte, fanden diese Arbeitsschritte teilweise erst im Vorfeld des Intensivmonitorings (Phase II des Leitfadens [2]) statt.

Neben den bereits während der Sanierung verbauten Sensoren zur Erfassung von raumluft- bzw. heizungstechnischen Messdaten in fünf ausgewählten Unterrichtsräumen, wurde zu Beginn des Monitorings die bestehende Messtechnik um geeignete Elektrozähler ergänzt, die die Vermessung des raumweisen Elektroenergiebedarfs sowie die Belegung des Raumes und die Nutzung etwaiger technischer Geräte ermöglichen. Auf diese Weise war es im Rahmen des Monitorings möglich alle für die Bewertung des Nutzereinflusses bzw. der Nutzerbeeinflussung relevanten Kenngrößen stellvertretend für den gesamten Schulkomplex in fünf verschiedenen Räumlichkeiten des Schulkomplexes zu vermessen (H 130, H 022, H 201, H 214, F 111).

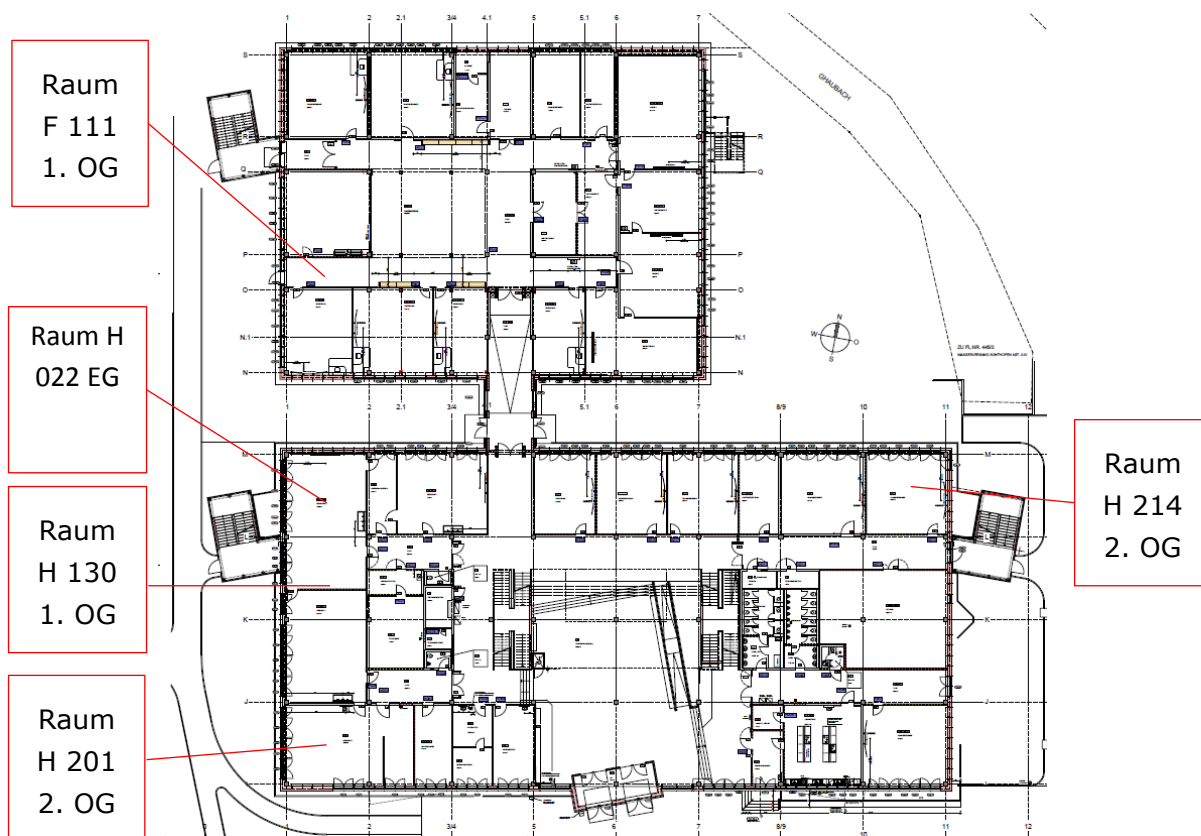


Abbildung 9: Lage der Klassenräume mit beispielhafter Messtechnik-Ausstattung [7]

Für das Monitoring wurden einerseits Räumlichkeiten in allen drei Stockwerken des Gebäudekomplexes ausgewählt (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Andererseits wurden sowohl Räume im Klassentrakt als auch ein Raum im Fachklassentrakt gemonitort. So konnten Einflüsse der unterschiedlichen Nutzung betrachtet werden. Als letzte Variation wurden einerseits Räume im Westflügel des Klassentraktes und andererseits ein Klassenraum im Ostflügel vermessen (Raum H 214 in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Somit wurden ebenfalls Einflüsse der Sonneneinstrahlung z.B. auf die Nutzung der Jalousien und damit auf den Energieverbrauch betrachtet.

Die Auswahl der Räume zeigt, dass mit dieser minimalen Anzahl an Messstellen nahezu alle Einflüsse auf den Elektroenergiebedarf in den einzelnen Klassenräumen betrachtet werden können. Eine Hochrechnung der einzelnen Einflüsse auf das Gesamtverhalten ist daher zulässig, wodurch wiederum die Anforderungen des EnOB-Leitfadens [2] erfüllt werden.

Im Gegensatz zu den zusätzlichen, erst im Rahmen des Monitorings verbauten Elektroenergiezählern (Datenaufnahme über separaten Monitoring-Server) werden die meisten Messwerte zentral über die bereits während der Sanierung aufgebaute GLT aufgenommen. Dies bezieht auch die bereits beschriebenen raumklimatischen Messwerte, wie relative Luftfeuchte, CO<sub>2</sub>-Konzentration und Raumtemperatur, u.a. für die fünf gemonitorten Räume mit ein.

Ein weiterer Fokus der auflaufenden GLT-Messwerte liegt auf dem Betriebsverhalten der unterschiedlichen Wärmeübertragungssysteme [5] (z.B. Deckenstrahlplatten) sowie dem Verhalten der drei unterschiedlichen Lüftungssysteme der einzelnen Bauabschnitte (hier: z.B. Volumenströme, Temperaturen, Luftfeuchte). Darüber hinaus werden detailliert Messdaten zum Verhalten einzelner Anlagenkomponenten (z.B. Vorlauf-/Rücklauf-temperatur, Durchfluss, Leistung) aufgenommen. Dies bezieht sich sowohl auf die Wärme- und Kälteerzeugungsanlagen als auch etwaige, zwischengelagerte Speichersysteme.

Die Bewertung des Verhaltens einzelner Räume erfolgte im Rahmen des Monitorings in enger Korrelation der auflaufenden Anlagenmessdaten mit den aufgenommenen raumweisen Messdaten zur Raumnutzung und Raumklimatik. Auf diese Weise gelang es im Rahmen des Monitorings das teilweise durch die Nutzer bemängelte Raumverhalten (z.B. geringe Luftfeuchte) mit Fehlerverhalten bzw. Anpassungsnotwendigkeiten am Anlagensystem bzw. dessen Regelung in Verbindung zu setzen.

Darüber hinaus stellt die GLT gemessene Wetterdaten für den Standort des Gymnasiums in Sonthofen bereit (Strahlung, Windstärke, Temperatur, etc.) [5], die vor allem zur Bewertung der Wärmeversorgungsanlagen aber auch für die Bewertung des raumklimatischen Verhaltens benötigt wurden.

## **3.2 Zusammenfassung der Auffälligkeiten**

Im Rahmen der quartalsmäßigen Begutachtung der aufgenommenen Messergebnisse im Schulkomplex Gymnasium Sonthofen wurden Messreihen der zusätzlich installierten Messkette (u.a. raumweise Elektrozähler) sowie der GLT hinsichtlich interessanter



Aspekte zum Betriebsverhalten der gebäudetechnischen Anlagen, der Raumklimatik, der Plausibilität der Messdaten sowie einer Bewertung des Energiebedarfs der Schulkomplexes im Vergleich zum Vorsanierungsstand untersucht. Aus den aufgenommenen Daten für Elektroenergie und der GLT konnten für die betrachtenden Räume folgende Datenpunkte untersucht werden:

- Elektroenergieverbrauch Beleuchtung
- Elektroenergieverbrauch Steckdosen
- Raumtemperatur
- Relative Luftfeuchte
- CO<sub>2</sub>-Konzentration

Die für das exemplarische Monitoring ausgewählten Räume bilden einen sehr guten Querschnitt durch das gesamte Schulgebäude, bestehend aus einem zwei-geschossigem Fachklassentrakt und einem drei-geschossigem Klassentrakt. Mit mindestens 5% der jeweiligen Nutzungsfläche eines jeden Gebäudetraktes (siehe Tabelle 6) liefern die aufgenommenen Messwerte ausreichend gute Informationen über das gesamte Verhalten des untersuchten bzw. repräsentierten Gebäudeteils. Einflüsse von Gang- bzw. Transferflächen werden in der Betrachtung vernachlässigt bzw. als ähnlich angenommen.

Tabelle 6: Flächenanteile der einzelnen Klassenzimmer je Gebäudetrakt

Zimmer	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Gebäudetrakt	Gesamtfläche [m <sup>2</sup> ]	Flächenanteil [%]
<b>H 022</b>	113,69	EG Klassentrakt	2.157,16	5,27
<b>F 111</b>	205,73	(EG) Fachklassentrakt	2.795,89	7,36
<b>H 130</b>	102,13	1. OG Klassentrakt	2.046,71	5,00
<b>H 201</b>	67,32	2. OG Klassentrakt (W)	1.021,2	6,59
<b>H 214</b>	61,73	2. OG Klassentrakt (O)	1.021,2	6,04

Tabelle 7: Elektroenergiebedarf (Q2/2013) der Räume und Gebäudeteile (Hochrechnung)

Zimmer	Elektronenergiebedarf [kWh]	Gebäudetrakt	Hochrechnung Elektroenergiebedarf [kWh]
<b>H 022</b>	131,8	EG Klassentrakt	2.500,9
<b>F 111</b>	17,5	(EG) Fachklassentrakt	237,8
<b>H 130</b>	146,4	1. OG Klassentrakt	2.928,0
<b>H 201</b>	137,4	2. OG Klassentrakt (W)	2.085,0
<b>H 214</b>	111,7	2. OG Klassentrakt (O)	1.849,3

Im betrachteten Quartal 2/2013 konnte anhand der vorgestellten Annahmen und Analysen festgestellt werden, dass sich der Elektroenergiebedarf für die einzelnen Geschosse des Klassentraktes ähnlich verhielt und sich in der gleichen Größenordnung (1/2 bis 2/3) wie der Energiebedarf der Turnhalle bzw. der Mittagsbetreuung befand (vgl. Tabelle 7). Gleichzeitig war aber festzustellen, dass das zur Vermessung ausgewählte Zimmer F111 im betrachteten Zeitraum nur einer minderen Nutzung unterlag.

### 3.2.1 Energieverbrauch Beleuchtung

Die Untersuchungen der genannten Räume ergaben, dass die Beleuchtung nahezu jeden Schultag (ausgenommen von Wochenenden und Schulferien) genutzt wurde. Einzige Ausnahme war der Raum F111, der sehr selten genutzt wurde.

Für Raum H022 wurde ermittelt, dass die Beleuchtungssteuerung nicht sparsam regelt. Die intensive Aktivierung der Beleuchtung in den Sommermonaten ist nicht notwendig gewesen. Ausschlaggebend hierfür waren die in der GLT gesetzten Grenzwerte für Beleuchtungsstärken. Diese zu reduzieren, so dass die Beleuchtung nur zu wirklich notwendigen Zeiträumen (Winter- und Übergangszeit, Früh- und Abendstunden) in Betrieb gehen, wurde empfohlen. Andererseits wurde geraten die Position der Lichtintensitätssensoren hinsichtlich der erzielten Messwerte zu überprüfen und anzupassen. Für die Räume H130, H214 und H201 wurden gleichmäßig hohe Nutzungsprofile, zu Schulzeiten über alle betrachteten Quartale, festgestellt.

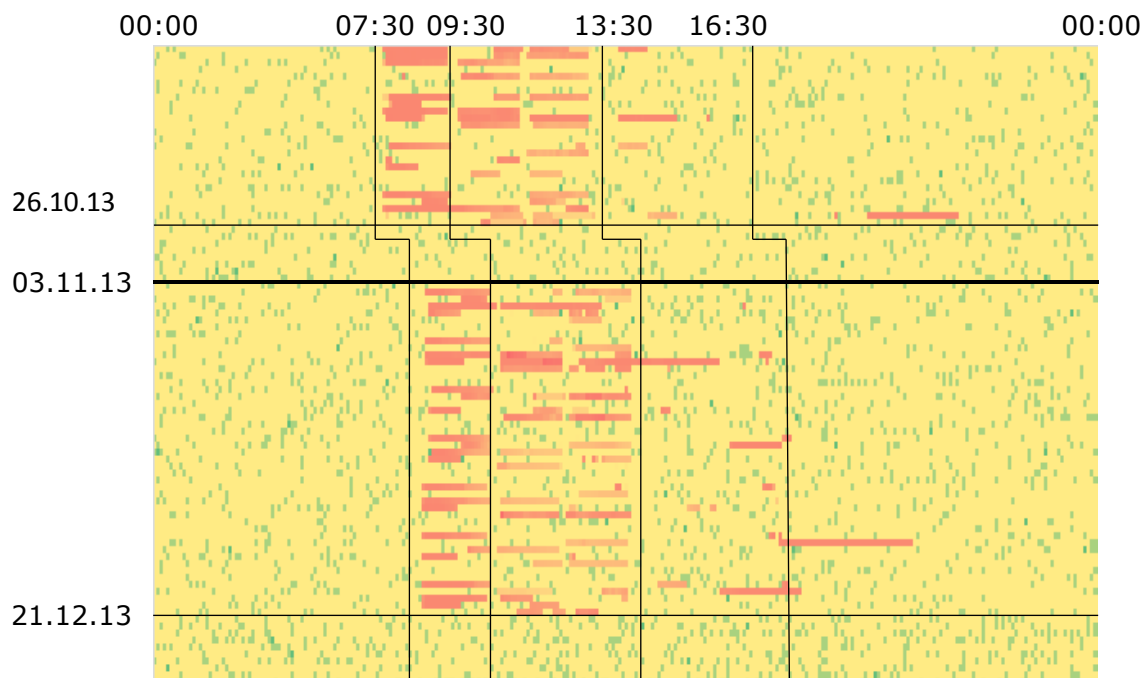


Abbildung 10: Elektrischer Leistungsbedarf der Beleuchtung im Raum H 214 im Q4 2013

### 3.2.2 Energieverbrauch Steckdosen

Genauere Aussagen zur Nutzungshäufigkeit der Räume konnten durch die Betrachtung sonstiger elektrischer Energie (Steckdosen) getroffen werden. Augenscheinlich korrelieren die Hauptnutzungszeiten für elektrische Energie (rote Bereiche in Abbildung

11) sehr stark mit den Einschaltzeiten der Beleuchtung (Abbildung 10), wodurch zu diesen Zeiträumen stark davon ausgegangen werden kann, dass eine Nutzung des Raumes stattfand. Dieses regelmäßige Verhalten wurde in allen Räumen über den betrachteten Gesamtzeitraum festgestellt. Auch wurde für die untersuchten Räume aufgezeigt, dass elektrische Grundlasten aufgrund von Standby-Verlusten durch Präsentationstechnik vorliegen. Während sich diese Grundlasten in der Regel im Bereich von ca. 15 Watt bewegen, fiel der Raum H 214 mit einer hohen Grundlast negativ auf.

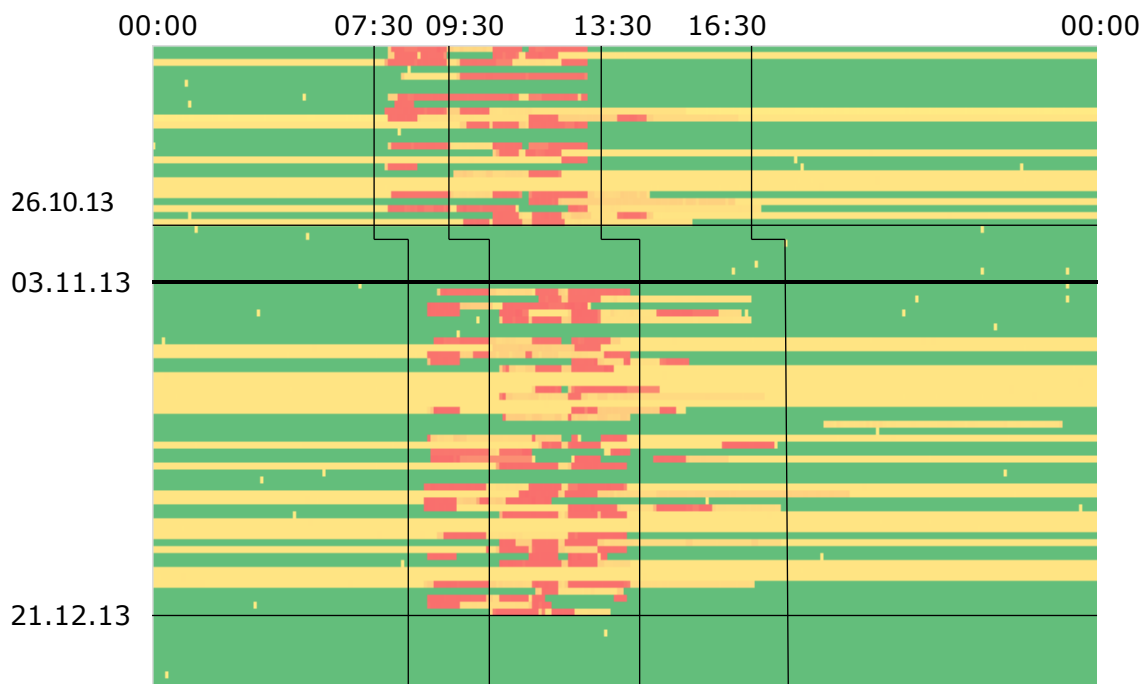


Abbildung 11: Tageszeitliche Verteilung der Steckdosennutzung im Raum H 214

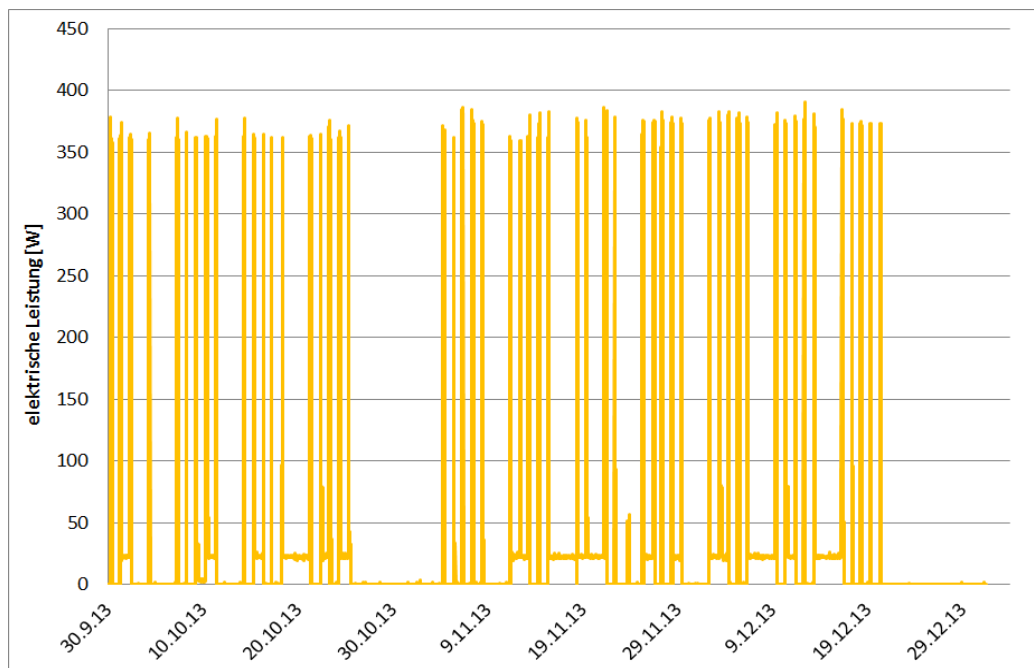


Abbildung 12: Elektrischer Leistungsbedarf der Steckdosen im Raum H 214

Die in Abbildung 11 dargestellten gelben Bereiche, zeigen eine verringerte Nutzung elektrischer Energie im Raum H 214, obwohl zu diesen Zeiten keinerlei Raumnutzung stattfand (z.B. Nachtzeiten). Diese Bereiche werden ebenfalls in Abbildung 12 noch einmal deutlich. Hier zeigte sich, dass während der Nutzungszeiten des Raumes eine vergleichbar konstante Last von ca. 350 W – 380 W gezogen wurde. Dies ließ auf die häufige Nutzung von Beamern oder Mimio-Boards während der Unterrichtszeiten schließen. Wie bereits beschrieben, fiel teilweise jedoch auch zu Nichtnutzungszeiten (u.a. nachts) eine verringerte Last an. Diese ist auf Standby-Verluste der verbauten Präsentationstechnik zurückzuführen gewesen, wenn diese nach der Nutzung nicht abgeschaltet wurden.

### 3.2.3 Raumtemperatur

Im Zuge der Untersuchung der Raumklimatik wurden zunächst die einzelnen Raumtemperaturen geprüft. Vor allem auf die Einhaltung der sommerlichen Temperaturgrenzwerte ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,5 \text{ K}$ ) bzw. winterlichen Grenzwerte ( $21^{\circ}\text{C} \pm 1,5 \text{ K}$ ) ist dabei geachtet worden. Diese wurden in allen untersuchten Räumen, während des Schulbetriebs, eingehalten. Über- oder Unterschreitungen der Grenzwerte traten selten und wenn, dann zu Nacht- oder Ferienzeiten auf. Dennoch soll an dieser Stelle auf eine relevante Abweichung im Raum H022 eingegangen werden.

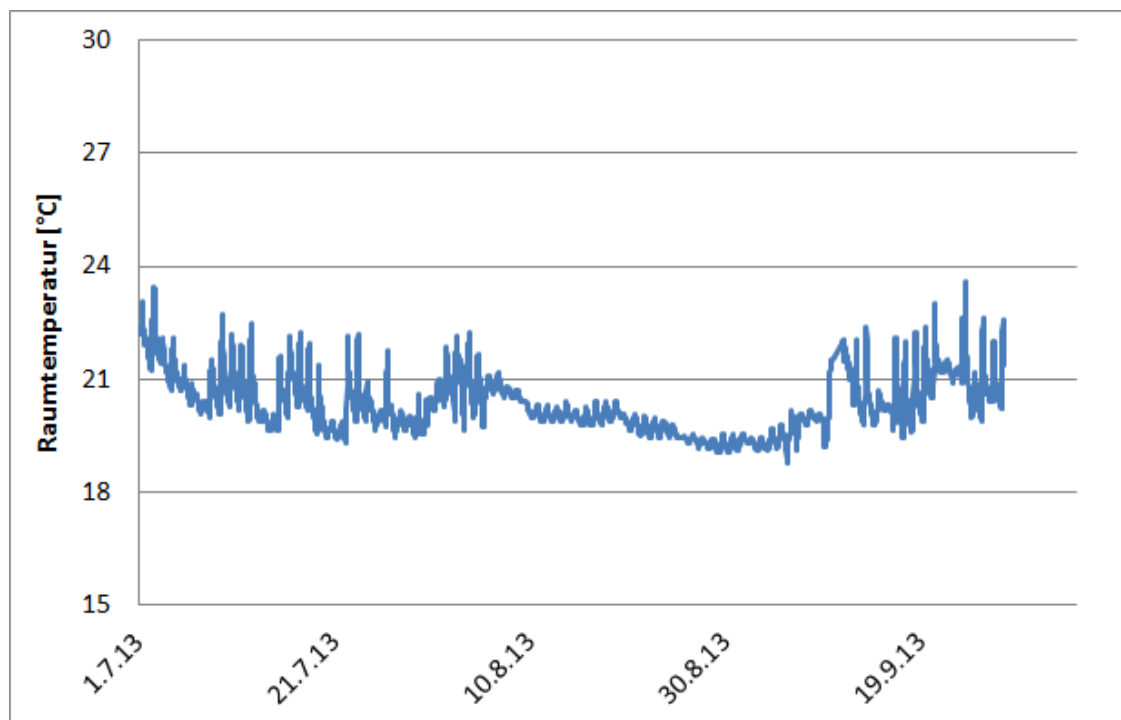


Abbildung 13: Raumtemperatur im Raum H 022

Abbildung 13 zeigt hierzu die gemessenen Raumtemperaturen im dritten Quartal 2013 im Raum H 022. Da es sich hier eigentlich um Sommermonate handelt, sollte das Augenmerk dabei vor allem auf der Einhaltung sommerlicher Temperaturgrenzwerte ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,5 \text{ K}$ ) liegen [7]. Jedoch wurden diese teilweise weit unterschritten, so dass man sogar Anfang September die winterlichen Grenzwerte ( $21^{\circ}\text{C} \pm 1,5 \text{ K}$ ) unterschreitet

[7]. Dies stellt per se noch kein Problem dar, da in diesem Zeitraum Ferienzeit vorherrschte und keinerlei Personen sich nominell in der Schule bzw. im Zimmer befanden. Die vergleichsweise starke Absenkung der Temperatur bei vergleichsweise hohen Außentemperaturen ist mit einer im betrachteten Zeitraum unnötigen aktiven Lüftung/Kühlung des Zimmers zu begründen. Dieses Verhalten der aktiven Kühlung einzelner Klassenräume oder der gesamten Schule in der Ferienzeit auf Grund der hohen Außentemperaturen ist zu vermeiden. Daher wurde empfohlen die GLT und die darin implementierte Kühlungssteuerung so anzupassen, dass in längeren Nichtnutzungszeiträumen, wie z.B. Ferien, keine Kühlung erfolgt. Eine letzte Anpassung der Heiz- und Kühlregelung der einzelnen Räume erfolgte daraufhin abschließend im vierten Quartal 2014.

Weiterhin zeigen die Temperaturmesswerte, aufgrund der Nichtnutzung der Räume in der Ferienzeit, verringerte Temperaturschwankungen (siehe Abbildung 13) aufgrund eines deutlich verringerten Wärmeeintrags (z.B. durch Körperwärme). Dieser Faktor kann im Rahmen der Anlagenregelung z.B. für Lüftung und Kühlung genutzt werden, um automatisch einen zusätzlichen Betriebsmodus „Ferien“ zu erkennen. Dadurch können außerdem Steuerungseingriffe verringert und System-Standby-Zeiten erhöht werden.

### 3.2.4 Relative Luftfeuchte

Neben der Raumtemperatur spielt die Luftqualität eine entscheidende Rolle für die Bewertung der Behaglichkeit der untersuchten Räume. Diese wird maßgeblich durch die Luftfeuchte und die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Raum bestimmt. Eine stark verringerte Luftfeuchte führt zu körperlichen Unbehagen, eine stark erhöhte, relative Luftfeuchte wird von den Schülern ebenfalls als unangenehm empfunden. Daher wird laut [7] eine Mindestluftfeuchte von 30 % in den einzelnen Räumen des Schulkomplexes angestrebt. Die Einhaltung einer behaglichen, relativen Luftfeuchte im Raum bedarf einer gut funktionierenden Lüftungsanlage.

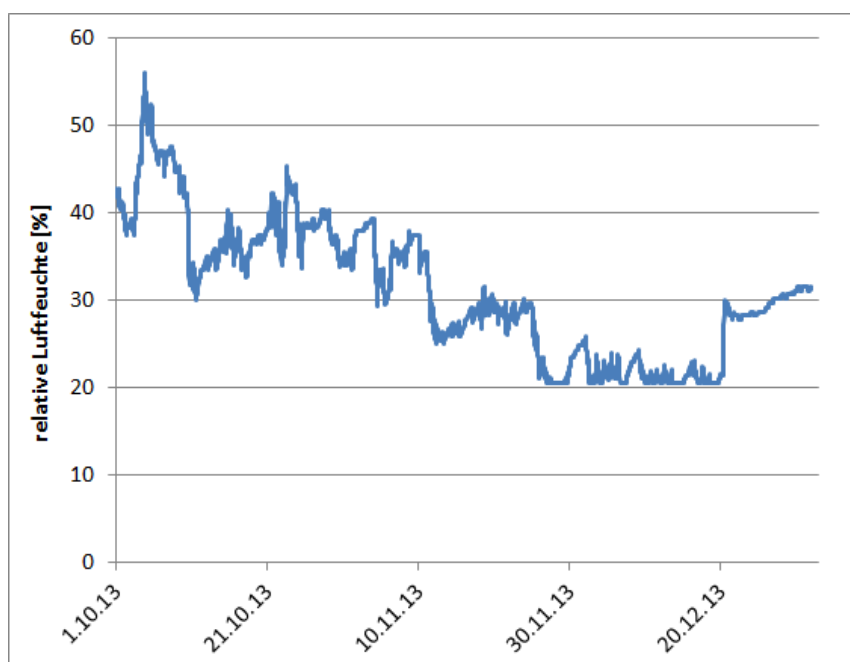


Abbildung 14: Relative Luftfeuchte im Raum H 214

Die Ergebnisse der Untersuchungen ergaben, dass in mehreren Räumen (H214, H201) die Grenzwerte signifikant unterschritten wurden. Das Auftreten sehr niedriger Luftfeuchten wurde dabei ausschließlich in kälteren Zeiträumen, mit geringer absoluter Luftfeuchte der Außentemperatur, festgestellt. In den anderen Räumen wurden keine derartigen Abweichungen festgestellt.

Abbildung 14 zeigt den Verlauf der gemessenen relativen Luftfeuchte im 4. Quartal 2013 für den Raum H 214. Auffällig ist hier vor allem, dass ab Ende November 2013 bis zum letzten Schultag am 20.12.2013 die angestrebte minimale relative Luftfeuchte von 30 % teilweise deutlich unterschritten wurde. Es zeigt sich auch, dass dabei teilweise ein konstantes Minimalniveau von knapp über 20 % erreicht wurde. Diesbezüglich wurde zunächst erörtert, ob hier der entsprechende Sensor falsche Messwerte lieferte oder ob durch die Regelung der Lüftungsanlage die Luftfeuchtigkeit tatsächlich auf ein derart tiefes Niveau abgesenkt wurde. Wie für das 4. Quartal 2013 [16] aufgezeigt, kam es auch im 1. Quartal 2014 oftmals zu signifikanten Unterschreitungen der zuvor beschriebenen Grenzwerte.

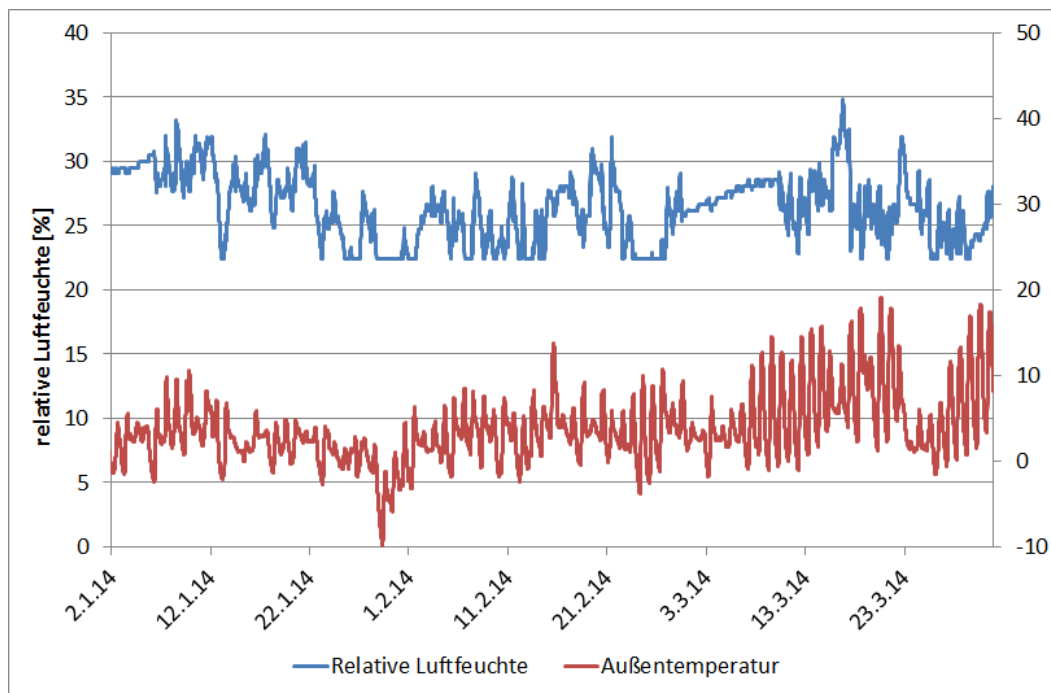


Abbildung 15: Relative Luftfeuchte im Raum H201 im Vergleich zur Außentemperatur

Es wurde festgestellt, dass die verwendeten CO<sub>2</sub>-Sensoren augenscheinlich ein Minimalniveau erreichen. Diesbezüglich wurde, wie bereits in [16] angemahnt, eine Überprüfung, ob die verwendeten Sensoren neu zu kalibrieren oder gegebenenfalls auszutauschen sind, angeraten. Damit sollte gesichert werden, dass auch zu Zeiten niedrigster Luftfeuchten richtige Werte gemessen werden konnten.

Abbildung 16 zeigt den Verlauf der gemessenen relativen Luftfeuchte im 2. Quartal 2014 für den Raum F 111 im Vergleich zur aktuell gemessenen Außentemperatur. Ausgehend von den Messergebnissen der Räume H 201 und H 214 kam es zum Anfang des betrachteten Quartals zu kleineren Unterschreitungen der zuvor beschriebenen Grenzwerte. Diese sind aufgrund der geringen Nutzung des Raumes nicht als kritisch zu

betrachten, gaben jedoch weitere Anhaltspunkte dafür, dass die Betriebsweise der Lüftungsanlage in Verbindung mit der Beheizung des Gymnasiums genauer zu untersuchen war.

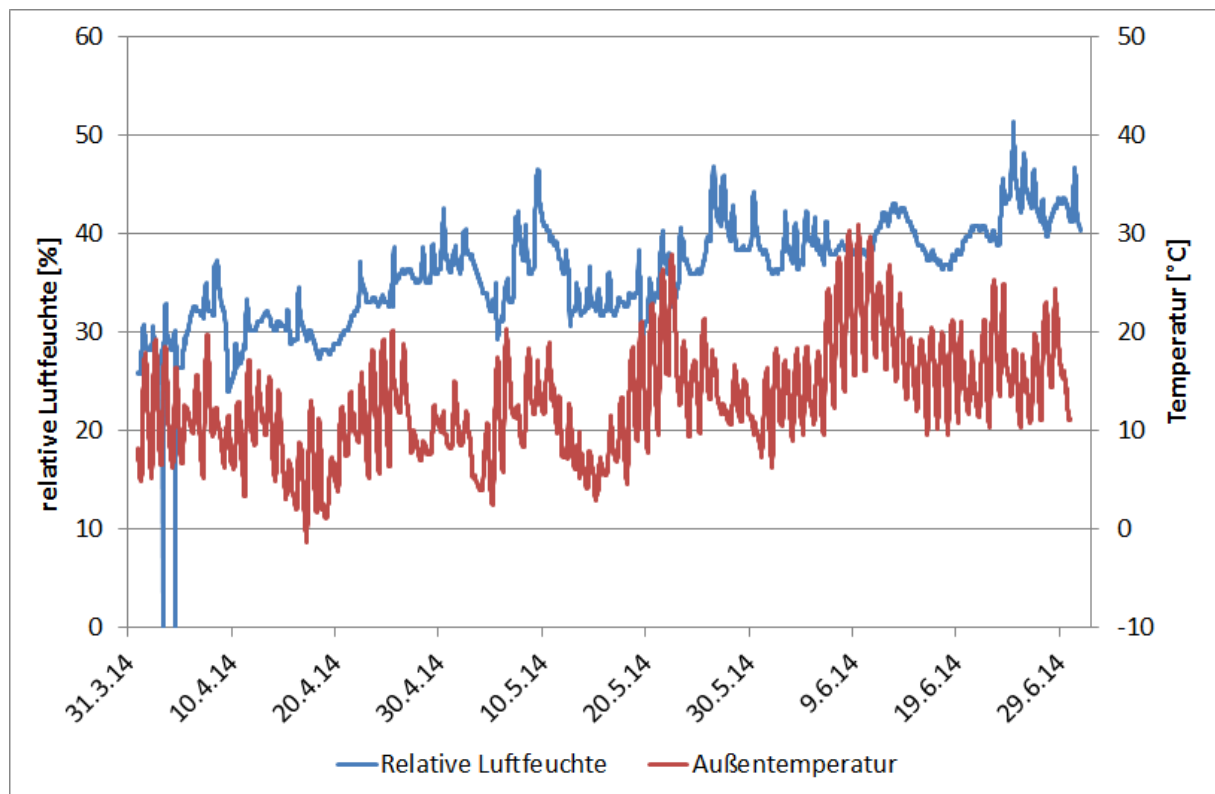


Abbildung 16: Relative Luftfeuchte im Raum F111 im Vergleich zur Außentemperatur

### 3.2.5 CO<sub>2</sub>-Konzentration

Die Raumluftqualität der untersuchten Räume wurde anhand der gemessenen CO<sub>2</sub>-Konzentration analysiert. Als normativer Grenzwert wurde in [7] eine CO<sub>2</sub>-Konzentration von 1500 ppm festgelegt.

Wie zu erwarten, stieg die Konzentration an Schultagen gegenüber einem Minimum-Level (vgl. Außenluft) stark an. An Tagen, an denen der Raum nicht genutzt wurde, sank der Wert schnell auf das Minimum ab, was durch die konstante Raumlüftung hervorgerufen wurde. Diese wurde während des normalen Schulalltags nicht erreicht. Lediglich zum Beginn der Schulzeit, nach den Ferien, war in einigen Räumen ein Überschwingen der CO<sub>2</sub>-Konzentration über den Grenzwert zu erkennen. Das erklärte sich mit der Reaktionszeit der Lüftungssteuerung und das Umschalten des Betriebsmodus von „Ferien“ zu „Schulzeit“.

Generell zu bemängeln war die Kalibrierung der verbauten CO<sub>2</sub>-Sensoren. Diese zeigten in mehreren Räumen und unterschiedlichen Zeiträume minimale Messwerte von ca. 170 – 285 ppm an. In [11] wird eindeutig dargestellt, dass sich der Tagesmittelwert der CO<sub>2</sub>-Konzentration mittlerweile im Bereich von ca. 400 ppm bewegt. Das heißt, dass minimale Werte nur durch technische Luftreinigung zu erreichen wären und nicht der Realität entsprachen. Daher wurde zwingend empfohlen die CO<sub>2</sub>-Sensoren der GLT neu zu kalibrieren, da ansonsten fehlerhafte Werte für die Lüftungssteuerung verwendet werden

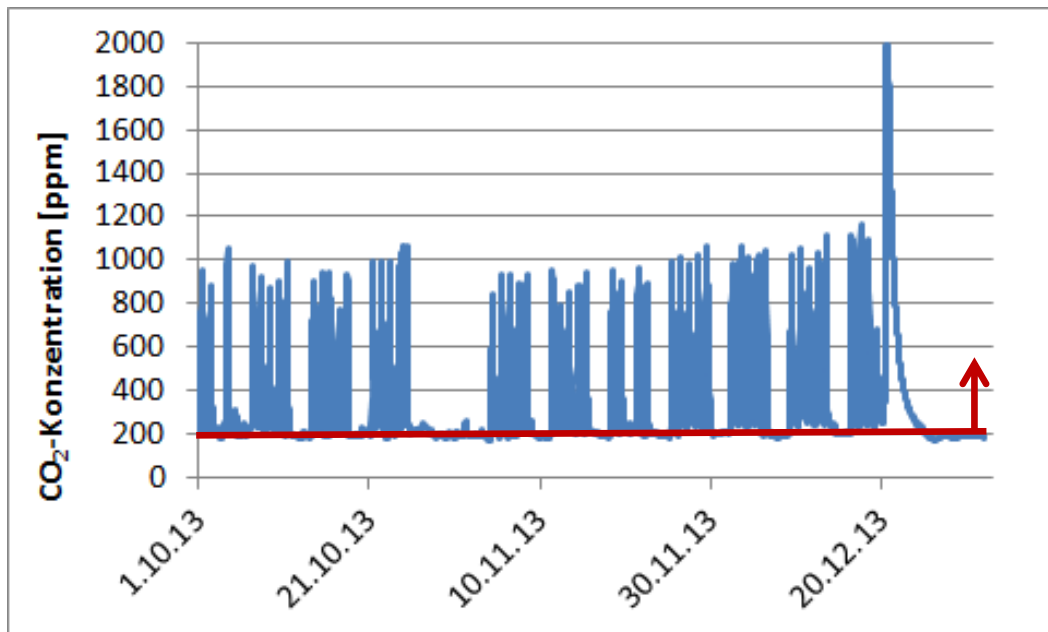


Abbildung 17: CO<sub>2</sub>-Konzentration im Raum H 214

und hohe zusätzliche Energieverbräuche durch die Lüftung entstehen. Bezüglich der gemessenen Konzentrationswerte ist anzunehmen, dass diese tatsächlich ca. 200-400 ppm höher liegen als gemessen. Vereinzelt Konzentrationsanstiege (Beispiel: Abbildung 17) sind auf ein verfrühtes Herunterfahren der Lüftungsanlagen zurückzuführen gewesen.

### 3.3 Auffälligkeiten zum Sensorverhalten

Die Kalibrierung der Sensorwerte (Untere Grenzwerte) der verbauten CO<sub>2</sub>-Sensoren wurde bereits in Abschnitt 3.2.5 für nahezu alle gemonitorten Räume bemängelt. Daher wurde in [23] ausgeführt, dass durch die betroffene Firma eine Überprüfung und ggf. ein Tausch der entsprechenden Sensoren im aktuell zu untersuchenden Quartal vorgenommen wird. Laut Informationen der Firma Kettner & Baur vom 07.01.2015 ist dies anteilig für die Sensoren in den Räumen F 005, H 220 Ende Oktober 2014 und in den Räumen F 107, H 001, H 121 und H 136 Mitte Oktober 2014 erfolgt.

Abbildung 18 zeigt den gemessenen Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration der Ende Oktober 2014 gewechselten Sensoren in den Räumen H 001, H 220 und H 136. Der Wechselzeitraum ist deutlich durch einen kurzen Ausfall des Sensorwertes zu erkennen. Die Messwerte der Sensoren H 001 und H 136 haben sich nach dem Sensorwechsel deutlich verbessert, jedoch weisen minimale Messwerte von ca. 370 ppm immer noch darauf hin, dass eine falsche Kalibrierung oder eine fehlerhafte Auswertung der Sensorwerte vorliegen muss. Beim den Sensor H 220 sind auch nach dem Tausch keine Änderungen zu erkennen, dessen Messwerte bewegen sich im gesamten Quartal im Bereich der neuen Messwerte der anderen beiden Sensoren.

Sowohl die Messwerte der CO<sub>2</sub>-Konzentration für andere, stellvertretend im Rahmen des Monitorings untersuchten Räume als auch die Messwerte anderer, zufällig ausgewählter Räume zeigen mehrheitlich ähnliche Verläufe der minimal gemessenen CO<sub>2</sub>-Konzentration auf.



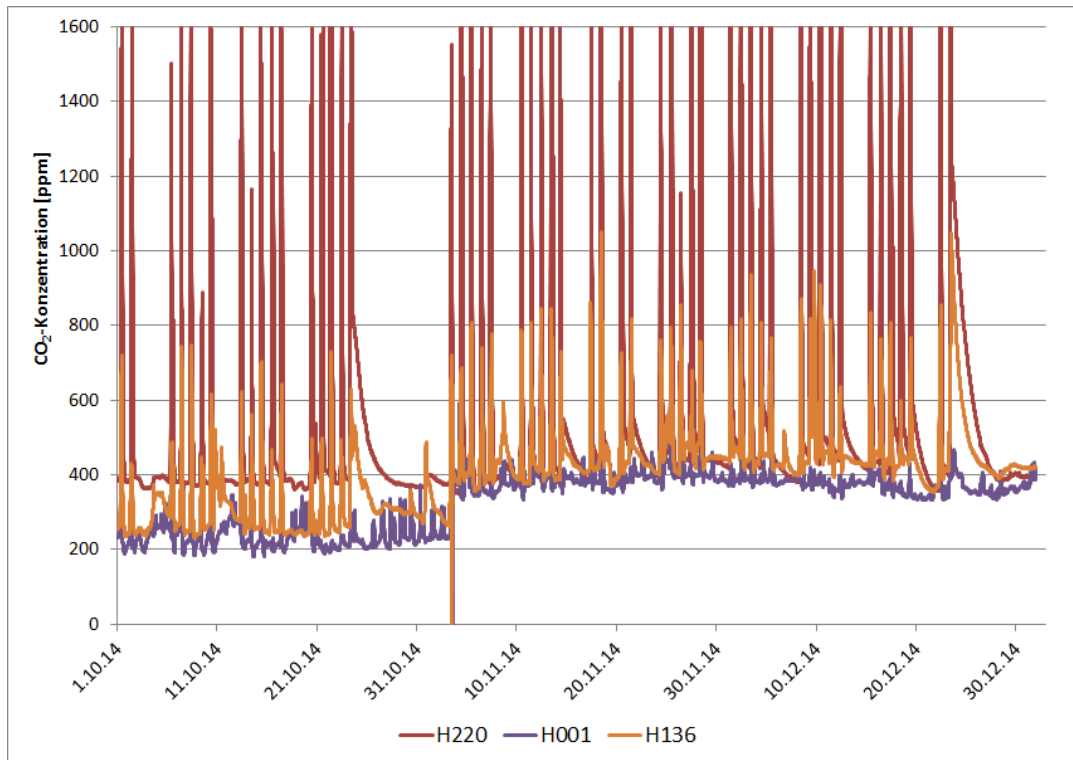


Abbildung 18: Gemessene CO<sub>2</sub>-Konzentration der Sensoren H 001, H 220 und H 136

Daher kann davon ausgegangen werden, dass eine Rekalibrierung aller verbauten CO<sub>2</sub>-Sensoren, wie bei dieser Art Sensor üblich, in kürzeren Intervallen notwendig bleibt (kleiner 1 Jahr). Weitere systematische Fehler in der Messwertaufnahme bzw. der Messwertinterpretation (Messspannung, Leckströme, etc.) sind ebenfalls nicht auszuschließen, sollten jedoch erst nach einer umfassenden Rekalibrierung der Sensoren überprüft werden [30].

Die gemessene relative Luftfeuchte aller betrachteten Räume zeigte ebenfalls Auffälligkeiten durch z.T. deutlich unterschrittene minimale relative Luftfeuchte von 30 % (Abbildung 19). Diesbezüglich blieb zu erörtern, ob die entsprechenden Sensoren falsche Messwerte lieferten oder ob durch die Regelung der Lüftungsanlage die Luftfeuchtigkeit tatsächlich auf ein derart tiefes Niveau abgesenkt wurde.

Ergebnis der Untersuchungen und der Rücksprache mit dem Betreiber war, dass es tatsächlich zu einer deutlichen Unterschreitung der relativen Luftfeuchte in den gemonitorten Räumen kam, die durch geringe Außentemperaturen und geringe absolute Außenluftfeuchten bedingt waren.

Auffällig in Abbildung 19 war jedoch, dass einige Sensoren einen Messwert an der unteren Messgrenze erreichten. Daraus zeigte sich einerseits, dass die verbauten Sensoren u.U. einen zu kleinen Messbereich (untere Messgrenze) besitzen. Andererseits war auffällig, dass diese Messbereichsgrenze bei eigentlich baugleichen Sensoren deutliche unterschiedliche Niveaus erreichte. Diese Unterschiede sind ebenfalls mit teilweise unterschiedlichen Kalibrierungsniveaus zu begründen.

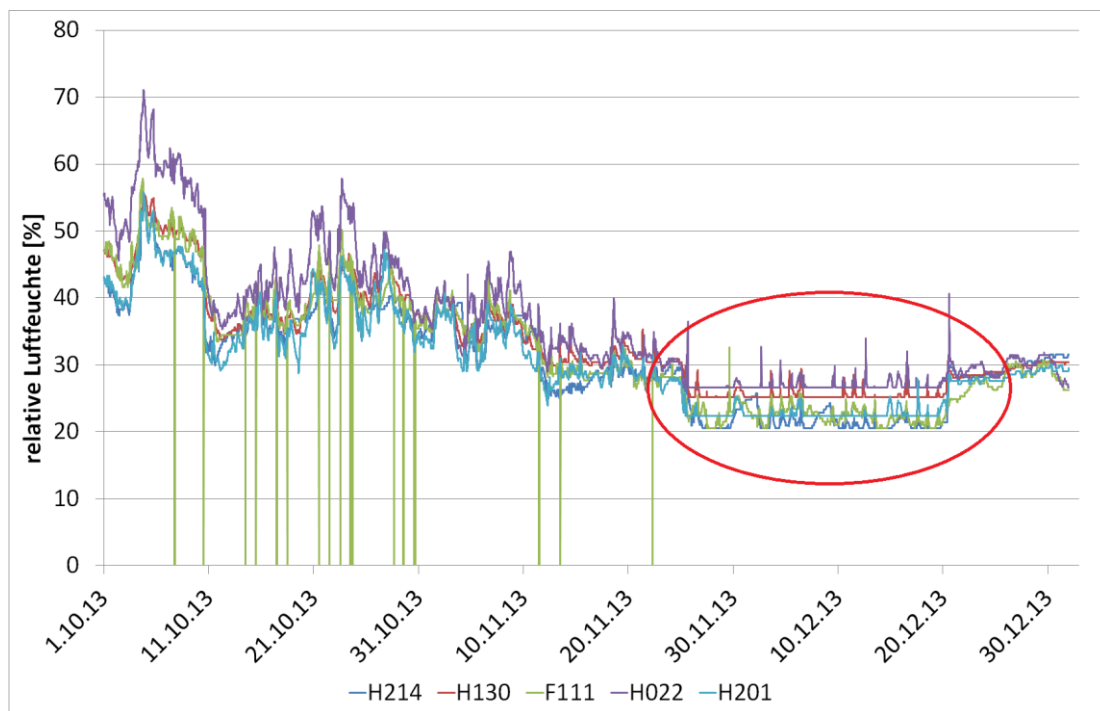


Abbildung 19: Relative Luftfeuchte in allen vermessenen Räumen

Nach Behebung der Ursachen für die zu starke Verminderung der relativen Luftfeuchte waren bei ähnlichen Wetterbedingungen im 4. Quartal 2014 nur noch seltene Unterschreitungen des in [7] gesetzten Minimalwerts der relativen Luftfeuchte zu erkennen. Auch waren dadurch Kalibrierungsdifferenzen nicht mehr abzulesen.

### 3.4 Wetterdatenaufzeichnung

Im Rahmen des zweiten Quartalberichts 2013 [10] wurden erstmalig die verfügbaren GLT-Daten des Gymnasiums Sonthofen ausgewertet. Dabei wurden auch folgende Wetterdaten aufgezeichnet und betrachtet:

- Außentemperatur
- Relative Luftfeuchte
- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit

Diese Daten wurden im Rahmen des Monitorings begutachtet. So sollten weitere Rückschlüsse auf den Anlagenbetrieb und deren Regelung gezogen werden. Die Auswertung der Winddaten ergab keine weiteren Besonderheiten.

Wie jedoch in Abbildung 20 zu erkennen ist, sind die Wetterdaten für Außentemperatur und relative Luftfeuchte zumindest für bestimmte Zeiträume nicht verwendbar. Abbildung 20 zeigt, dass die Daten für die relative Luftfeuchte über den gesamten Aufzeichnungszeitraum, ab 01.01.2011, immer wieder teilweise stark fehlerhafte Größen aufzeigen. Hierbei können sowohl negative Luftfeuchtwerte als auch Werte weit über 100% ausgelesen werden.

Bei den Messergebnissen für die Außentemperatur gab es einen Zeitraum zwischen April 2012 und März 2013, in denen die Temperaturwerte augenscheinlich realen Werten

entsprachen. Davor sind, ähnlich wie bei der Luftfeuchte, fehlerhafte Werte eingetragen. Diese Speicherung fehlerhafter Temperaturwerte setzte erneut im März 2013 ein. Aus diesem Grund waren die Messwerte der GLT für Wetterdaten über den gesamten Berichtszeitraum außer dem separaten Außentemperatursensor der Heizzentrale nicht nutzbar.

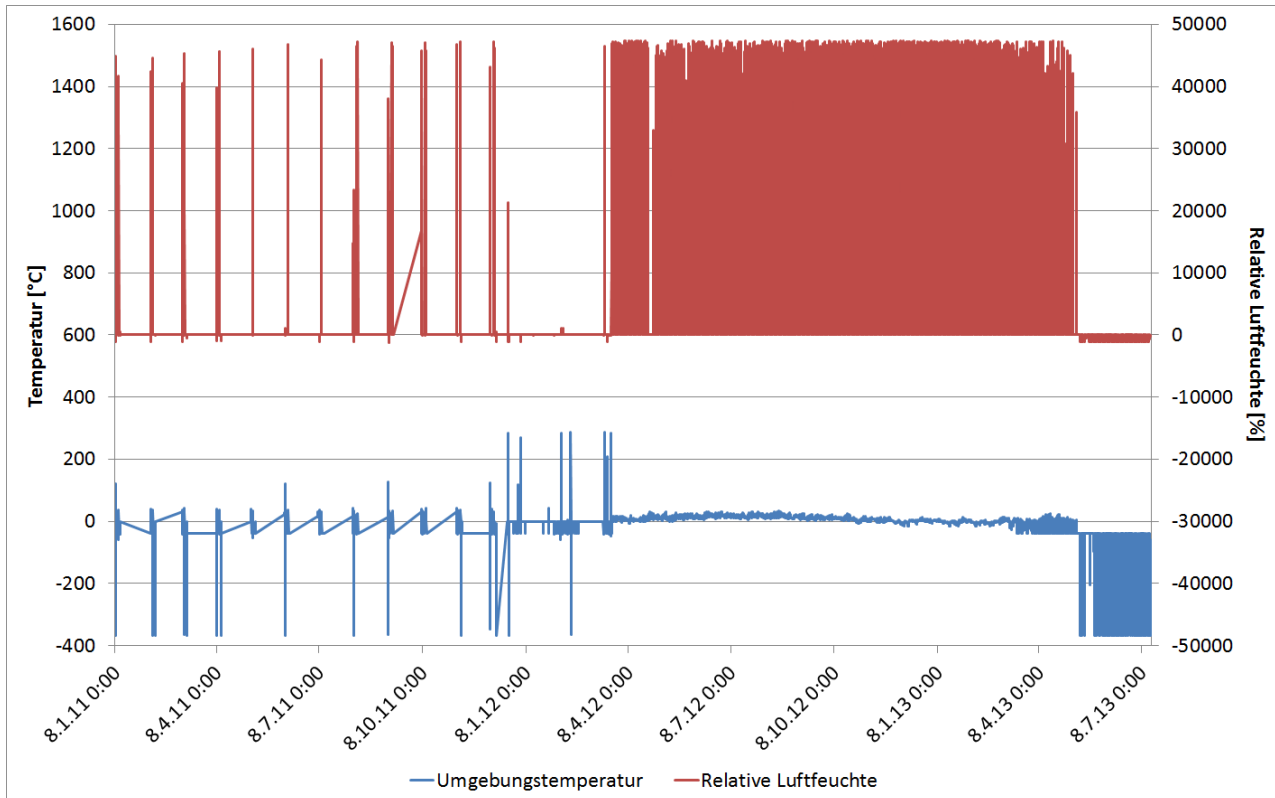


Abbildung 20: Fehlerhafte Temperatur- und Luftfeuchtedaten der Wetterstation

Die geschilderte Problematik kann mit einem Defekt der aufgebauten Wetterstation (z.B. kalte Lötstellen) zusammenhängen. Eine genauere Fehlererörterung konnte durch den Monitorer nicht durchgeführt werden, da die Anlage bereits vor Beginn der Monitoringkampagne durch eine andere Institution verbaut worden war und damit aus Wartungssicht nicht im Zuständigkeitsbereich des Monitorers lag.

Eine Behebung der Fehlerstelle wurde angemahnt. Da eine genaue Auswertung des Heiz- und Kühlverhaltens des Gebäudes sowie der korrekten Funktionsweise des Anlagensystems ohne genaue Umgebungsmesswerte nur bedingt möglich und sinnvoll ist, wurde als Kompromiss der Verwendung externer Wetterdatensätze einschlägiger Anbieter zugestimmt.

## 4 Feststellungen und Maßnahmen der Lüftungsanlage (BA I – BA III)

Der generalsanierte Schulkomplex Gymnasium Sonthofen besitzt eine dreigeteilte Lüftungsanlage für die Steuerung und Einhaltung guter raumklimatischer Verhältnisse sowie zur Raumkühlung bzw. -heizung. Das Anlagensystem verfügt sowohl über eine Wärme- als auch Feuchterückgewinnung. Alle drei Anlagen werden über eine komplexe Gebäudeleittechnik überwacht und gesteuert.

Dieser Teil der Untersuchungen diente dazu, die Funktionsweise der einzelnen Anlagen, deren Effizienz sowie deren Zusammenspiel zu analysieren und zu bewerten. Diesbezüglich wurden in den einzelnen Quartalsberichten Analysen zu den bauabschnittsweise verwendeten Lüftungsanlagenteilen durchgeführt. Besonderes Augenmerk lag dabei vor allem auf möglichen Fehlern in der Regelung, die zu den in den Abschnitten 3.2.5 und 3.3. erläuterten Problemen in der Raumklimatik (CO<sub>2</sub>-Konzentration, Luftfeuchte) geführt haben könnten.

Bezüglich des Elektroenergiebedarfs nimmt die Lüftung aller drei Bauabschnitte des Gymnasiums einen signifikanten Anteil ein (Angaben für betrachtetes Quartal 4, 2013):

- Bauabschnitt I – Fachklassentrakt: 8.559 kWh
- Bauabschnitt II – Klassentrakt Westflügel: 12.202 kWh
- Bauabschnitt III – Klassentrakt Ostflügel: 6.794 kWh

Abbildung 22 zeigt den Verlauf der elektrischen Leistung der Lüftungsanlage des Westflügels des Klassentraktes (BA II) im 4. Quartal 2013. Hierbei ist eindeutig zu erkennen, dass die Lüftung nahezu im gesamten Quartal unter Volllast (ca. 5 kW – 8kW) betrieben wurde. Ein zu erwartendes Absenken der Lüftungsleistung, z.B. am Wochenende, aufgrund bereits verringerter CO<sub>2</sub>-Konzentration fand nur zu Beginn Weihnachtsferienzeit und dort aber bereits vor der Mittagszeit (daher CO<sub>2</sub>-Konzentrationserhöhung am 20.12. – siehe Abbildung 17) statt. Dadurch war auch der erhöhte Elektroenergiebedarf der Lüftungsanlage des betrachteten Bauabschnitts in diesem Quartal zu erklären (vgl. Westflügel 12.202 kWh zu Ostflügel 6.794 kWh).

Zunächst erst einmal sind durch den Anlagenbetreiber alle für die Regelung der Lüftung relevanten Sensoren (CO<sub>2</sub>, Luftfeuchte, Raumtemperatur) auf ihre Funktionstüchtigkeit zu überprüfen gewesen. Hierbei war zu beachten, dass die Lüftung neben der Aufgabe der Wahrung einer behaglichen Raumklimatik in diesem Quartal aufgrund verminderter Heizleistungen der Deckenstrahlplatten zusätzlich die Beheizung der Schulgebäude anteilig übernehmen musste. Diese führte aufgrund des erhöhten Elektroenergiebedarfs der Lüftung und zusätzlicher Lüftungswärmeverluste zu einem deutlich erhöhten Gesamtenergiebedarf.

Dies wird vor allem in Abbildung 21 sichtbar. Hier ist die seitens der gesamten Lüftungsanlage des Gymnasiums (BA I – III) eingeleitete Wärmeleistung aufgezeigt. Die hier installierten Heizregister besitzen laut Plan eine Nennleistung von 70 kW und werden

ohne Befeuchtung betrieben. Es zeigte sich auch, dass die Lüftung des Gymnasiums vor allem im Zeitraum Ende November bis Anfang Dezember 2013 nahezu unter Volllast betrieben wurde.

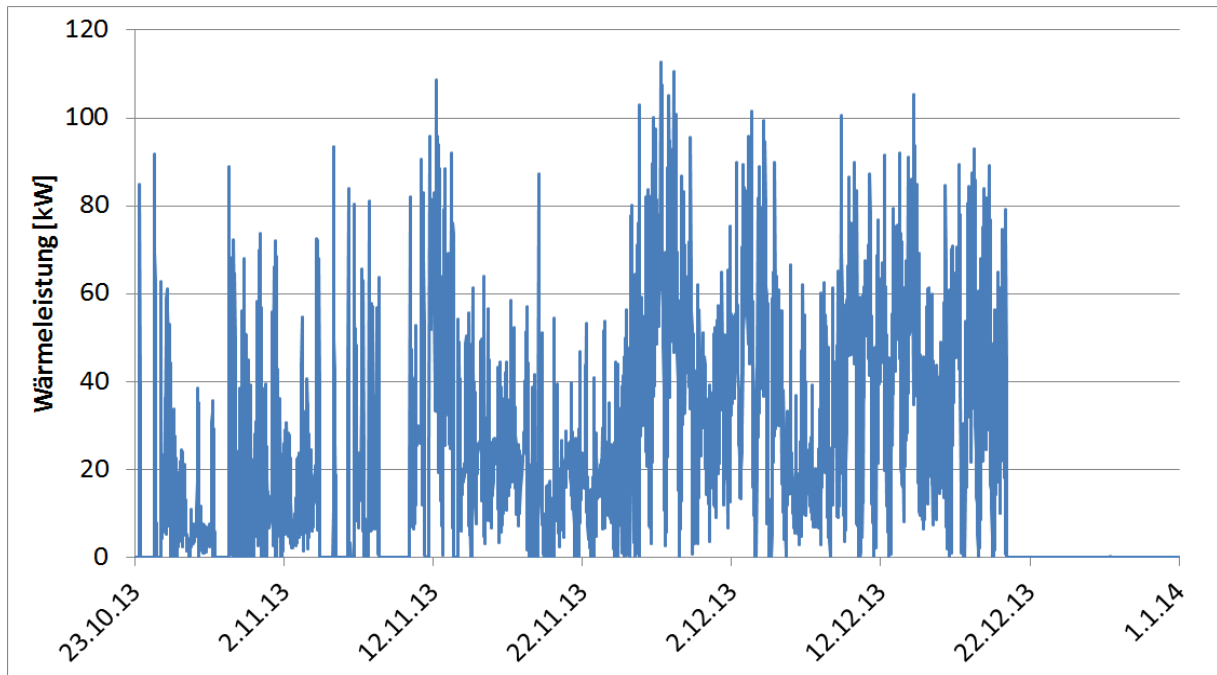


Abbildung 21: Übertragene Wärmeleistung der gesamten Lüftung

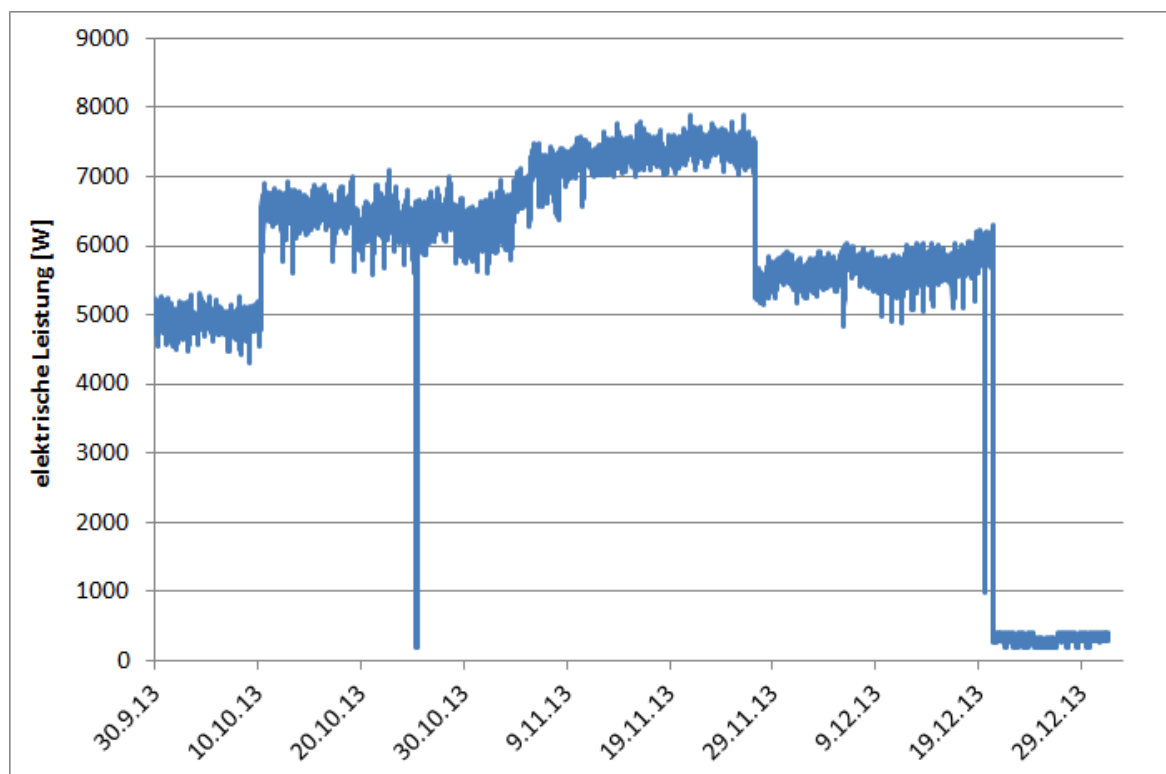


Abbildung 22: Elektrische Leistung Lüftung BA II

## 4.1 Betriebszeiten

Aufgrund der Bedeutung der Lüftungstechnik für den Gesamtelektroenergiebedarf am Gymnasium Sonthofen wurde in [19] noch einmal dezidiert auf die Betriebszeiten der Lüftungsanlagen in allen drei Bauabschnitten eingegangen und existierender Anpassungsbedarf ermittelt. Grundsätzlich konnte dabei vor allem für die Anlagen in BA II und BA III lange Betriebszeiten außerhalb der Schulzeiten festgestellt werden. Die hierfür existierenden Gründe wurden dabei anhand des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Luft sowie dem Heiz- und Kühlbedarf durch die Lüftungsanlage analysiert.

Im Rahmen des seitens des zuständigen Planungsbüros erarbeiteten Maßnahmenplans [20] wurde zugesichert, dass der Lüftungsbetrieb aller drei Anlagen auf die Hauptbetriebszeiten der Schule (07:00 – 17:00 Uhr) eingestellt werden soll. Zusätzlich soll eine Komplettabschaltung der Anlagen zu Wochenend- und Ferienzeiten vorgesehen werden.

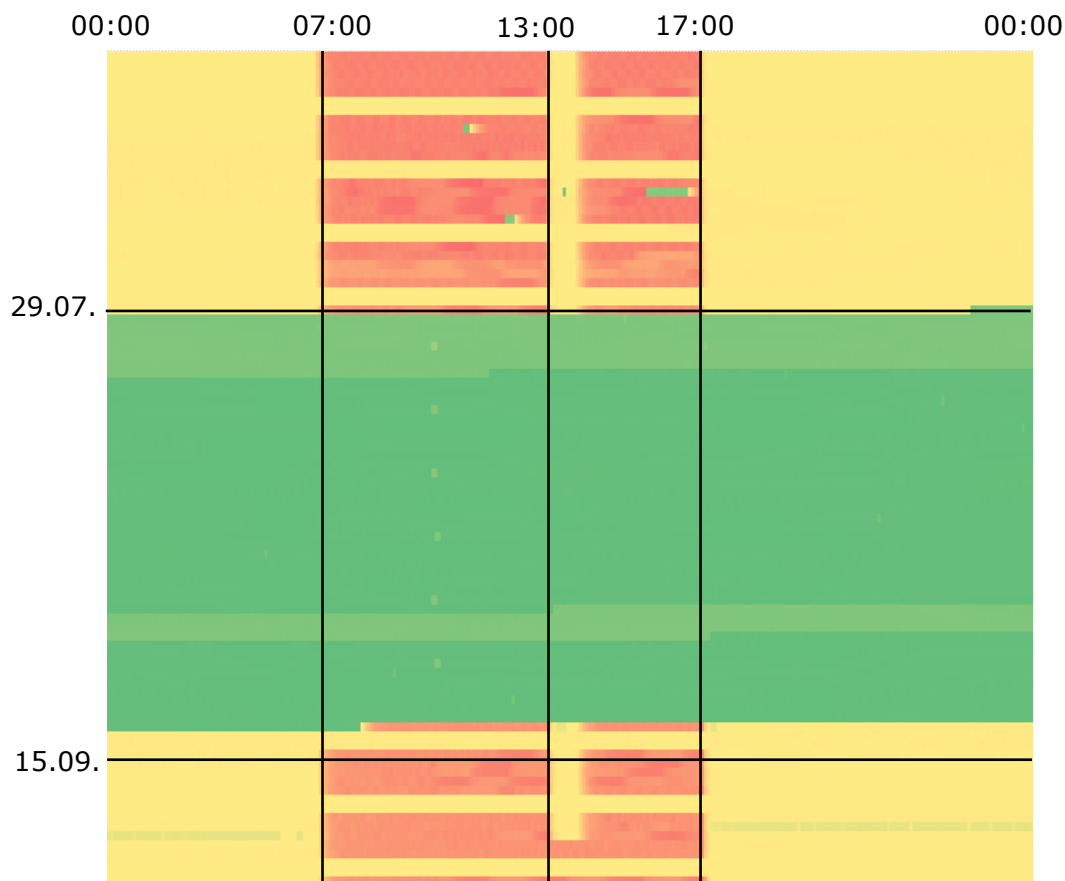


Abbildung 23: Betriebszeiten der Lüftung BA I in Q3 2014

Abbildung 23, Abbildung 25 und Abbildung 24 zeigen den Bedarf der elektrischen Leistung durch die drei Lüftungsanlagen im 3. Quartal 2014 und geben damit aufschluss über die Betriebszeiten der entsprechenden Anlagen. Die Lüftungsanlage im Bauabschnitt I ist bezüglich der Vorgaben [20] bereits, wie auch im 2. Quartal 2014 (vgl. [19]), optimal eingestellt. In den Ferienzeiten erfolgt sogar eine vollständige Absenkung der Lüftungsleistung (grüne Bereiche in Abbildung 23).

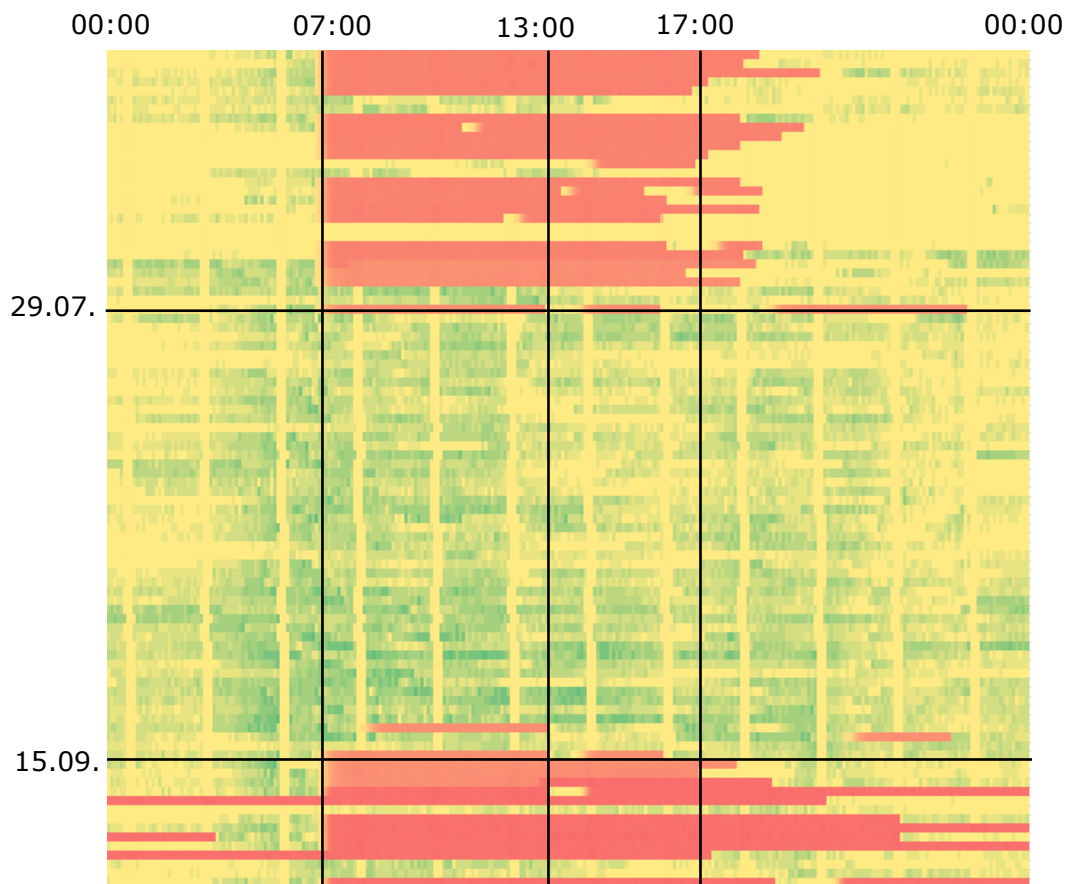


Abbildung 25: Betriebszeiten der Lüftung BA II in Q3 2014

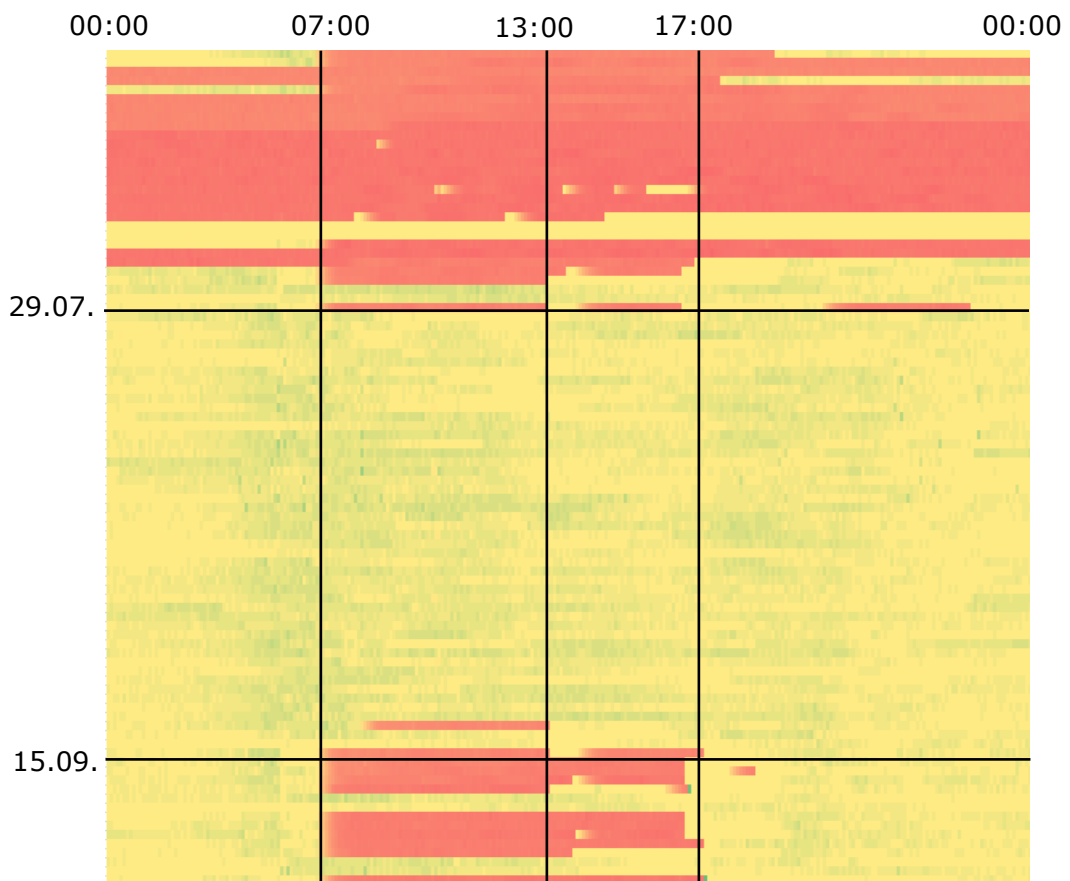


Abbildung 24: Betriebszeiten der Lüftung BA III in Q3 2014

Für den BA II (Abbildung 25) ist aus den Messwerten keinerlei Anpassung des Systems zu erkennen. Die Nachholung der angemahnten Maßnahmen wurde daher diesbezüglich noch einmal wiederholt. Für alle drei Anlagen ist jedoch zu erkennen, dass es bereits eine Wiederinbetriebnahme zum Ende der Ferienzeit am 12.09.2014 gab, obwohl die Ferien bis einschließlich 15.09.2014 terminiert waren. Eine vorfristige Wiederinbetriebnahme ist in Zukunft im Sinne des Energiebedarfs auszuschließen.

Für die Anlage in BA III (vgl. Abbildung 24) ist eindeutig zu erkennen, dass es wie in [20] beschrieben, eine Anpassung der Lüftungsbetriebszeit nach den Ferien gab. Eine vollständige Absenkung des Anlagenbetriebs in der Ferienzeit gab es jedoch nicht.

## 4.2 Nutzung für Heizen / Kühlen

Weiterhin wurde in [19] festgestellt, dass es teilweise an mehreren Tagen dazu kam, dass zunächst durch die Lüftung gekühlt und direkt danach das Schulgebäude wieder geheizt wurde (auch umgekehrt). Dieses Verhalten wurde in [20] jedoch bezüglich der Einstellungen der GLT ausgeschlossen und mit einer Verminderung der Einblastemperatur zur Kompensation innerer Lasten über eine variable Bypass-Regelung begründet. Eine aktive Kühlung sei in diesem Fall softwareseitig gesperrt.

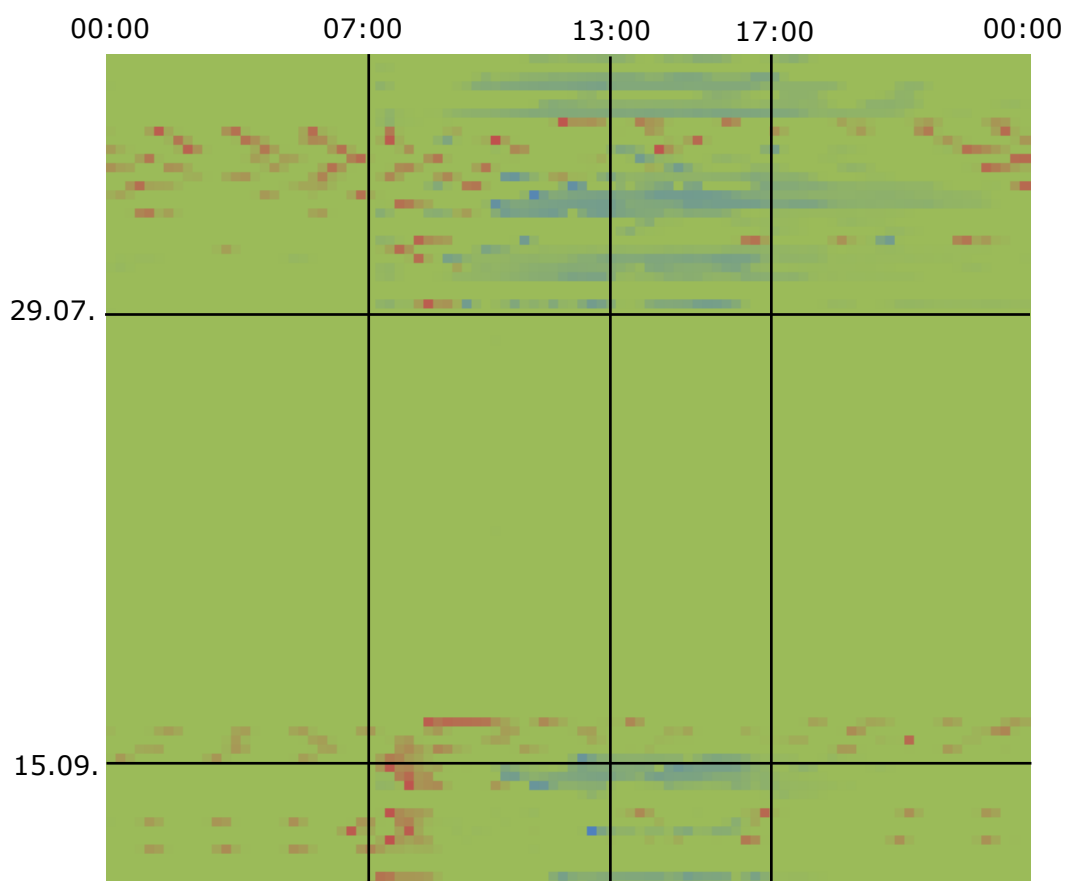


Abbildung 26: Heizen (rot) und Kühlen (blau) durch Lüftungsanlagen in Q3 2014

Abbildung 26 zeigt für das 3. Quartal 2014 die Zeiträume in denen durch die Lüftungsanlage aktiv gekühlt (blaue Bereiche) oder geheizt (rote Bereiche) wurde. Aus Sicht des Monitorers kommt es zum aktiven Kühlen oder Heizen, wenn es zur Zuführung



von Kühl- (Grundwasserpumpe) oder Heizenergie (HT-Bereich) durch das Anlagensystem kommt. Diese Energiezufuhr wurde über den Wärmemengenzähler H45 bzw. Kältemengenzähler K45 gemessen.

Abbildung 26 zeigt die im 3. Quartal 2014 durch die Lüftung in den Fachklassentrakt eingebrachte Wärme- bzw. Kälteleistung. Hierbei zeigte sich zunächst die große Bedeutung der Lüftung für das Kühlen und Heizen des gesamten Gebäudes (Heizleistung bis 80kW und Kühlleistung bis 50kW). Auffällig war, dass vor allem im Sommermonat Juli sowohl Kühl als auch Heizzeiten durch die Lüftung kurzfristig nacheinander auftraten. Die Anpassung dieses Verhaltens wurde angemahnt. Die Regelung ist dabei den Standards einer Passivhausschule anzupassen, so dass nicht zuvor aufgewandte Kühlenergie durch die Lüftung nach außen geführt wird. Dies gilt analog für aufgewandte Heizenergie.

Passives Kühlen ist aus Sicht des Monitorers, wenn lediglich kältere Außenluft in wärmere Räume eingeblasen wird, um z.B. innere Lasten kompensieren zu können (passives Heizen analog). Daher konnte davon ausgegangen werden, dass es einerseits im betrachteten Zeitraum zum aktiven Kühlen kam und andererseits diese aktive Kühlung über die Lüftung auch unmittelbar vor und nach Heizzeiträumen erfolgte.

Im 3. Quartal 2014 kam es zur Nutzung von ca. 2.600 kWh Heiz- und ca. 4.700 kWh Kühlenergie. Es wurde erkannt, dass gerade hier, für einen Schulkomplex im Passivhausstandard größere Einsparpotentiale, bestehen.

### **4.3 Feuchte- und Wärmerückgewinnung**

Ein weiterer, interessanter Untersuchungspunkt bezüglich der Bewertung der Lüftungsanlage für den Fachklassentrakt betraf die erreichte Wärme- bzw. Kälterückgewinnung sowie die Feuchterückgewinnung der Anlage über die entsprechend verbauten Wärmetauscher-Komponenten.

Beispielhaft wird aus Abbildung 27 ersichtlich, dass ein Großteil der aufzubringenden Energie durch Wärmerückgewinnung über die Wärmetauscher erbracht werden kann. Im betrachteten Quartal (Q4/2013) konnte dabei eine Wärmerückgewinnungsquote von 79,9 % und eine Kälterückgewinnungsquote von 95,3 % erreicht werden.

Abbildung 27 zeigt die im vierten Quartal 2013 durch die Lüftung in den Westflügel des Klassentraktes eingebrachte Wärme- bzw. Kälteleistung. Hierbei zeigt sich die große Bedeutung der Lüftung vor allem für das Heizen des gesamten Gebäudes (Heizleistung bis 120kW) in der Übergangs- und Winterzeit. Ein hoher Grad der Wärmerückgewinnung ist sicherzustellen, um zu vermeiden, dass vorher aufgewandte Heizenergie nicht durch die Lüftung im großen Maße wieder nach außen geführt wird (Standards der Passivhausschule).

Laut den Vorgaben aus [7] sollte die verbaute Lüftungsanlage eine Wärmerückgewinnungsrate von 80 % erreichen. Aus ermittelten Mess- und Berechnungsergebnissen konnte als Minimum für die Lüftung des Bauabschnitts II eine Wärmerückgewinnungsrate von 66,4 % bestimmt werden. Es wurden daher Maßnahmen durch den Anlagenbetreiber angeraten, um die fehlenden gut 14 % der

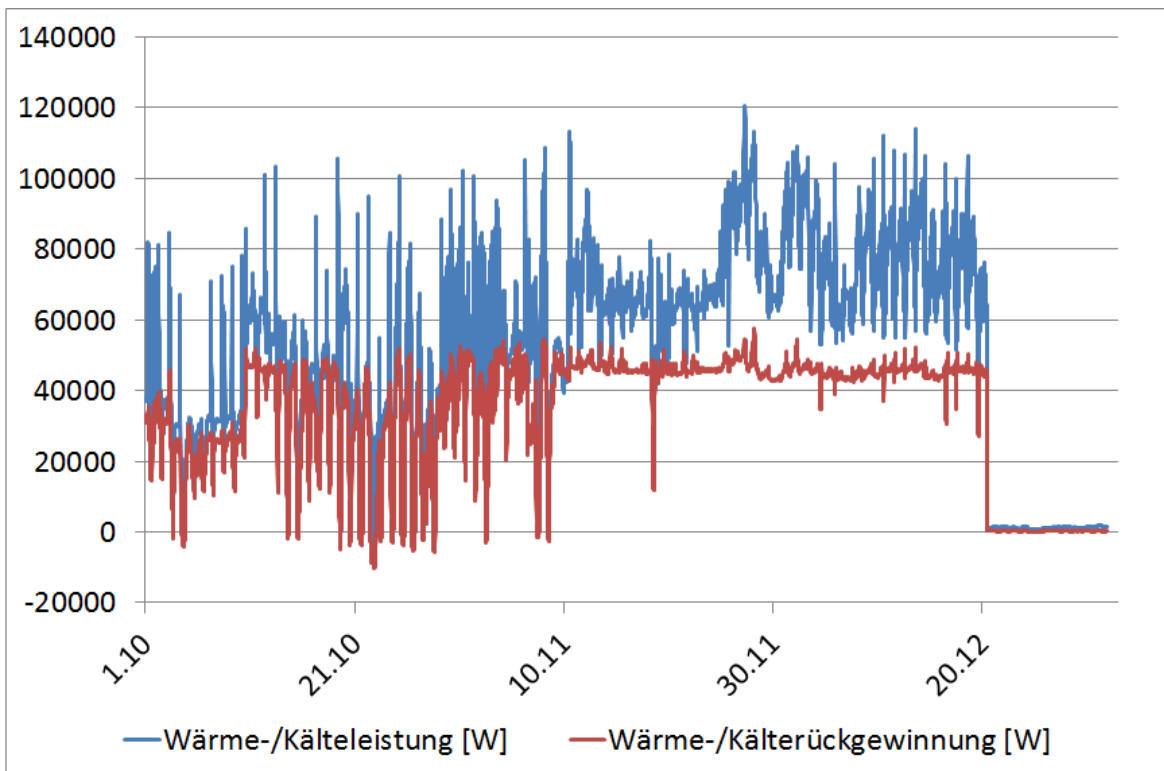


Abbildung 27: Wärme-/Kältezufuhr und Energierückgewinnung der Lüftungsanlage

Wärmerückgewinnung analog zu den anderen Lüftungsanlagen, die die Forderungen aus [7] einhalten, ebenfalls nutzbar zu machen.

Neben der Wärmerückgewinnung galt es im Rahmen des Quartalsberichts ebenfalls die erzielte Feuchterückgewinnungsrate für das untersuchte Lüftungssystem des Bauabschnitts II vor allem vor dem Hintergrund der gemessenen niedrigen relativen Luftfeuchten in den einzelnen Klassenräumen (siehe Abschnitt 3.2.4) zu untersuchen.

Anhand der gemessenen Volumenströme, Lufttemperaturen (siehe Abbildung 28) und relativen Luftfeuchten konnte zum Beispiel für das 4. Quartal 2013 eine Gesamtfeuchterückgewinnungsrate von 94,14 % für die Anlage des BA II errechnet werden. Damit werden die in [7] definierten Anforderungen an das System nahezu erfüllt (Ziel: 95 % Feuchterückgewinnung). Jedoch zeigt auch Abbildung 28 diesbezüglich eine systembedingte Problemstellung auf. Zu Zeiten tiefer Außentemperaturen, gerade dann wann auch die minimalen relativen Luftfeuchten in den einzelnen Klassenräumen festgestellt worden sind (siehe Abbildung 19), konnte die Abluft nicht mehr soweit ausgekühlt werden, dass genügend Feuchte zurückgewonnen werden konnte.

Daher kam es gerade zu diesen Zeiten einerseits zu deutlich verringerten Feuchterückgewinnungsraten und andererseits auch zu deutlich verringerten absoluten Luftfeuchten, die dem Gebäude wieder zugeführt wurden. Dies war ebenfalls eine Begründung für die deutlich verringerten relativen Luftfeuchten in den einzelnen Klassenräumen zum Ende des 4. Quartals 2013. Ohne eine aktive Befeuchtung der Luft sind derartige Problemstellungen jedoch nicht komplett aufzulösen.

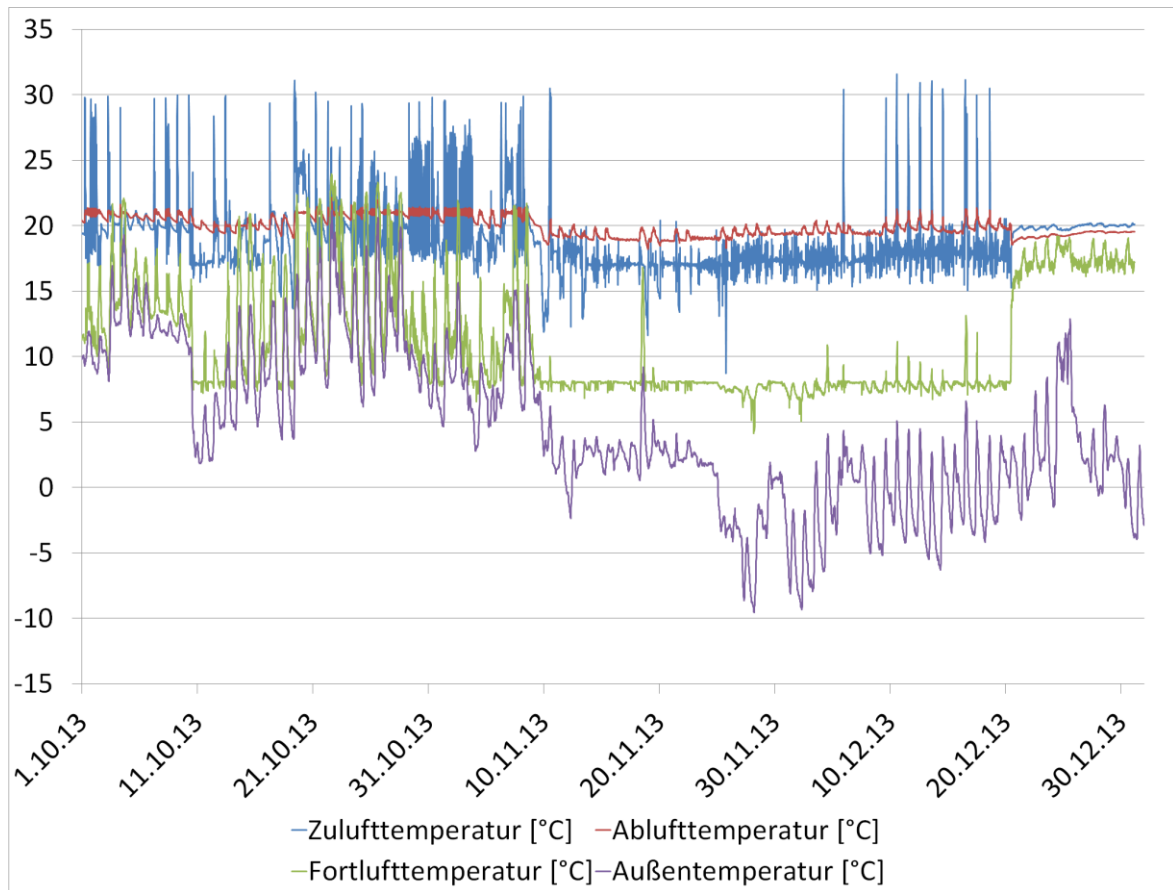


Abbildung 28: Temperaturverhältnisse an und in der Lüftungsanlage

## 5 Feststellungen und Maßnahmen der Kühl- und Kältetechnik

Grundsätzlich besitzt der Anlagenbereich des Kühlsystems vier unterschiedliche Aufgaben:

1. Bereitstellung von Umweltenergie (Wärme) für die Wärmepumpe
2. Bereitstellung von Kühlenergie für die EDV-Räume
3. Bereitstellung von Kühlenergie für die Deckenstrahlplatten (Niedertemperaturbereich)
4. Bereitstellung von Kühlenergie für die Lüftungsanlagen

Die benötigte Wärme und Kälte wird dabei über eine Brunnenpumpe aus einem Grundwasserbrunnen zur Verfügung gestellt. Das Heiz- bzw. Kühlmittel (Wasser) wird über entsprechende Verteilerschienen an einen Heizkreis (Primärkreislauf Wärmepumpe und drei Kühlkreisläufe (EDV, Deckenplatten, Lüftung) weitergegeben. Abbildung 29 zeigt die Vorlauf- und Rücklauftemperaturen im Grundwasserbrunnenkreislauf im betrachteten Quartal (Q3/2014).

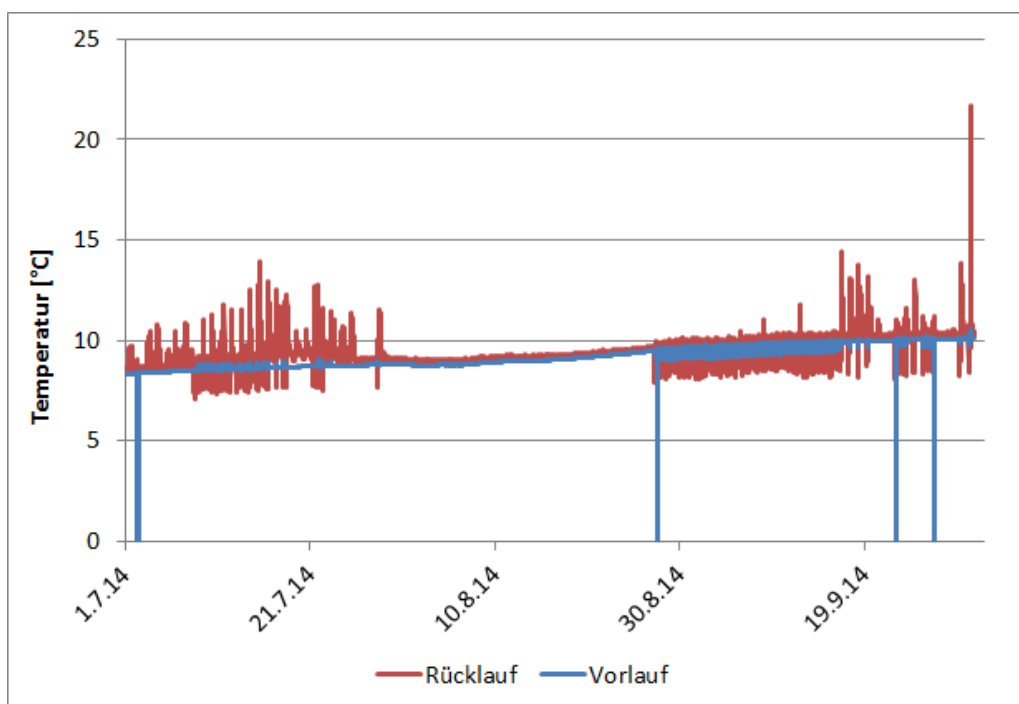


Abbildung 29: Vorlauf- und Rücklauftemperatur im Grundwasserbrunnenkreislauf

Im betrachteten Sommerquartal übernahm die Grundwasserpumpe sowohl Heiz- als auch Kühlaufgaben. Die nahezu konstante Vorlauftemperatur von 8°C – 10°C entsprach dabei den Grundwassertemperaturen in der Brunnentiefe von ca. 16 m. Im gleichen Zeitraum des Vorjahres herrschten ähnliche Temperaturverhältnisse. Daher ist davon auszugehen, dass es keine zu hohe Auskühlung des Bodens über die Winterzeit gegeben hat.

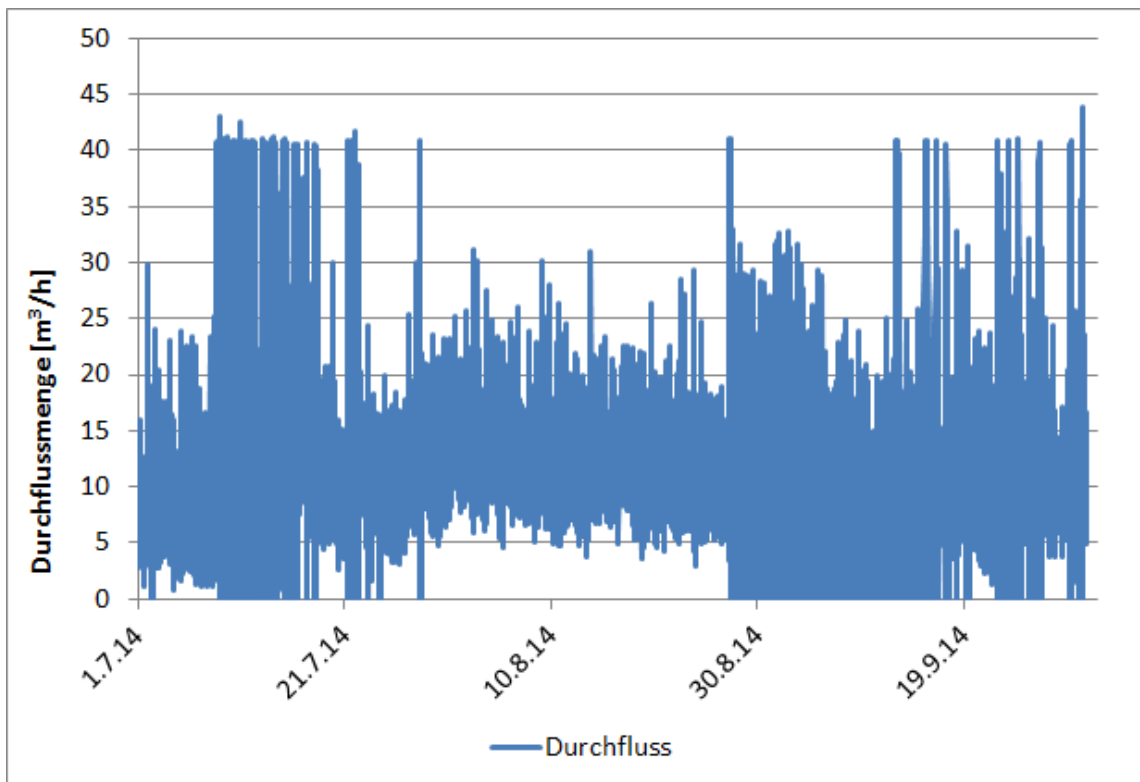


Abbildung 30: Durchflussmenge der Grundwasserbrunnenpumpe

Temperaturspreizung und Durchflussmenge (vgl. Abbildung 29 und Abbildung 30) befanden sich im Auslegungsbereich (6 K, 43,2 m<sup>3</sup>/h). Anzumerken waren einerseits die sporadischen Sensorfehler bei der Temperaturmessung sowie die Ende September kurzfristig auftretende hohe Rücklauftemperatur von über 20°C. Hierbei handelte es sich wahrscheinlich um eine kurzfristig, unzureichende Entkopplung von Heiz- und Kühlkreislauf der Deckenstrahlplatten, ein dringend weiter zu beobachtendes Fehlverhalten.

Weiterhin fällt analog zu Abbildung 13 (Raumtemperaturen) auf, dass scheinbar über die gesamten Sommerferien mit der Brunnenpumpe gekühlt wurde, obwohl der Schulkomplex in dieser Zeit nicht genutzt wird. Der Einsatz der Wärmepumpe in diesem Zeitraum und die daraus resultierende Notwendigkeit des Betriebs der Pumpe kann ebenfalls ausgeschlossen werden. Die Regelung der Kühlung des Schulgebäudes und damit der Betrieb der Grundwasserpumpe, vor allem in den Sommerferien, muss in der GLT geprüft werden, um hohe nicht notwendige Energieverbräuche in dieser Zeit zu vermeiden. Maximal ist eine Grundsicherung der Kühlung der EDV-Räume in dieser Zeit zu gewährleisten, diese erfordert jedoch keinen Betrieb der Grundwasserbrunnenpumpe mit 35% der Nennvolumenstromes (vgl. Abbildung 30).

## 5.1 Gleichzeitige Verwendung Heizen / Kühlen

Abbildung 31 zeigt die resultierenden Heiz- und Kühlleistungen, die die Brunnenpumpe an das Gesamtsystem im 3. Quartal 2014 geliefert hat. Wie bereits beschrieben, übernimmt der Grundwasserbrunnen nicht nur bilanziell sowohl Heiz- als auch Kühlaufgaben, sondern liefert an das System teilweise sogar gleichzeitig Heiz- und

Kühlenergie. Dies ist möglich, da die Brunnenwasserpumpe auf der Vorlaufseite Wasser mit einer nahezu konstanten Temperatur (im betrachteten Quartal ca. 8-10°C) liefert. Dieses Wasser wird anlagenseitig entweder ausgekühlt (Heizfall Wärmepumpe) oder erwärmt (Kühlfall). Das gleichzeitige Eintreten von Kühl- und Heizfall wird vor allem zu Zeiten der Nutzung der Wärmepumpe deutlich. Hierbei liefert der Brunnen Heizenergie für den Niedertemperaturbereich (Umweltenergie). Gleichzeitig benötigen die EDV-Räume weiterhin nahezu konstante Kühlenergiemengen (siehe Abbildung 32).

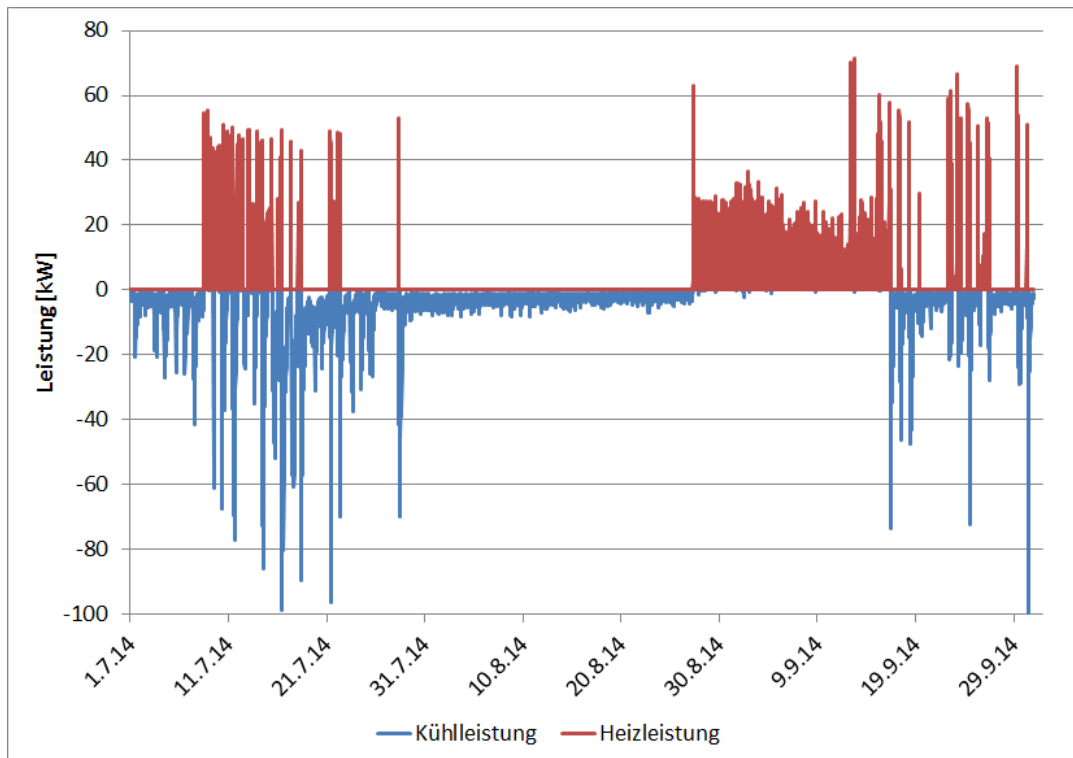


Abbildung 31: Kühl- und Heizleistung der Brunnenpumpe

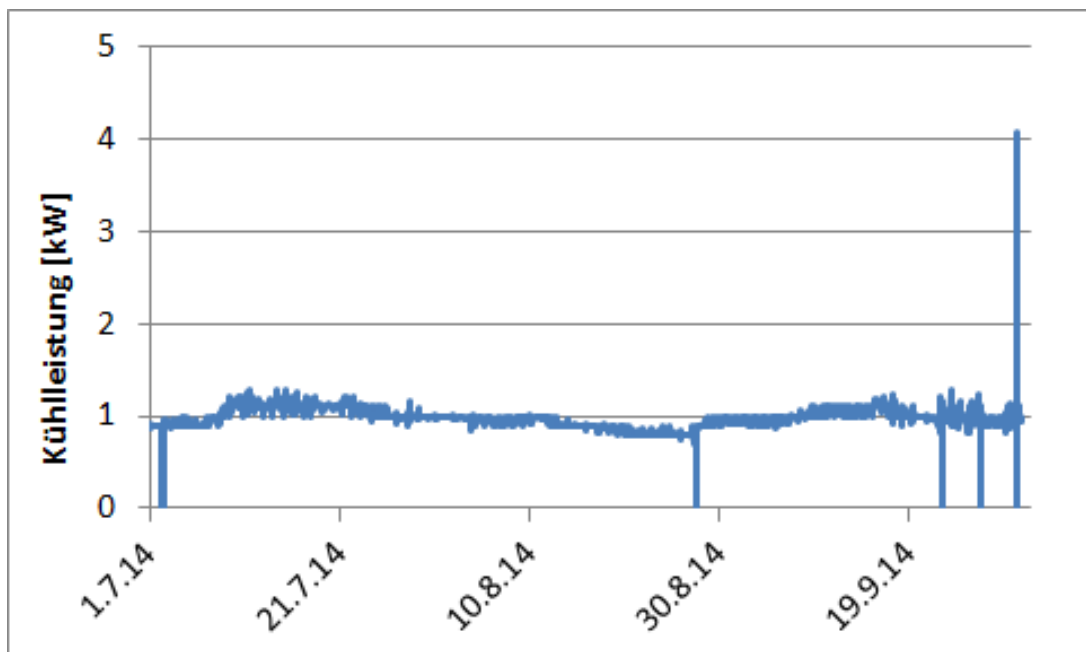


Abbildung 32: Leistung EDV-Kühlkreislauf

## 5.2 Kühlleistung und -energie einzelner Kühlkreisläufe

Abbildung 32 zeigt, dass die EDV-Räume im betrachteten Quartal eine nahezu konstante Kühlleistung von ca. 1 kW benötigten, auch in den Zeiträumen der Zufuhr von Wärmeenergie an die Wärmepumpe (vgl. Abbildung 31). Diese Funktionsweise ist dadurch möglich, da Vor- und Rücklauf des Brunnenkreislaufs hydraulisch voneinander unabhängig sind (Saug- und Schluckbrunnen). Insgesamt wurde der Wärmepumpe durch den Grundwasserbrunnen im 3. Quartal 2014 ca. 9000 kWh (Umwelt-)Wärme zur Verfügung gestellt. Der EDV-Kühlkreislauf entnahm im gleichen Zeitraum ca. 2.300 kWh an Kühlenergie.

Die benötigte Wärme der Wärmepumpe im betrachteten Quartal erwies sich aufgrund der Witterungsverhältnisse als vergleichsweise hoch, da eine Beheizung des Schulgebäudes in diesem Zeitraum nach der Sanierung (Passivhausstandard) größtenteils auszuschließen (Verriegelung) ist. Hierzu wurden im Rahmen weiterer Betrachtungen zum Niedertemperaturbereich (vgl. Abschnitt 6) zusätzliche Maßnahmen angemahnt, die im vierten Quartal 2014 umgesetzt wurden. Auswirkungen dieser Maßnahmen auf den Sommerbetrieb sind jedoch erst im Folgejahr überprüfbar.

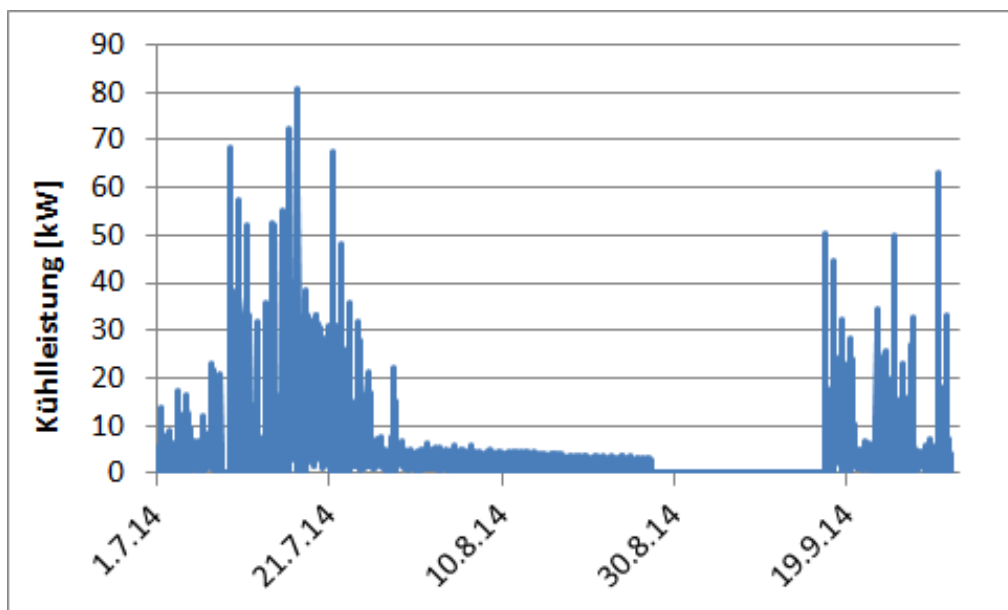


Abbildung 33: Leistung des Deckenstrahlplattenkühlkreislaufs

Abbildung 34 zeigt die Kühlleistung des Deckenstrahlplattenkühlkreislaufs im betrachteten 3. Quartal 2014. Für die Kühlung des Schulgebäudes wurden darin ca. 7.900 kWh Kühlenergie durch die Deckenstrahlplatten übertragen. Dabei kam es zu Spitzenlasten von bis zu 80 kW Kühlleistung. Auffällig bleibt darüber hinaus, dass es in den ersten vier Wochen der Sommerferien weiterhin zu einer Kühlung des Schulgebäudes und der Unterrichtsräume (vgl. Abbildung 30) kam, obwohl dies in diesem Nichtnutzungszeitraum nicht vonnöten war. Ein solcher Betrieb der Kühlanlage ist durch eine adäquate Anpassung der Anlagenregelung in der GLT auszuschließen. Für den Lüftungskühlkreislauf ist eine solche Betriebsweise bereits angemessen umgesetzt worden (vgl. Abbildung 34).

Im Rahmen der aktiven Kühlung der Lüftungsanlagen wurden im 3. Quartal 2014 insgesamt ca. 4.800 kWh Kühlenergie an das Schulgebäude übertragen. Dabei kam es im Kühlkreislauf zu Spitzenlasten von bis zu 90 kW (vgl. Abbildung 34). Die Bereitstellung der Wärme an die Wärmepumpe und der Kühlenergie an die drei Kühlkreisläufe erfolgt über die Grundwasserbrunnenpumpe. Aufgrund dessen, dass es sich hierbei um ein hydraulisch entkoppeltes System handelt, stellt die Grundwasserbrunnenpumpe einen weiteren signifikanten elektrischen Verbraucher im Gesamtsystem dar. Sie verbrauchte im 3. Quartal 2014 eine elektrische Energie von ca. 1.750 kWh.

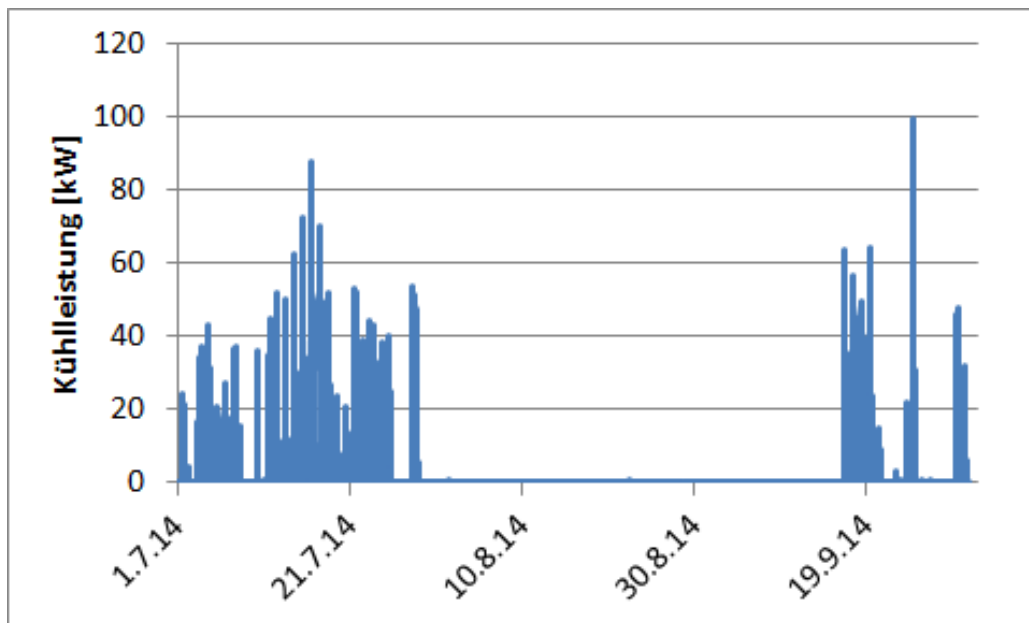


Abbildung 34: Leistung des Lüftungskühlkreislaufes

### 5.3 Betrieb Grundwasserbrunnen

Abbildung 35 zeigt die elektrische Leistungsaufnahme der Grundwasserbrunnenpumpe im 3. Quartal 2014. Zu Spitzenlastzeiten, bei Wärmepumpenbetrieb oder der Kühlung über Lüftung und Deckenstrahlplatten fielen dabei Spitzenleistungen von bis zu 6 kW an. Aufgrund des Grundlastbedarfs des EDV-Kühlkreislaufs wurde die Grundwasserbrunnenpumpe nahezu nicht abgeschaltet und verursachte damit eine elektrische Grundlast von ca. 0,5 kW. Diese elektrische Grundlast ist jedoch bezüglich der erzeugten Durchflussmenge dieser Pumpe (vgl. Abbildung 35) fragwürdig, da diese teilweise auf nahezu 0 abfällt und sehr stark fluktuiert.

Die Problematik des nacheinander Auftretens von Heizen und Kühlen durch die Lüftung in den sanierten Bauabschnitten des Schulgebäudes wurde bereits eingehend diskutiert (vgl. Abschnitt 4.2). Nachfolgend wurde der Wechsel zwischen Heizen und Kühlen noch einmal für den Niedertemperaturbereich und damit für die Deckenstrahlplatten untersucht. Grundsätzlich können die Deckenstrahlplatten hydraulisch zwischen Heiz- und Kühlkreislauf umgeschaltet werden.



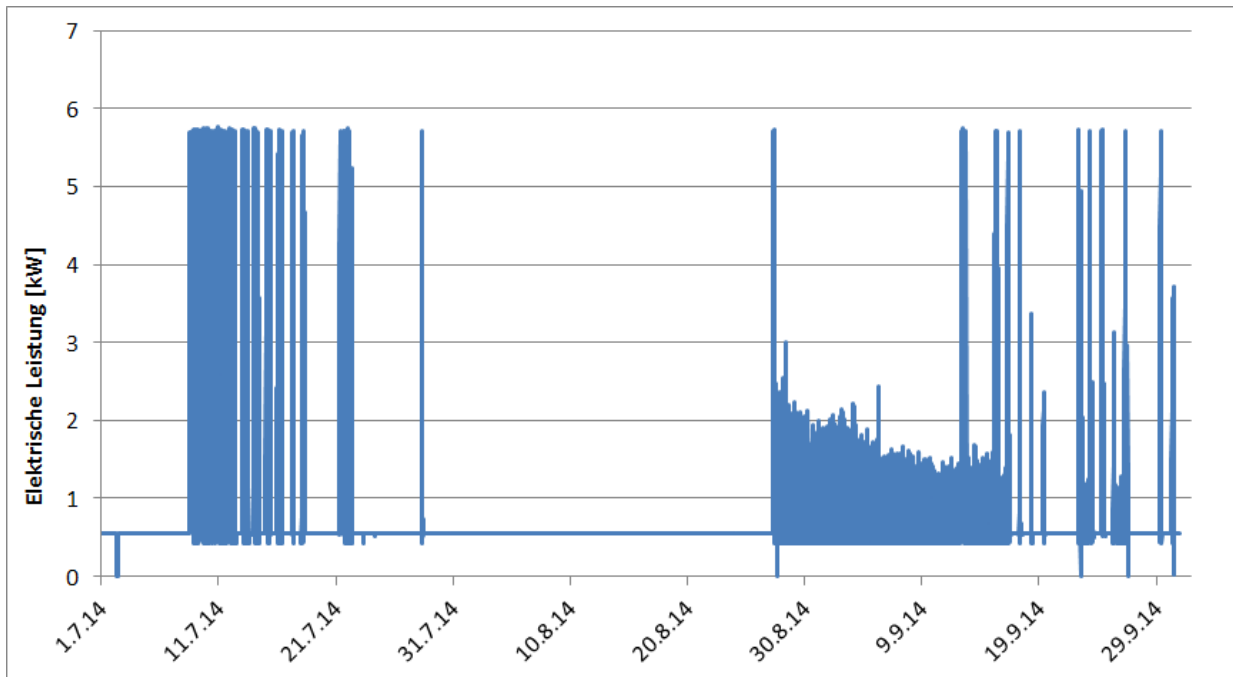


Abbildung 35: Elektrische Leistungsaufnahme der Grundwasserbrunnenpumpe

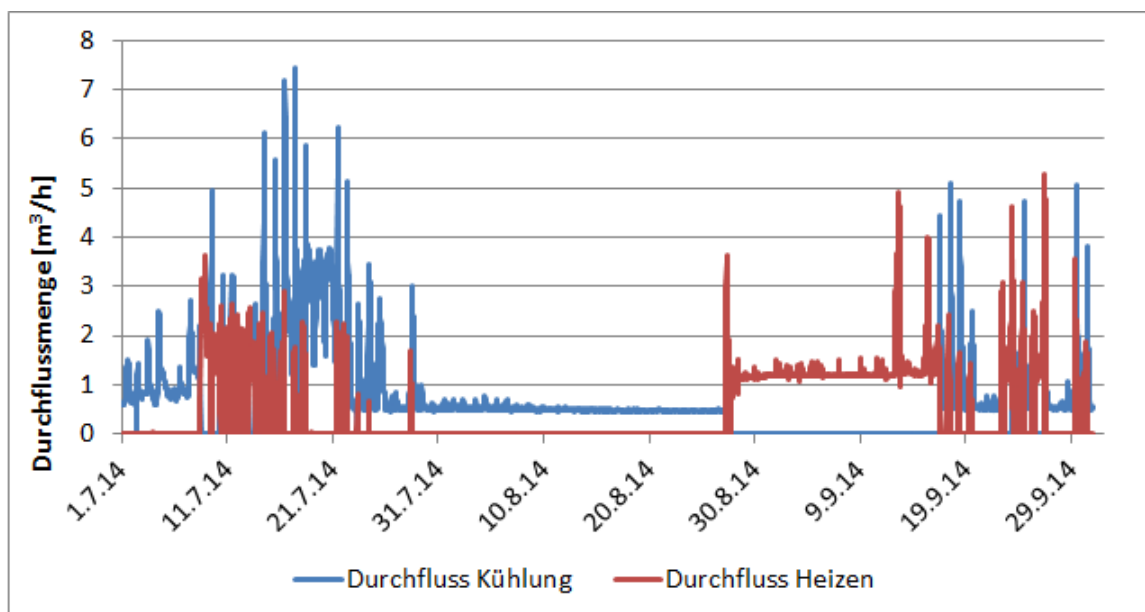


Abbildung 36: Durchflussmenge des Deckenstrahlplattenkreislaufs aus Heiz- und Kühlkreislauf

Abbildung 36 indizierte die Annahme, dass es im Deckenstrahlplattenkreislauf ebenfalls zum engen Aufeinanderfolgen von Heiz- und Kühlvorgängen kam. Neben langen Bereichen, in denen entweder geheizt oder gekühlt wurde, gab es Zeiträume in denen scheinbar beide Vorgänge gleichzeitig auftraten.

Daher wurden in Abbildung 37 besonders kritische Bereiche noch einmal genauer aufgezeigt. Es zeigte sich stellvertretend für alle ähnlichen Zeiträume, dass es zwar nicht zum gleichzeitigen Kühlen und Heizen über die Deckenstrahlplatten kam, jedoch beide Funktionen unmittelbar aufeinander stattfanden. Zeiträume in denen weder gekühlt noch geheizt wurde, waren nahezu nicht zu erkennen gewesen. Genau ein solches Verhalten

würde man jedoch für ein Schulgebäude im Passivhausstandard erwarten, da Veränderungen der Innenraumtemperatur eher träge Prozesse sind. Es erscheint daher, dass die für die Umschaltregelung relevanten Temperaturwerte in der GLT (z.B. Abschalten Heizen und Einschalten Kühlen) zu nah beieinander gewählt wurden.

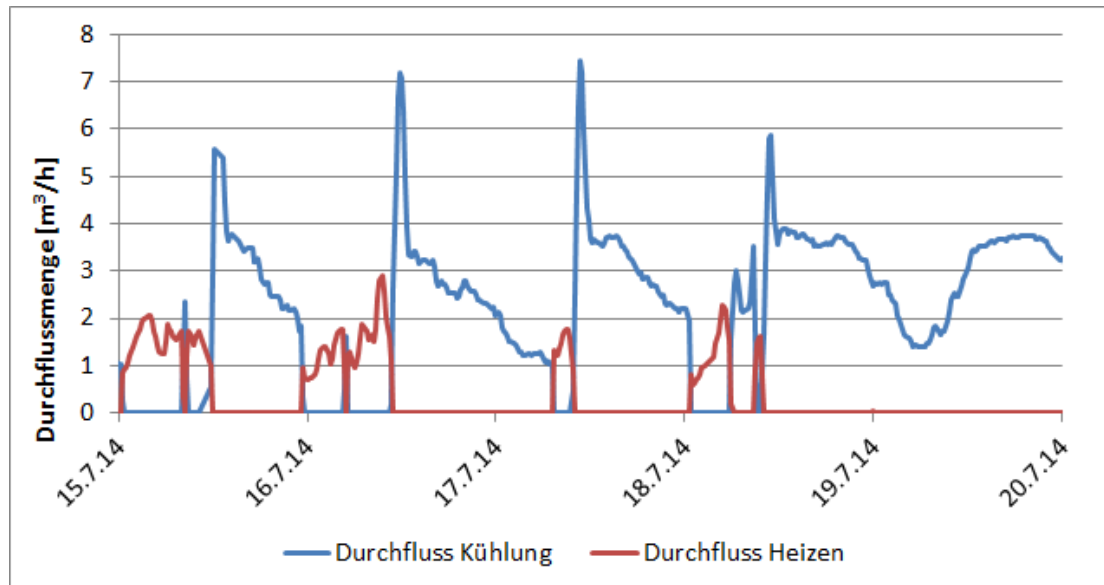


Abbildung 37: Ausschnitt der Aufzeichnung der Durchflussmengen durch die Deckenstrahlplattenkreisläufe

## 5.4 Fazit und Maßnahmenplan für Kühltechnik

Erstmals wurde im dritten Quartal 2014 das Kühlsystem des Schulkomplexes, anhand geeigneter Messwerte, eingehend betrachtet. Dabei wurde festgestellt, dass das Kühlsystem hydraulisch innerhalb der Auslegungsparameter funktioniert und die gestellten Aufgaben (Versorgung Wärmepumpe, EDV, etc.) erfüllt. Jedoch wurde Anpassungsbedarf an der Regelung der Grundwasserbrunnenpumpe (Entstehung elektrische Grundlast ohne resultierenden Volumenstrom) sowie der Umschaltung zwischen Heizen und Kühlen der Deckenstrahlplatten (Definition der Umschalttemperaturen in der GLT) angemahnt.

Anhand der erzielten Ergebnisse konnten folgende Maßnahmen erarbeitet werden, die es vor Ort durch die beteiligten Partner bzw. den Anlagenbetreiber zu untersuchen und zu verbessern galt:

1. Überprüfung und ggf. Austausch der Lüftungskühler-Umwälzpumpen durch geeignete regelbare Systemkomponenten
2. Überprüfung und Anpassung der Heiz- und Kühlregelung für Deckenstrahlplatten und Lüftung (Ein-/Ausschalttemperaturen, etc.)
3. Überprüfung und Anpassung der Regelung der Grundwasserbrunnenpumpe (Grundlastbetrieb ohne resultierenden Volumenstrom)

Anhand des aufgestellten Maßnahmenkatalogs wurden Anpassungen in der Heiz- und Kühlregelung für die einzelnen Schulbereiche in der GLT im Rahmen des 4. Quartals 2014 vorgenommen [23]. Die Auswirkung der Anpassungen auf das Gesamtsystem können

jedoch witterungsbedingt erst im folgenden Sommerzeitraum 2015 nochmal umfassend überprüft werden.

## 6 Feststellungen und Maßnahmen im Niedrigtemperaturbereich

Ein weiterer Fokus des Monitorings lag aufgrund der Systemkomplexität und des verbauten kombinierten Hoch- und Niedertemperatursystems auf der Untersuchung des Anlagenverhaltens im Niedertemperaturbereich. Hauptuntersuchungszeitraum war dabei zwischen Spätherbst 2013 und Frühlingsbeginn 2014.

### 6.1 Betrieb der Wärmepumpe und des Niedertemperaturspeichers

Der Niedertemperaturbereich des Heizsystems am Gymnasium Sonthofen wird hauptsächlich durch eine 70 kW Sole-Wärmepumpe mit zwei Verdichtern gespeist [15]. Aufgrund des nominell benötigten Temperaturniveaus (35°C/30°C) ist eine derartige Anlage auch geradezu dafür prädestiniert die Wärme für das generalsanierte Gebäude des Gymnasiums (Fachklassentrakt, Klassentrakt) mit hoher Effizienz, d.h. einem hohen COP, bereit zu stellen.

Weiterhin gehören zum Niedertemperatursystem ein Laufzeitverlängerungsspeicher (2000 l) sowie ein dreigleisiges System von Deckenstrahlplatten (Fachklassentrakt, Ost- und Westflügel Klassentrakt), die direkt aus diesem Speicher gespeist werden. Darüber

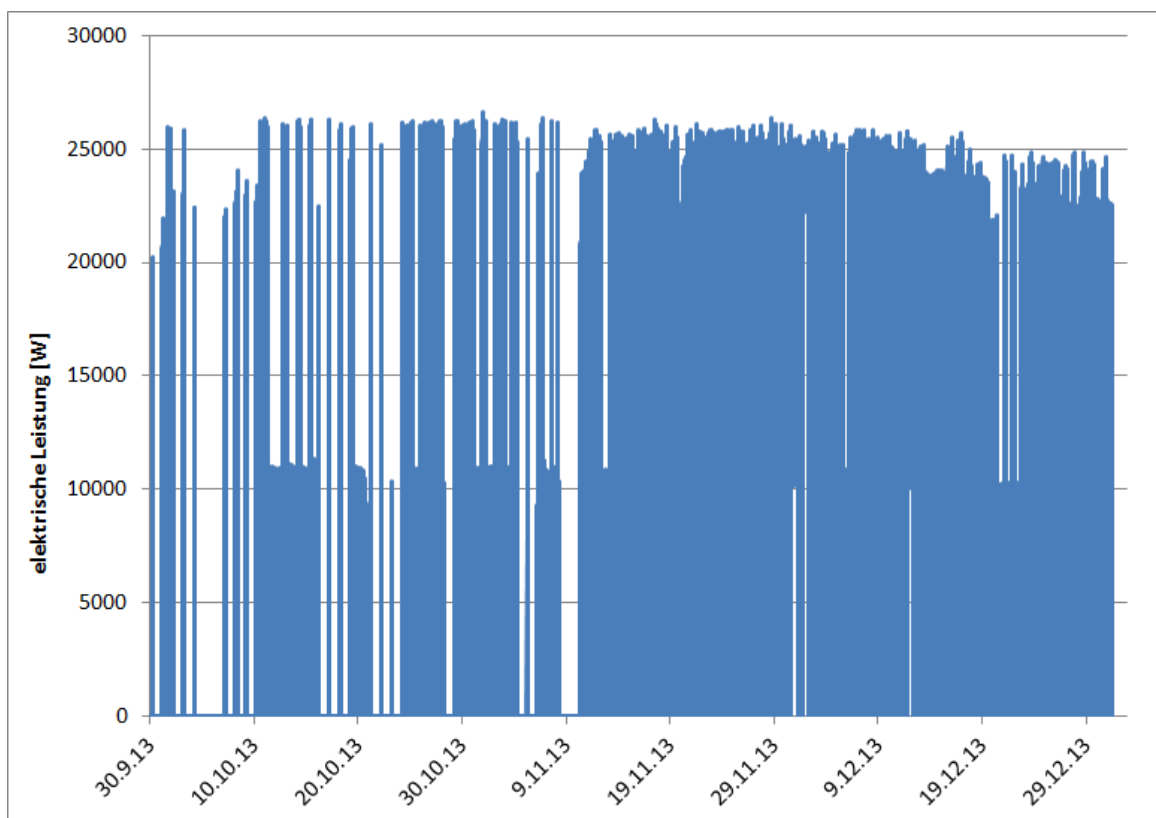


Abbildung 38: Elektrische Leistung der Wärmepumpe

hinaus besteht bei Unterversorgung die Möglichkeit, den Niedertemperaturspeicher aus dem Hochtemperaturbereich nachzuspeisen, wenn das eingestellte Temperaturniveau unterschritten wird [15].

Abbildung 38 zeigt den elektrischen Leistungsbedarf der Wärmepumpe im 4. Quartal 2013. Hierbei wurde erkannt, dass die Wärmepumpe oft taktet und häufig beide Verdichter gleichzeitig zur Wärmebereitung benutzt werden. Das wies auf eine schlechte Ausnutzung des Laufzeitverlängerungsspeichers hin. Darüber hinaus war auch ersichtlich, dass die Wärmepumpe selbst in den Ferienzeiten (vor allem Weihnachtsferien ab 20.12.) nahezu dauerhaft weiterbetrieben wurde und selbst in dieser Zeit oft beide Verdichter zur Wärmeerzeugung verwendet wurden. Dies wurde vor allem mit der deutlichen Reduktion der Raumtemperaturen in diesem Zeitraum kritisch hinterfragt, da hier scheinbar die Eigenschaften der Passivhausbauweise nicht ausgenutzt wurden. Die Absenkung der Raumtemperaturen in diesem Zeitraum konnten zudem mit dem Aussetzen der Lüftung und deren Heizungseinsatz begründet werden. Es wurde aufgezeigt, dass die Wärmeübertragung im Niedertemperaturbereich nur mangelhaft erfolgt, da auch bei vergleichsweise hohen Winter-Außentemperaturen (um ca. 0°C) die eingebrachte Wärme des Passivhauses nicht ausreichte, um die Inraumtemperatur auf einem adäquaten Niveau zu halten.

Abbildung 39 zeigt auf, dass bereits die Vorlauftemperaturen der Wärmepumpe sich in einem sehr hohen Bereich (oftmals Abschaltung bei 55 °C) befanden. Dies führte im 4. Quartal 2013 zu einem deutlich verringerten COP von ca. 3,59.

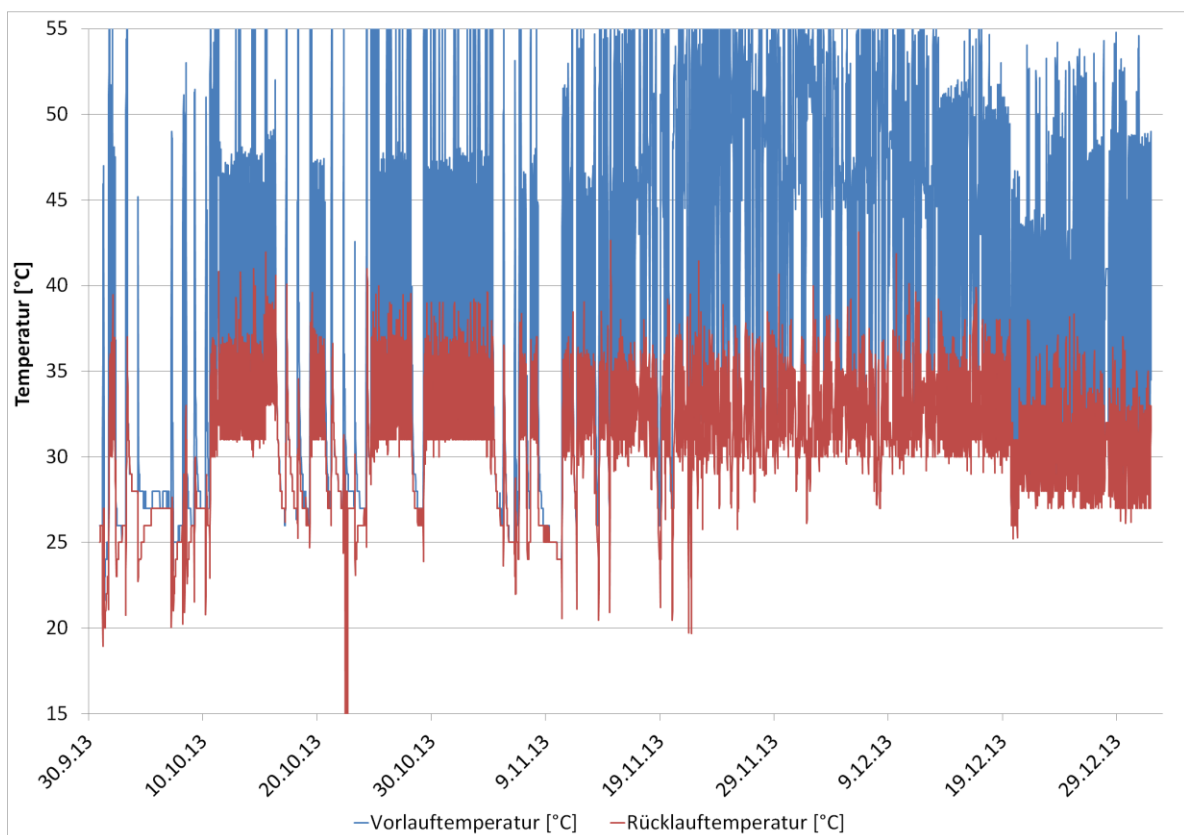


Abbildung 39: Vorlauf-/ Rücklauftemperaturen der Wärmepumpe

Aufgrund der ebenfalls vergleichsweise hohen Rücklauftemperaturen (Abbildung 39), hauptsächlich im Bereich zwischen 32 °C und 37 °C, war zunächst zu vermuten, dass u.U. die Regeltemperatur zur Nachspeisung des Niedertemperaturspeichers aus dem Hochtemperaturbereich fehlerhaft war, und so der Speicher oftmals mit höheren Temperaturen überladen wurde.

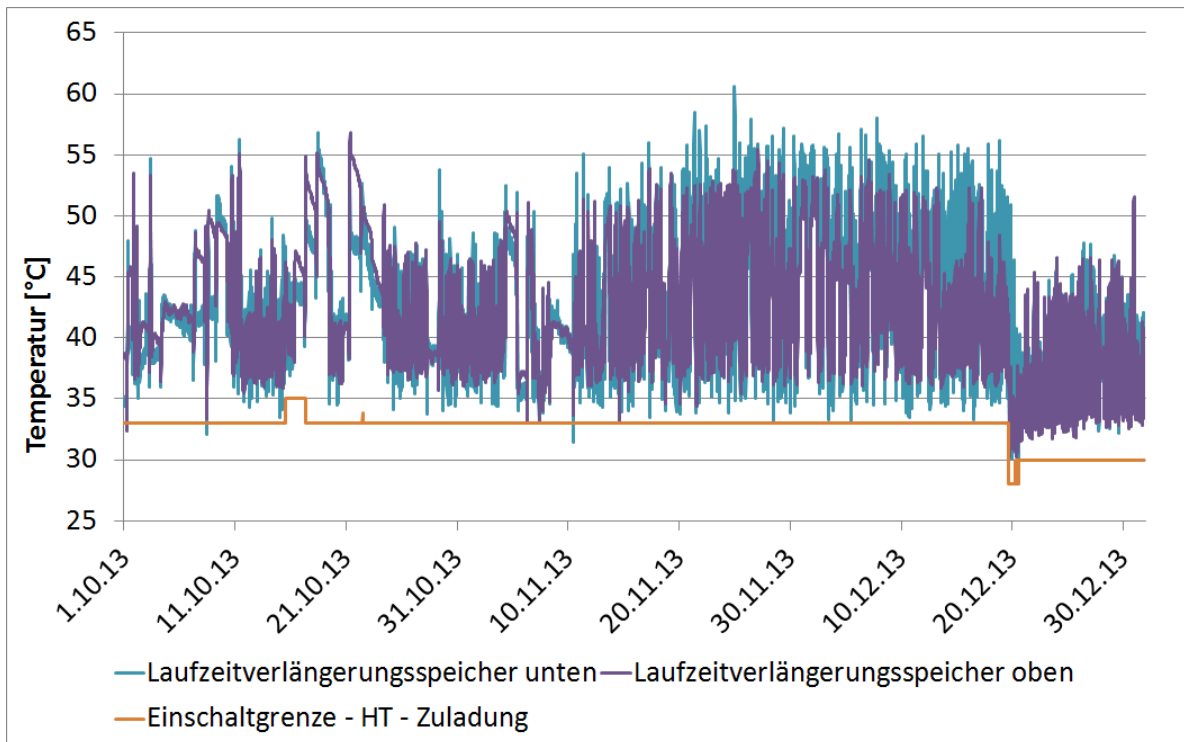


Abbildung 40: Temperaturen Niedertemperaturspeicher

Abbildung 40 zeigt jedoch, dass sich die Temperaturen im Niedertemperaturspeicher (Laufzeitverlängerungsspeicher) nahezu während des gesamten Zeitraums oberhalb der Einschalttemperatur der Hochtemperaturzuladung befanden. Außerdem war eine gute Durchmischung des Speichers erkennbar, so dass eine ungewollte Schichtenbildung (hier: hydraulischer Aufbau Niedertemperaturbereich [15]) ebenfalls ausgeschlossen werden konnte.

## 6.2 Betrieb der Niedertemperatur-Verteilung

Abbildung 41 zeigt die Vorlauf- und Rücklauftemperaturen im Niedertemperaturverteiler, in Abhängigkeit zur Außentemperatur. Es zeigt sich, dass sich die Temperaturverhältnisse im Niedertemperaturspeicher stark in den gemessenen Vorlauftemperaturen widerspiegeln. Wärmeverluste in der Übertragung bzw. etwaige Mischvorgänge waren daher auszuschließen. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass bei niedrigeren Außentemperaturen die hohen Vorlauftemperaturen und vor allem die vergleichsweise hohe Temperaturspreizung zu der circa auf 30°C geregelten Rücklauftemperatur benötigt wurden, um genügend Wärme zu übertragen. Dies konnte auch für die einzelnen Deckstrahlplattensysteme in den drei Bauabschnitten bestätigt werden. Hier ähnelten die Temperaturverhältnisse denen des Verteilers, so dass ein Fehlverhalten eines Heizverteilungskreises oder signifikante Wärmeverluste auszuschließen waren.

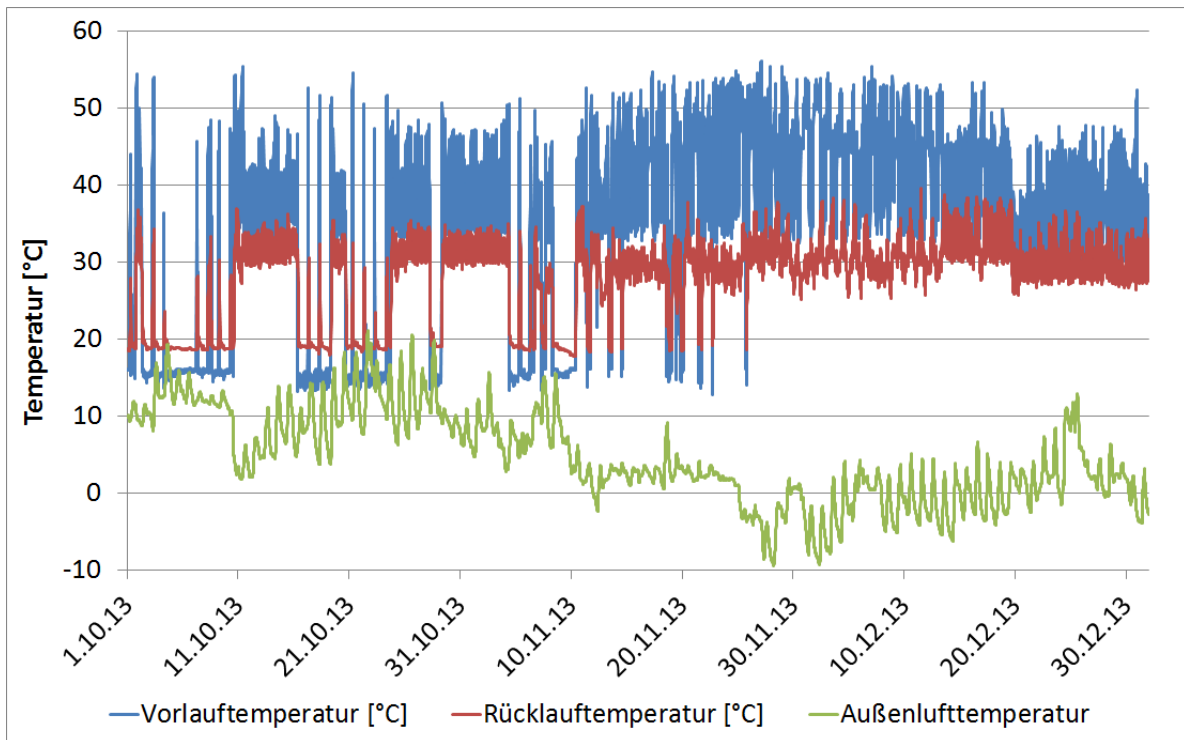


Abbildung 41: Temperaturen im Niedertemperaturverteiler

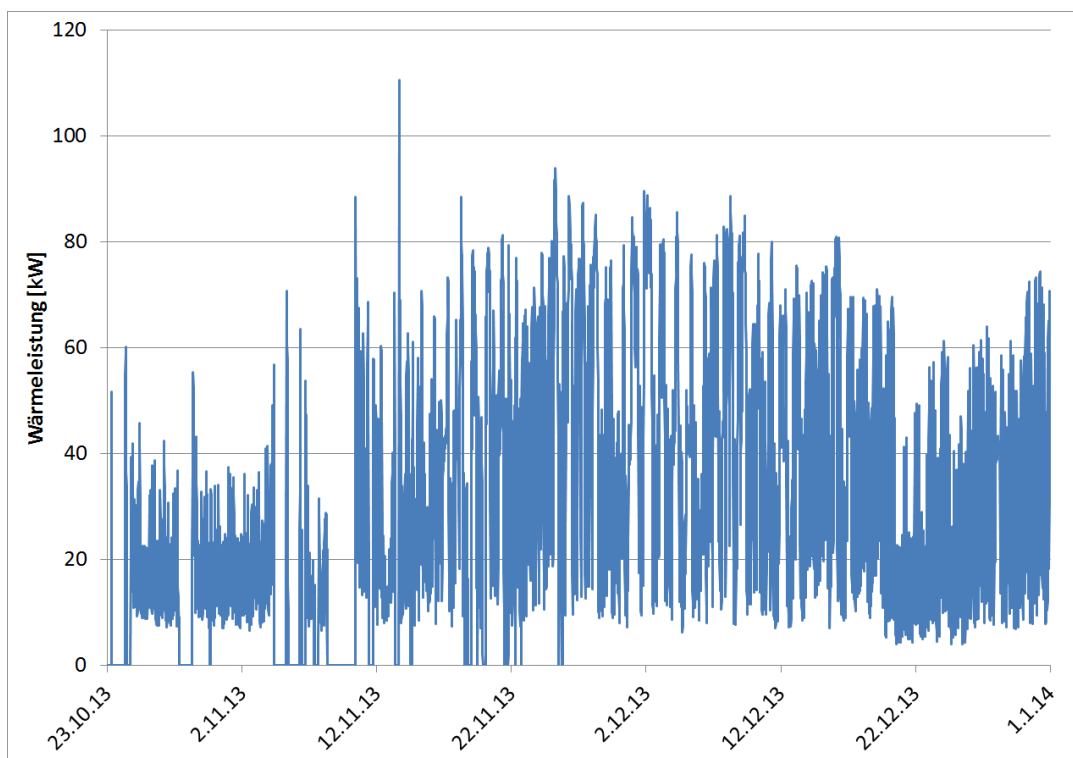


Abbildung 42: Wärmeleistung des Niedertemperaturspeichers

Abbildung 42 zeigt die gemessene Wärmeleistung des Niedertemperaturspeichers auf der Ausgangsseite. Diese zeigt, dass bei Auftreten der hohen Temperaturspreizungen im Niedertemperaturverteiler (teilweise über 20 K) maximal Wärmeleistungen von 80 kW bis 90 kW übertragen wurden. Daher konnte im 4. Quartal von maximalen Durchflüssen vom

3 – 4 m<sup>3</sup>/h ausgegangen werden. Eine derartige Größenordnung wurde auch noch einmal durch die Messergebnisse des Durchflusses direkt im Wärmepumpenkreis bestätigt, die einen maximalen Durchfluss im Quartal von ca. 5,3 m<sup>3</sup>/h auswiesen [16]. Laut Auslegung ist das System aber so ausgelegt, dass bei einem maximalen Durchfluss von 13 m<sup>3</sup>/h eine maximale Temperaturspreizung von 10 K entsteht [15]. Auch ist jeder Deckenstrahlplattenbereich (Fachklassentrakt, West- und Ostflügel des Klassentraktes) darauf ausgelegt, einen Durchfluss von bis zu 8,5 m<sup>3</sup>/h zu gewähren [15].

Da im 4. Quartal 2013 Außentemperaturen bis -9,5 °C (Abbildung 41) gemessen wurden, konnte davon ausgegangen werden, dass wärmetechnisch der Auslegungsfall des Anlagensystems nahezu erreicht wurde. Es war zudem ersichtlich, dass das hydraulische System (vgl. [15]) den zu erzeugenden Volumenstrom nicht darstellen konnte. Das heißt, dass scheinbar während des hydraulischen Abgleichs der einzelnen Heizkreise einige hydraulische Ventile so eingestellt wurden, dass der resultierende Druck im System die druckgeregelten Pumpen schon bei kleineren Volumenströmen abriegelt. Dadurch wurde zur Übertragung einer ausreichenden Wärmeleistung eine höhere Temperaturspreizung im Niedertemperatursystem benötigt. Einerseits fuhr die Wärmepumpe mit einer schlechteren Effizienz, andererseits reichte die so übertragbare Wärme zur Aufheizung des Gebäudes nicht aus, wodurch das Lüftungssystem dauerhaft zum Aufbringen zusätzlicher Heizenergie betrieben werden musste. Dadurch entstanden raumklimatische Nachteile (niedrige Luftfeuchte) (vgl. Abschnitt 3.2.4), die vielleicht auch Schüler und Lehrer zum manuellen Nachlüften des Gebäudes veranlassten, wodurch eine weitere Erhöhung der benötigten Heizleistung entstand. Dieser scheinbar selbstverstärkende Effekt war mit Sicherheit ein Grund für die im 4. Quartal 2013 beobachtete mangelhafte Betriebsführung des Energieversorgungssystems.

## **6.3 Durchgeführte Maßnahmen und erreichte Effizienzsteigerungen**

Während der Untersuchungen des Niedertemperaturbereichs im Quartal 4/2013 wurde festgestellt, dass einerseits die Wärmepumpe aufgrund hoher Vorlauftemperaturen in einem schlechten Effizienzbereich arbeitete. Andererseits konnte für die Lüftung des Bauabschnitts II (Klassentrakt Westflügel) festgestellt werden, dass diese nahezu im Dauerbetrieb (auch Wochenende und Nachtzeiten) betrieben wurde. Resultat dieser massiven „Überlüftung“ war eine Verringerung der relativen Luftfeuchte in den einzelnen Klassenräumen. Insbesondere zu Zeiten niedriger Außentemperaturen, wurde das Mindestmaß von 30 % unterschritten [7].

Hervorgerufen wurde dieses Phänomen dadurch, dass einerseits die Lüftung in Zeiträumen mit kalten Außentemperaturen einen signifikanten Anteil der Erwärmung des eigentlich nach Passivhausstandard sanierten Hauptgebäudebereichs vornehmen musste. Dies konnte damit begründet werden, dass auf der Niedertemperaturseite des Heizsystems (i.d.R. Deckenstrahlplatten) die notwendigen und eigentlich seitens der Wärmepumpe zur Verfügung stehenden Wärmemengen nicht übertragen werden konnten, da die Volumenströme in den Heizsystemen auch bei Erreichen der Auslegungstemperaturen nicht annähernd groß genug waren.



Nach der Übermittlung dieser Erkenntnisse im Rahmen des 4. Quartalsberichts 2013 [16] wurde daher im Niedertemperaturbereich ein umfassender hydraulischer Abgleich im ersten Quartal 2014 durchgeführt.

Die Durchführung des hydraulischen Abgleichs und die Verminderung der Wärmepumpenvorlauftemperaturen zeigten deutliche Effizienzgewinne sowie eine Verbesserung des Lüftungsverhaltens [17].

Jedoch führten diese Maßnahmen wiederum zu einem bereits zuvor bemängelten getakteten Betrieb der Wärmepumpe [10, 12], wodurch diese zur Beheizung des Niedertemperaturbereichs nur anteilig vergleichbar gering genutzt werden konnte und die benötigte Wärmemenge zu großen Teilen aus dem Hochtemperaturbereich zugeführt werden musste [17]. Ein adäquater, gleichzeitiger Betrieb beider Verdichter der Wärmepumpe, ohne die Nutzung vergleichbar hoher Vorlauftemperaturen, wurde ausgeschlossen [19], da die verwendete Primärkreisumwälzpumpe bei den gegebenen Druckverlusten im hydraulischen System die notwendigen Volumenströme nicht aufbringen konnte.

In KW 44, 2014 wurde durch die beteiligten Firmen erneut eine Anpassung an der Wärmepumpe bzw. deren Regelung vorgenommen. Die Auswirkungen dieser Maßnahmen wurden nachfolgend anhand der aktuellen Messwerte für das 4. Quartal 2014 geprüft und geben den derzeitigen Erkenntnisstand wieder.

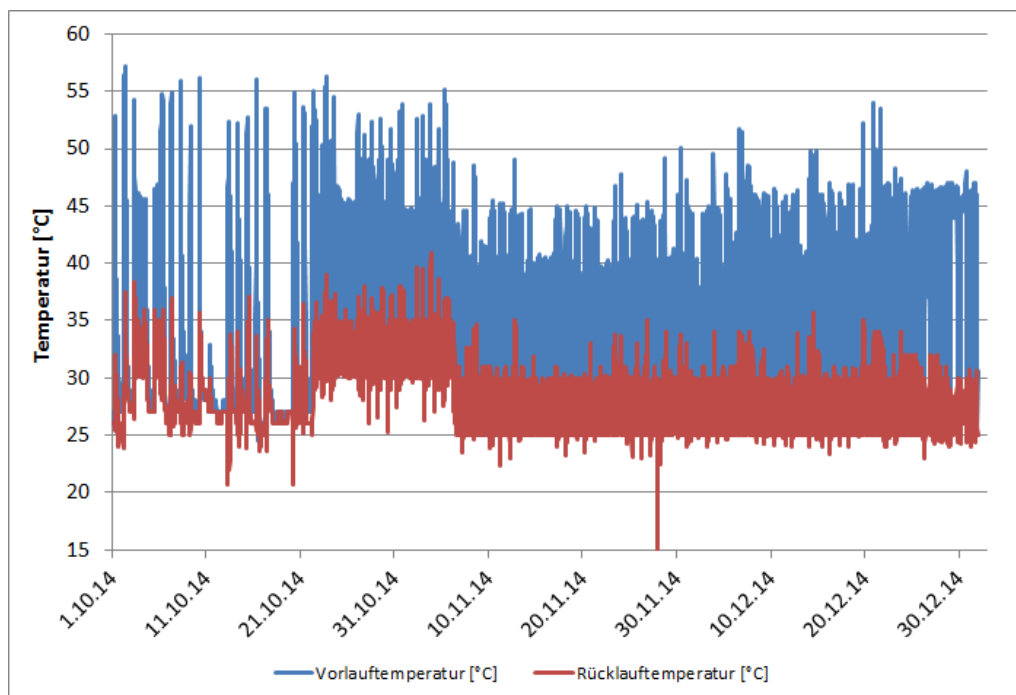


Abbildung 43: Vorlauf- und Rücklauftemperaturen der Wärmepumpe

Abbildung 43 zeigt deutlich, dass die Absenkung der Soll-Rücklauftemperatur der Wärmepumpe (ab ca. 07.11.2014) im beschriebenen Zeitraum zu einer Verminderung sowohl der Rücklauf- als auch der Vorlauftemperatur geführt hat. Die Verminderung beider Temperaturkennzahlen wurde mit ca. 5-10 K beziffert. Jedoch beträgt die Temperaturdifferenz, mit der die Wärmepumpe je nach Wärmebedarf betrieben wird immer noch 10-15 K, wodurch die Vorlauftemperaturen für den Betrieb im

Niedertemperaturbereich (Auslegung 35/30°C) einerseits immer noch vergleichbar hoch sind. Dies zeigt sich auch an den resultierenden Vorlauftemperaturen der betroffenen Heizflächen (vgl. Abbildung 44).

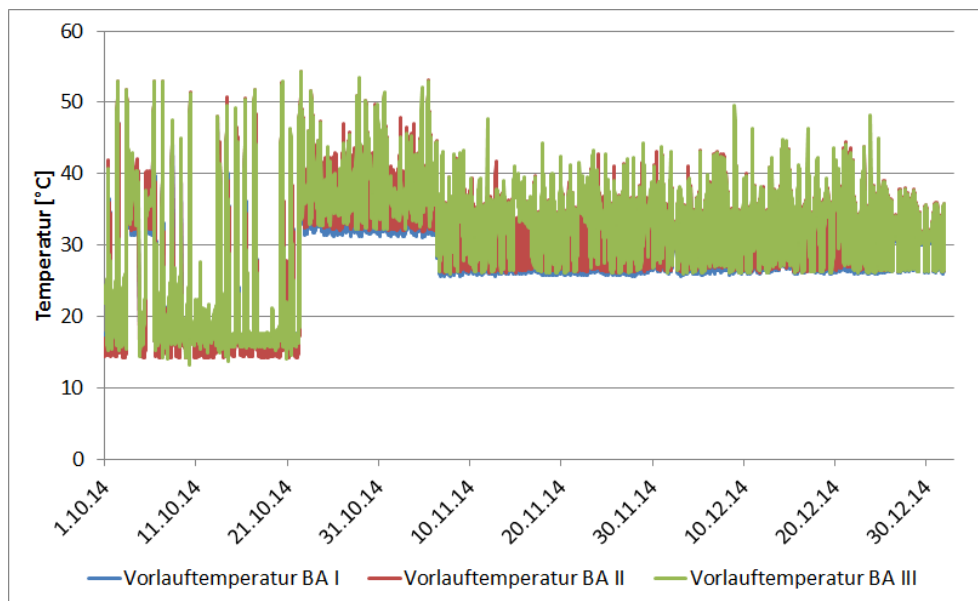


Abbildung 44: Vorlauftemperaturen der Deckenstrahlplatten in den einzelnen Bauabschnitten (BA I, BA II, BA III)

Abbildung 44 zeigt deutlich, dass auch nach der Anpassung der Wärmepumpenregelung die Vorlauftemperaturen in den Deckenstrahlplatten teilweise deutlich das Auslegungsniveau überschritten haben (Maximum nach Anpassung am 07.11.2014 - 49,5°C). Dies ist mit der unvollständigen hydraulischen Entkopplung des Wärmepumpen- und des Heizkreises über den Pufferspeicher zu begründen, der zwar eine Zuführung möglichst geringer Rücklauftemperaturen an die Wärmepumpe erlaubt, jedoch das Temperaturniveau der Wärmepumpe nahezu direkt an den Heizkreis weiter gibt.

Die Auswertung der resultierenden Messwerte ergab eine Durchschnittsvorlauftemperatur während des Betriebs von ca. 33 °C, die dem eigentlichen Auslegungsniveau entspricht (vgl. Abbildung 45). Zu einer höheren Überschreitung der Vorlauftemperatur (über 40°C) kam es jedoch nur noch selten. Allein während des Betriebs beider Verdichter überstieg die Vorlauftemperatur der Wärmepumpe die 45°C-Marke. Daher ist davon auszugehen, dass die aktuell eingestellte Regelung der Temperatur den Anforderungen und den Grundlagen der Planung entspricht. Eine weitere Anpassung erscheint dem Monitorer daher nicht notwendig zu sein. Dieser Aussage ergeht vorbehaltlich weiterer Messungen im Rahmen einer ganzjährigen Messkampagne mit konstanten Rahmenbedingungen und der Spezifikation, dass die verbauten Deckenstrahlplatten die kurzzeitig auftretenden Spitzentemperaturen ohne Beschädigung vertragen.

Die durchgeführten Anpassungsmaßnahmen führten aufgrund der Verminderung der Sollrücklauftemperaturen der Wärmepumpe zu einer deutlichen Verbesserung deren Schaltverhaltens. Hierzu zeigt Abbildung 46, dass keine Taktung mehr zu erkennen ist. Der Betrieb beider Verdichter gleichzeitig (rote Bereiche) ist über längere Zeiträume möglich.

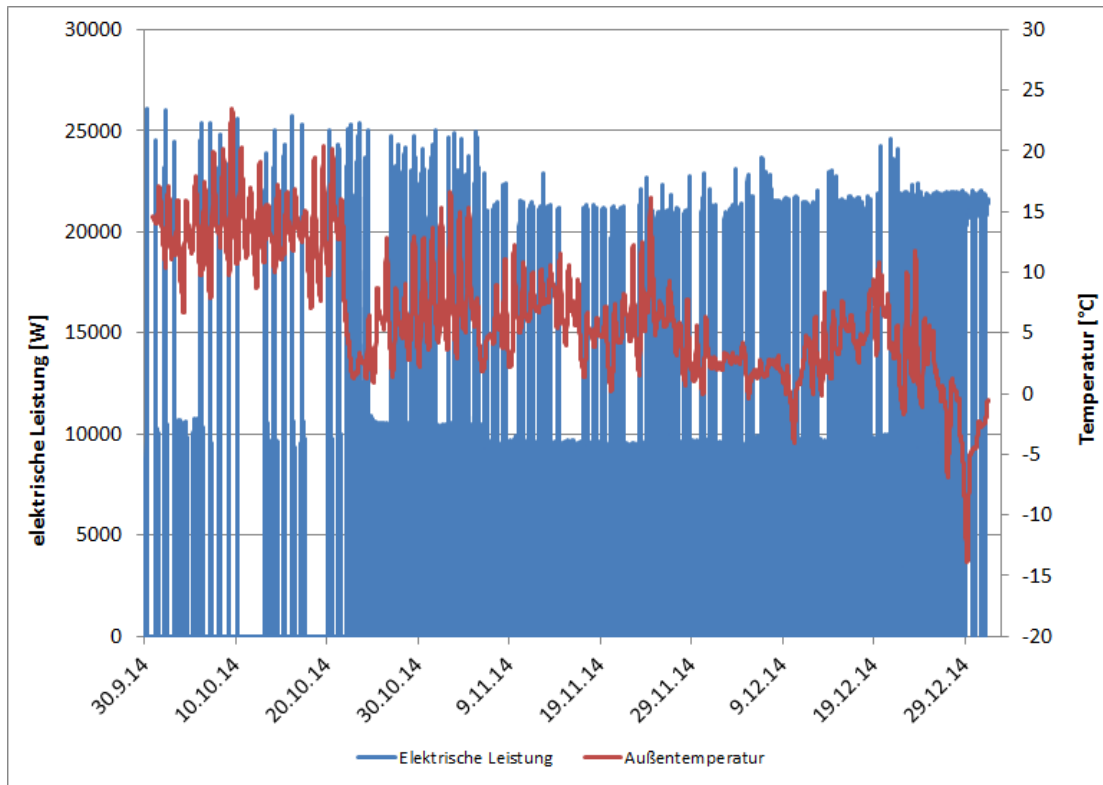


Abbildung 45: Elektrischer Leistungsbedarf der Wärmepumpe bzgl. der Außentemperatur

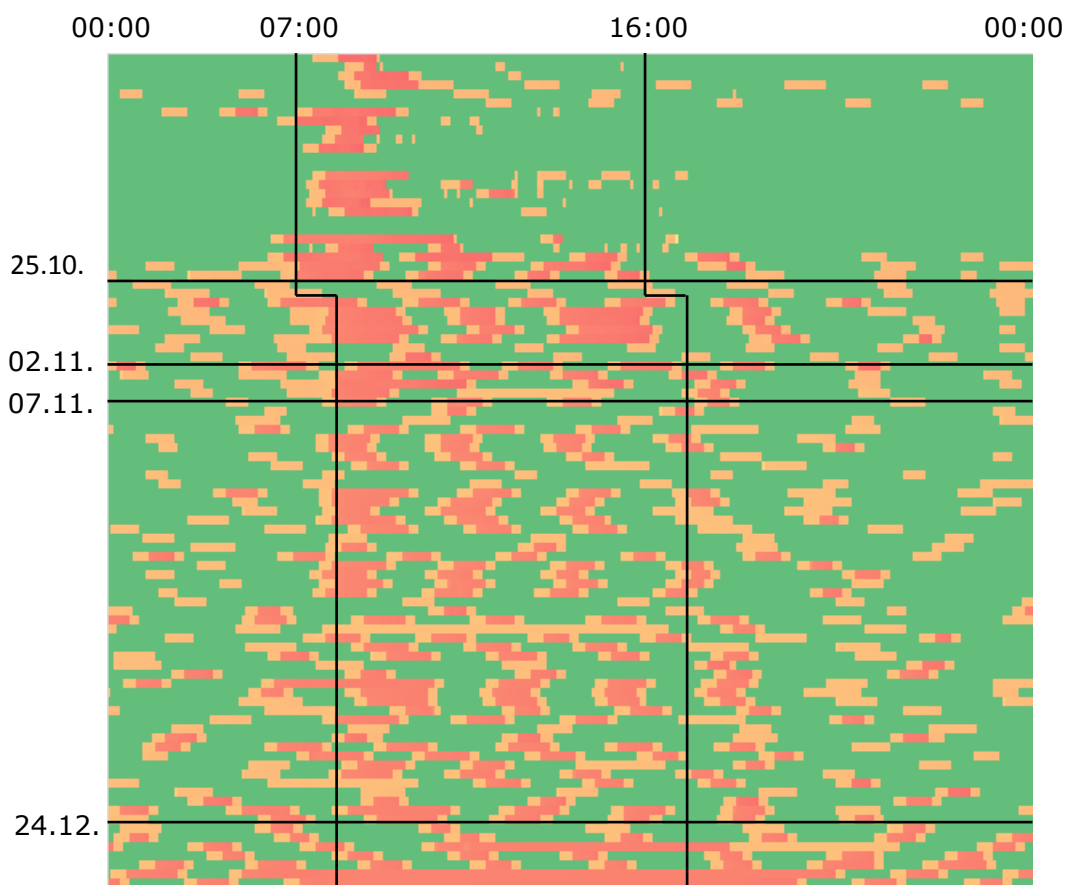


Abbildung 46: Verteilung des elektrischen Leistungsbedarfs der Wärmepumpe

Insgesamt erzeugte die Wärmepumpe im 4. Quartal 2014 im Gymnasium Sonthofen 43.680 kWh Wärme unter Einsatz von 10.170 kWh Elektroenergie. Dies entsprach einem mittleren COP von 4,3. Aufgrund der durchgeführten Anpassung Mitte des Quartals sind die Bereiche vor und nach der Änderung getrennt zu betrachten gewesen. Aus den untersuchten Messwerten ergab sich für den Zeitraum vor dem 07.11. ein mittlerer COP von 3,88. Bis zum Jahresende wurde die Wärmepumpe dann mit einem COP von 4,5 betrieben. Dies entspricht einer Effizienzsteigerung durch die durchgeführten Maßnahmen von ca. 16%.

Es bleibt jedoch zu betrachten, ob diese Effizienzverbesserung nicht, wie bereits bei zuvor durchgeführten Maßnahmen (vgl. [17]), mit einer Mehrnutzung von Hochtemperaturwärme zur Beheizung des Niedertemperaturbereichs durch die Kopplung von Hoch- und Niedertemperaturpufferspeicher erkaufte worden ist.

Abbildung 47 zeigt hierzu den Verlauf der zusätzlichen Heizleistung im Niedertemperaturbereich aus dem Hochtemperaturpufferspeicher. Da der Hochtemperaturpufferspeicher lediglich ca. 276 kWh im zurückliegenden Quartal zur Beheizung des Niedertemperaturbereichs beigetragen hat (ca. 0,6% der Wärme aus der Wärmepumpe), war dies jedoch auszuschließen. Im Gegenteil, die durchgeführten Maßnahmen führten laut Abbildung 47 sogar zu einer weiteren Verminderung der Nutzung des Hochtemperaturpufferspeichers im Niedertemperaturbereich.

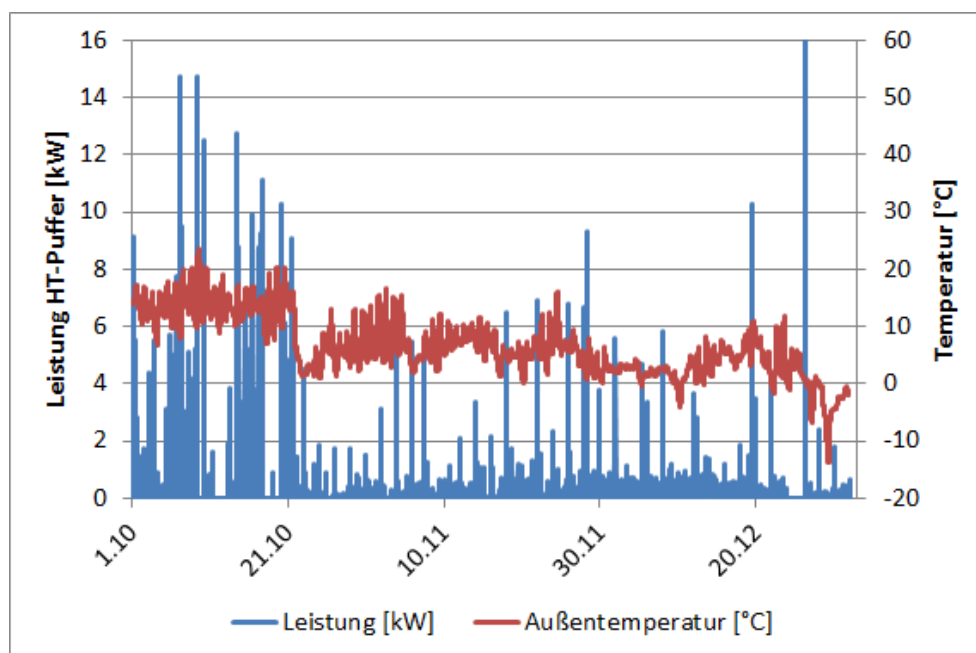


Abbildung 47: Nutzung des Hochtemperaturpuffers zur Beheizung des Niedertemperaturbereichs

Weiterhin wurde der Betrieb der Umwälzpumpen im Primär- und Sekundärkreis des Niedertemperaturbereichs nochmal eingehend bezüglich der durchgeführten Maßnahmen untersucht.

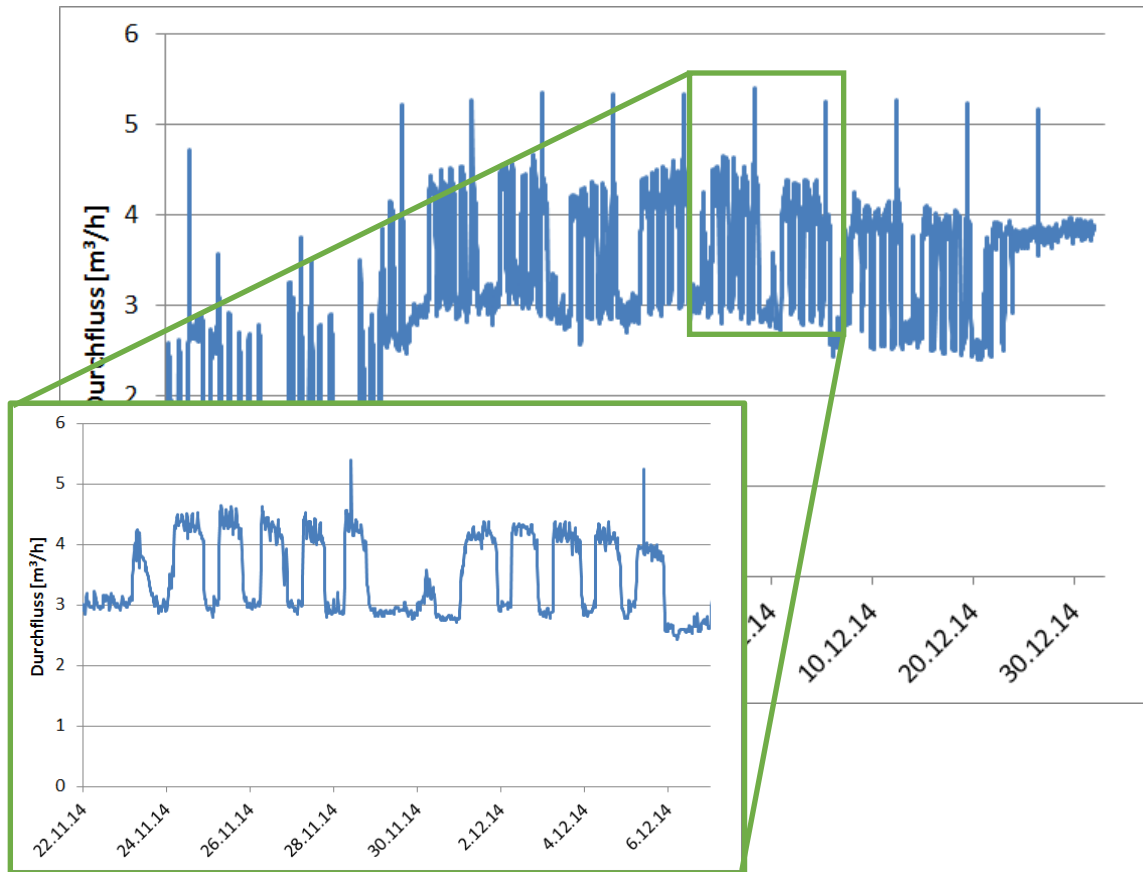


Abbildung 48: Durchflussmengen der Primärkreispumpe

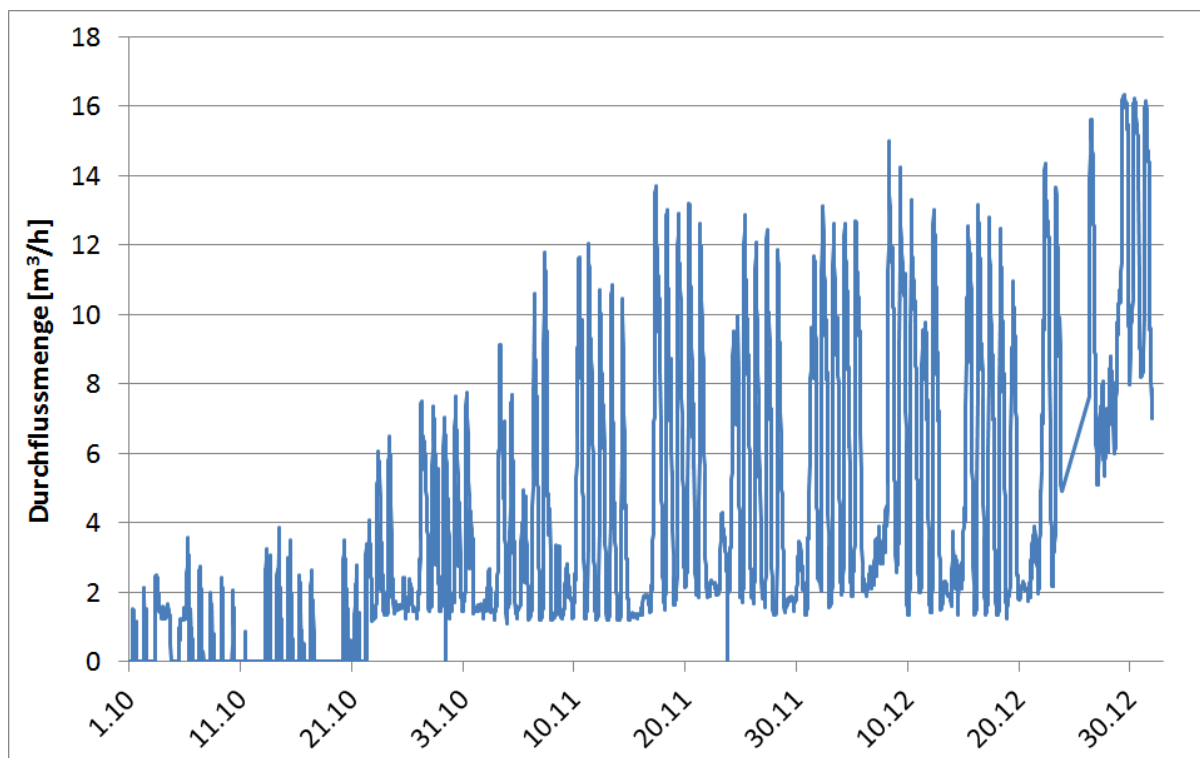


Abbildung 49: Durchflussmengen der Sekundärkreispumpen

Abbildung 48 und Abbildung 49 zeigen die im 4. Quartal 2014 gemessenen Durchflussmengen im Primär- und Sekundärkreis des Niedertemperaturbereichs. Grundsätzlich zeigte sich zunächst, dass, wie gefordert, bei höheren Wärmebedarfen die Pumpen ohne abzuschalten durchliefen. Grundsätzlich waren ebenfalls die auslegungsbedingten, unterschiedlichen Durchflussmengen im Primär- und Sekundärbereich zu erkennen, die jedoch den Ansätzen der Planung entsprachen.

Aufgrund der durchgeführten Anpassungen in der Wärmepumpensteuerung konnte auch das Schwingen der Primärkreispumpe am Rand des Regelbereichs (max. Volumenstrom  $6\text{m}^3/\text{h}$  bei  $4\text{m}$  Drucksprung – vgl. [19]) beendet werden. Die Durchflussmengen beider Heizkreise bewegen sich nun auch bei voller Heizleistung (2 Verdichter der Wärmepumpe in Betrieb) im geplanten Regelungsbereich. Im Primärkreis wurde diese Tatsache jedoch mit der bereits zuvor beschriebenen höheren notwendigen Temperaturspreizung bzw. höheren notwendigen Vorlauftemperaturen erkaufte.

Diesbezüglich bleibt die Fragestellung zu klären, ob ein Austausch der Primärkreis-Umwälzpumpe sich bezüglich der dadurch erreichbaren höheren Wärmepumpeneffizienz lohnen würde.

Im zurückliegenden Quartal wurde die Wärmepumpe während des Betriebs mit einer durchschnittlichen Heizkreisvorlauftemperatur im Betrieb von ca.  $39,5^\circ\text{C}$  betrieben. Zur Bereitstellung der notwendigen Umweltwärme wurde der Grundwasserbrunnen genutzt, der im betrachteten Quartal eine nahezu konstante Temperatur von ca.  $8,7^\circ\text{C}$  aufwies. Anhand der übermittelten Wärmepumpendaten [21] lassen sich valide Annahmen zum bestehenden Einsparpotential beim Wärmepumpenbetrieb ableiten.

Durch die Erhöhung der möglichen Durchflussmenge im Primärkreis des Niedertemperaturbereichs, die eine Verringerung der Temperaturspreizung der Wärmepumpe um ca.  $5\text{K}$  und damit eine Verminderung der notwendigen Vorlauftemperatur der Wärmepumpe auf ca.  $35^\circ\text{C}$  auch bei zwei eingeschalteten Verdichtern ermöglicht, könnte die Wärmepumpeneffizienz von aktuell  $4,5$  auf ca.  $4,95$  gehoben werden. Dies entspräche einem Einsparungspotential von ca.  $10\%$  des Elektroenergiebedarfs. Bezugnehmend auf die zurückliegenden Jahresmessdaten könnten so durch den Pumpenaustausch ca.  $3.000\text{ kWh}$  pro Jahr an Elektroenergie noch bestenfalls eingespart werden. Dies entspräche bei marktüblichen Preisen für den Wärmepumpenbetrieb (ca.  $20\text{ ct/kWh}$ ) einer jährlichen Einsparung von ca.  $600\text{ €}$ .

Dem gegenüber steht jedoch der Mehraufwand an elektrischer Pumpenenergie, die für den Betrieb des Primärkreises und der Wärmepumpe aufgewendet werden müsste. Aufgrund der Erhöhung des Druckverlustes in der Wärmepumpe um das  $3,4$ -fache und die Erhöhung des Volumenstromes um den Faktor  $1,9$  würde überschläglich der Elektroenergiebedarf einer neuen, passenden Pumpe um den Faktor  $6,5$  steigen.

Die aktuelle Primärkreis-Umwälzpumpe hat mit einer mittleren Leistungsaufnahme von  $50\text{ W}$  und ca.  $5.800$  Betriebsstunden pro Jahr einen vergleichbar niedrigen Elektroenergiebedarf von  $290\text{ kWh}$ . Dies zu Grunde legend würde sich durch einen Pumpentausch der Elektroenergiebedarf auf ca.  $1.900\text{ kWh/a}$  erhöhen, was ungefähren Mehrkosten von ca.  $400\text{ €}$  ( $25\text{ ct/kWh}$ ) im Jahr entsprechen würde.

Durch die potentielle Gesamteinsparung von 200 € pro Jahr lassen sich jedoch die potentiellen Mehrkosten für einen Pumpentausch von ca. 3.800 € nicht in einer angemessenen Zeit amortisieren. Daher wird seitens des Monitorers, vorbehaltlich der Auswertung einer vollständigen einjährigen Messkampagne mit konstanten Rahmenbedingungen, empfohlen, die bestehende Systemkonfiguration und Parameter der Anlagenregelung beizubehalten.

## 7 Feststellungen und Maßnahmen im Hochtemperaturbereich

Im Gegensatz zum Niedertemperaturbereich wird im Hochtemperaturbereich des Energieversorgungssystems im Gymnasium Sonthofen die Wärmeproduktion durch zwei gasbetriebene Anlagen bewerkstelligt:

- BHKW: 80 kW thermisch, 50 kW elektrisch
- Gasbrennwertkessel: 550 kW (gedrosselt)

Eines der Hauptziele der Generalsanierung des Schulkomplexes war die Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen um 80 % gegenüber dem Vorsanierungsstand. Dafür war es notwendig die durch fossile Brennstoffe betriebenen Anlagen so wenig wie möglich für die Wärmeproduktion einzusetzen. Eine Ausnahme stellte hier das BHKW in Fällen genügend hohen Strombedarfs und gleichzeitiger Notwendigkeit der Wärmeproduktion dar.

Die Wärmerversorgung der sanierten Gebäudeteile des Schulkomplexes (Klassentrakt, Fachklassentrakt) wird vorrangig durch die sich im Niedertemperaturbereich befindende Wärmepumpe abgedeckt. Jedoch erfordern die noch unsanierten Teilbereiche des Schulkomplexes (Turnhalle, Mittagsbetreuung, Pavillon) höhere Vorlauftemperaturen, die effizient nur durch das BHKW unterstützt durch einen Spitzenlastzeitgasbrennwertkessel bereitgestellt werden können.

### 7.1 Betrieb BHKW

Abbildung 50 zeigt die erzeugte elektrische Leistung des BHKWs im 1. Quartal 2014. Bis auf den Bereich der Weihnachtsferien, Anfang des Jahres, lief es dabei nahezu im Dauerbetrieb. Eine Abschaltung zu weiteren Ferienzeiten (vgl. Winterferien) oder am Wochenende war nicht zu erkennen. Dies bestätigte sich auch nochmal in Abbildung 51.

Eine manuelle Abschaltung des BHKW-Systems war auch zu Zeiten der Nichtanwesenheit der Schüler und Lehrer nicht notwendig, wenn der Bedarf an Elektroenergie im Gebäude, z.B. durch die Lüftung, so hoch war, dass maximal ein kleiner Teil der erzeugten Elektroenergie eingespeist wurde. Dies galt natürlich immer unter der Voraussetzung, dass die gleichzeitig produzierte Wärme auch abgenommen werden konnte.

Da es sich im 1. Quartal 2014 hauptsächlich um einen Winterzeitraum mit niedrigen Außentemperaturen handelte, stellt die Abnahme der Wärme kein Problem dar, da das BHKW auch wärmegeführt betrieben wurde.

Abbildung 52 vergleicht hierzu noch einmal den Netzbezug an Elektroenergie in den ersten beiden Monaten des Quartals mit der Bruttostromerzeugung des BHKWs.

Es zeigte sich, dass während des BHKW-Betriebs der Netzbezug zwar deutlich reduziert war, jedoch trotzdem oft zusätzlich Energie bezogen werden musste. Daher kann man davon ausgehen, dass das BHKW einen signifikanten Beitrag für die Reduktion des Strombezugs aus dem Netz geliefert hat, ohne dass ein großer Anteil des erzeugten Stromes zu niedrigen Konditionen (vgl. [16]) ins Netz eingespeist wurde.



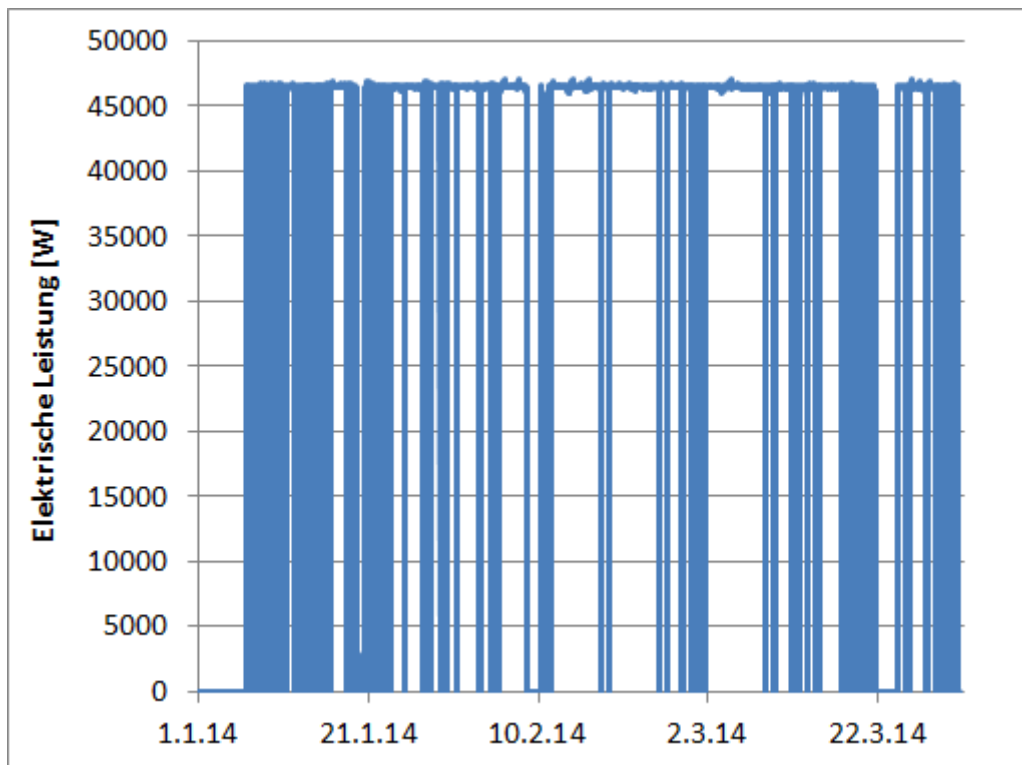


Abbildung 50: Bruttostromerzeugung des BHKW



Abbildung 51: Stromerzeugung des BHKW im Q1 2014

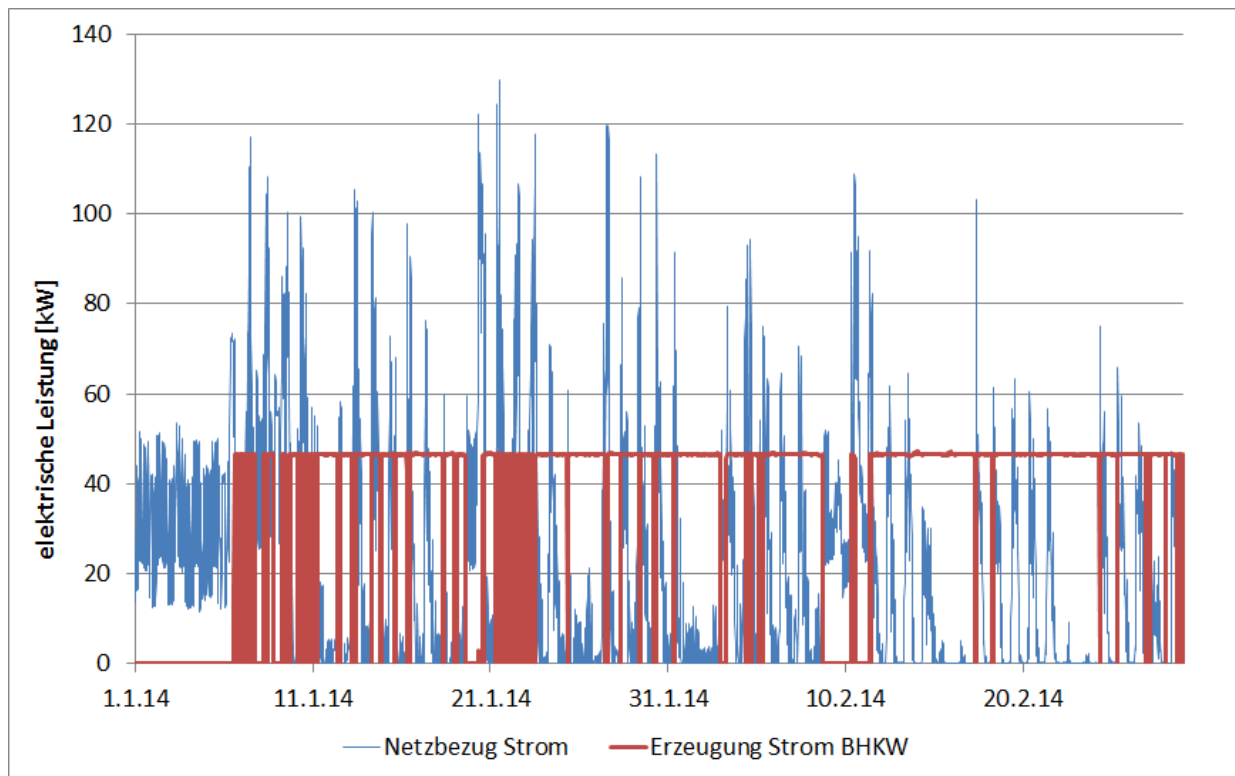


Abbildung 52: Vergleich Netzbezug Strom und erzeugter BHKW Strom

Alles in allem hat das BHKW im 1. Quartal 2014 eine Wärmemenge von ca. 122.600 kWh produziert. Mit den hierbei gleichzeitig erzeugten 78.900 kWh konnte eine Stromkennzahl von 0,64 erreicht werden. Nach Analyse weiterer Zählerdaten wurde dem gegenüber eine Stromeinspeisung von ca. 12.000 kWh für das betrachtete Quartal ermittelt. Es wurde ermittelt, dass lediglich 15 % des erzeugten Stromes eingespeist und 85 % selbst verbraucht worden sind. Die Funktionsweise des BHKW konnte damit allgemein als positiv bewertet werden.

## 7.2 Betrieb und Leistung Spitzenlastkessel

Als zweiter Erzeuger im Hochtemperaturbereich wird ein modulierender Gasbrennwertkessel genutzt, dessen Leistung auf 550 kW gedrosselt ist. Abbildung 53 zeigt hierzu die gemessene Wärmeleistung des Kessels im 1. Quartal 2014.

Die erzeugte Wärmeleistung folgte dabei augenscheinlich dem Wärmebedarf, der sich aus der Außentemperatur ergab. Im gesamten Quartal erzeugte der Kessel ca. 86.200 kWh Wärme und arbeitete somit, wie gewünscht, als sekundäres System zur Spitzenlastdeckung.

Abbildung 54 zeigt die resultierenden Vorlauf- und Rücklaufverhältnisse im Hochtemperaturverteiler. Diese entsprachen der Systemauslegung und wiesen während des Betriebs eine Temperaturspreizung im Bereich von 20 K auf. Zusätzlich wurden die Volumenströme in allen Bereichen des Hochtemperaturbereichs überprüft. Auch hier entsprachen die Messwerte den Grundlagen der Auslegung.

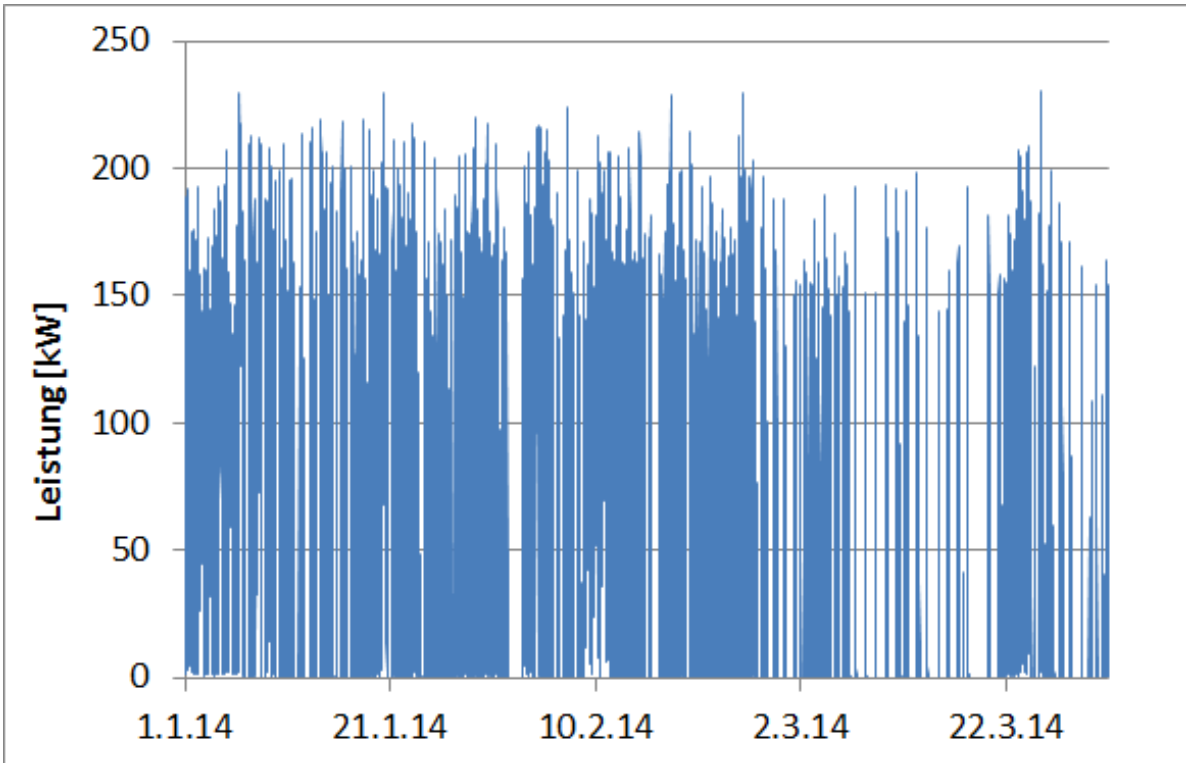


Abbildung 53: Wärmeerzeugung des Spitzenlastkessels

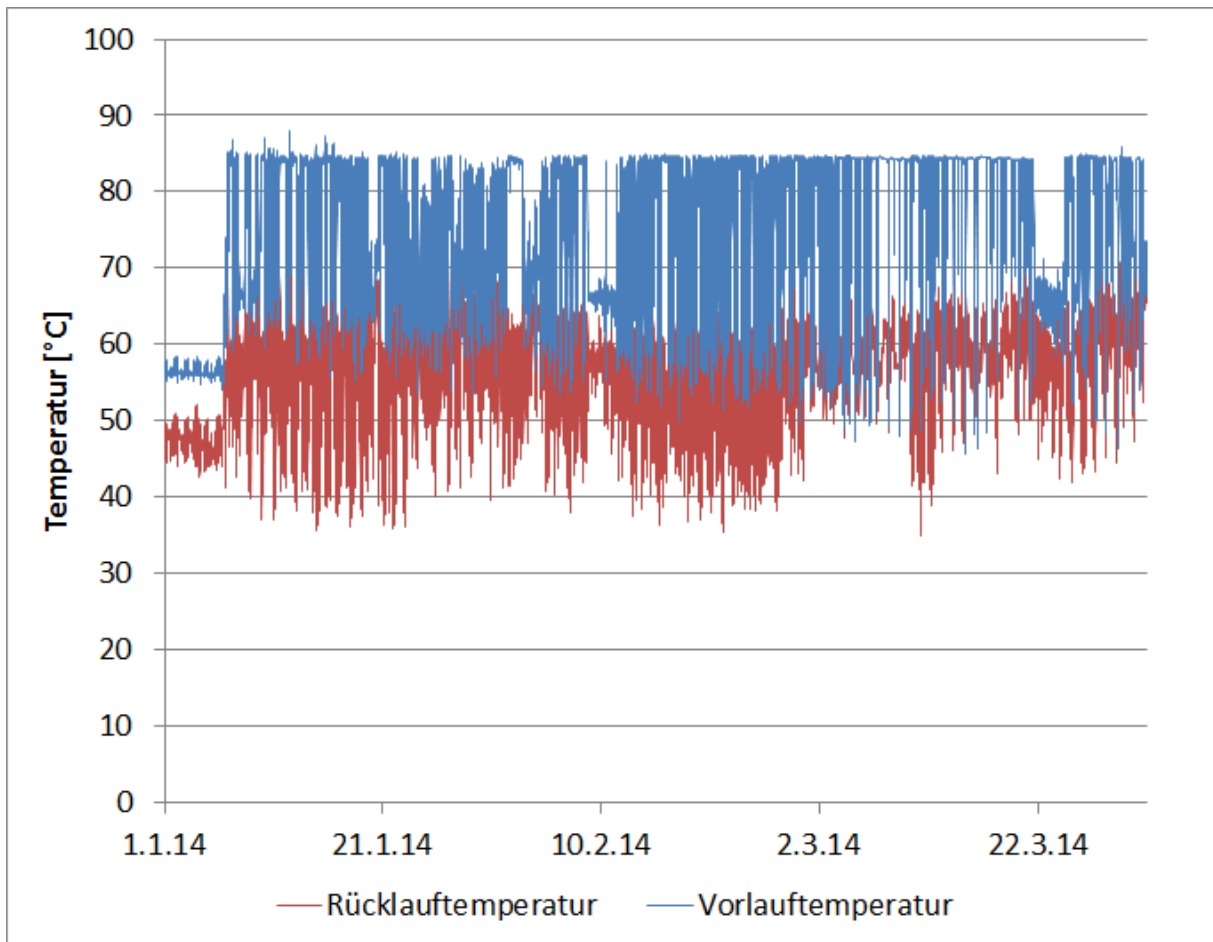


Abbildung 54: Vorlauf- und Rücklauftemperaturen im Hochtemperaturverteiler

Grundsätzlich haben beide Wärmeerzeuger im 1. Quartal 2014 insgesamt ca. 209.000 kWh Wärme erzeugt. Dem gegenüber stehen folgende Verbrauchswerte entgegen:

- Lüftung: 42.500 kWh
- NT-Puffer: 17.200 kWh
- Mittagsbetreuung: 46.650 kWh
- Turnhalle: 87.750 kWh
- Pavillon: 9.300 kWh

Insgesamt wurde verbraucherseitig ein Wärmebedarf von ca. 203.400 kWh gemessen. Dies bedeutet, dass 97,4 % der gesamten produzierten Wärme direkt durch die Heizsysteme, die an den Hochtemperaturbereich angeschlossen waren und verbraucht wurden. Die resultierenden 2,6 % Wärmeverluste durch die Wärmeverteilung waren äußerst gering.

Insgesamt konnte konstatiert werden, dass der Hochtemperaturbereich im gesamten Monitoringzeitraum einwandfrei arbeitete und keine weiteren Anpassungsarbeiten notwendig waren. Die einzigen Einsparungsmöglichkeiten ergaben sich aus notwendigen Anpassungen im Niedertemperaturbereich, die eine Reduktion des Wärmebedarfs für die Lüftung des Gymnasiums sowie der Pufferung des Niedertemperaturbereichs (NT-Puffer) ermöglichten. Dadurch konnte auch eine signifikante Verminderung der Pufferung des Niedertemperaturbereichs durch die Hochtemperaturerzeuger erreicht werden (vgl. Abschnitt 6.3).

## 8 Gesamtenergieverbrauch im Vergleich zum Vorsanierungsstand

Bezug nehmend auf die in Abschnitt 2 dargestellten Energiebedarfe für Wärme bzw. Erdgas und Elektroenergie soll im Rahmen dieses Abschnitts eine kurze abschließende Bewertung der durch die Sanierungsmaßnahmen erzielten Einsparungen bezüglich des Vorsanierungsstandes durchgeführt werden.

### 8.1 Wärmeenergie und Erdgasbedarf

Neben der Bewertung des Betriebsverhaltens der einzelnen technischen Anlagen, deren Zusammenspiel sowie der Untersuchung der Nutzung bzw. der Bewertung der Umsetzung des Nutzungskonzepts und der Raumklimatik einzelner Räume, stand im Rahmen des Monitorings die Bewertung des Gesamtenergieverbrauchs im Vordergrund. Diese wurden vor allem in Hinblick auf den Vorsanierungsstand des Gebäudekomplexes untersucht. Zunächst erfolgt diesbezüglich eine Betrachtung des resultierenden Wärmebedarfs für das erste Jahr der Berichterstattung 2013.

Abbildung 55 zeigt dazu die Wärmeproduktion der drei Wärmeversorgungsanlagen (BHKW, Wärmepumpe und Kesselanlage) für das gesamte Jahr 2013. Wie bereits in [10] diskutiert wurde, erfolgte im März eine Anpassung des Betriebsregimes mit einem höheren Fokus auf die Nutzung des BHKWs und der Wärmepumpe. Bis dahin lag die Hauptwärmeversorgung beim Spitzenlastkessel, wodurch die Energieeffizienz für die ersten beiden Monate 2013 verringert war. Wie bereits beschrieben, ging die Wärmeerzeugung über die Sommermonate deutlich zurück. Im August (vgl. Sommerferien) wurde keine Wärme produziert, da sie auch nicht benötigt wurde [12].

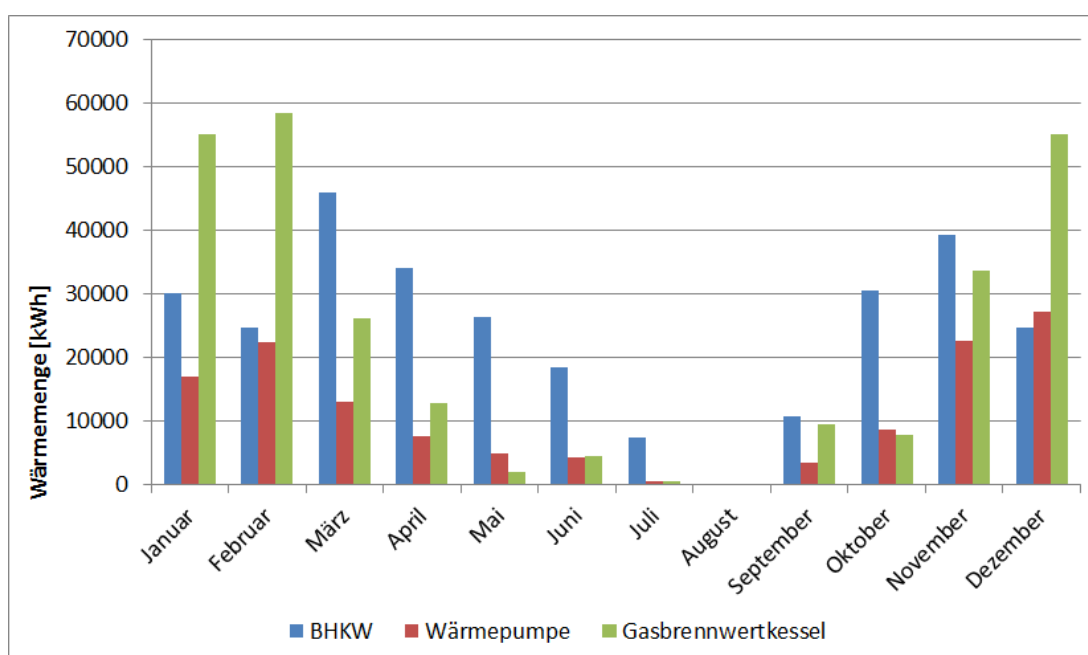


Abbildung 55: Erzeugte Wärmeenergie der drei Wärmeerzeuger im Jahr 2013

Im September 2013 musste das Schulgebäude aufgrund zu starker Kühlung in den Sommerferien wieder aufgeheizt werden, was bereits hier zu einem erhöhten Wärmebedarf, vor allem aus der Kesselanlage, führte [12]. Aufgrund der kalten Temperaturen von Mitte November bis Mitte Dezember stieg hier der Wärmebedarf erwartungsgemäß stark an. Jedoch kam es aufgrund fehlerhaften Verhaltens der Niedertemperaturseite zu einem erhöhten Energiebedarf auch auf der Hochtemperaturseite, wodurch vor allem der Gaskessel sehr oft wieder zum Einsatz kam [16].

Bezug nehmend auf die im Rahmen der Monitoringberichte erarbeiteten Anpassungsnotwendigkeiten am Gesamtsystem (speziell auf der Niedertemperaturseite) wurden weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Anlagenregelung und des Anlagenbetriebs durchgeführt, dies betraf u.a.:

- Hydraulischer Abgleich in der Niedertemperaturverteilung [20]
- Optimierung der Schaltzeiten der Wärmepumpe [23]
- Absenkung der Soll-Rücklauftemperaturen der Wärmepumpe [23]
- Umschaltzeiten für Heizen/Kühlen in einzelnen Gebäudebereichen [23]

Aus derartigen Anpassungen ergaben darüber hinaus weitere Verminderungen des Wärmebedarfs sowie Effizienzsteigerungen im Anlagenbetrieb im Laufe des Jahres 2014.

In Abschnitt 2 wurden die Untersuchungen zum Vergleich des Gesamtenergiebedarfs des Gebäudekomplexes (Strom- und Gasverbrauch) vorgestellt [9]. Dabei konnte für den Gasverbrauch (damals nur zur Wärmeproduktion genutzt) ein klimabereinigter, mittlerer Bedarf von ca. 1.500.000 kWh pro Jahr ermittelt werden.

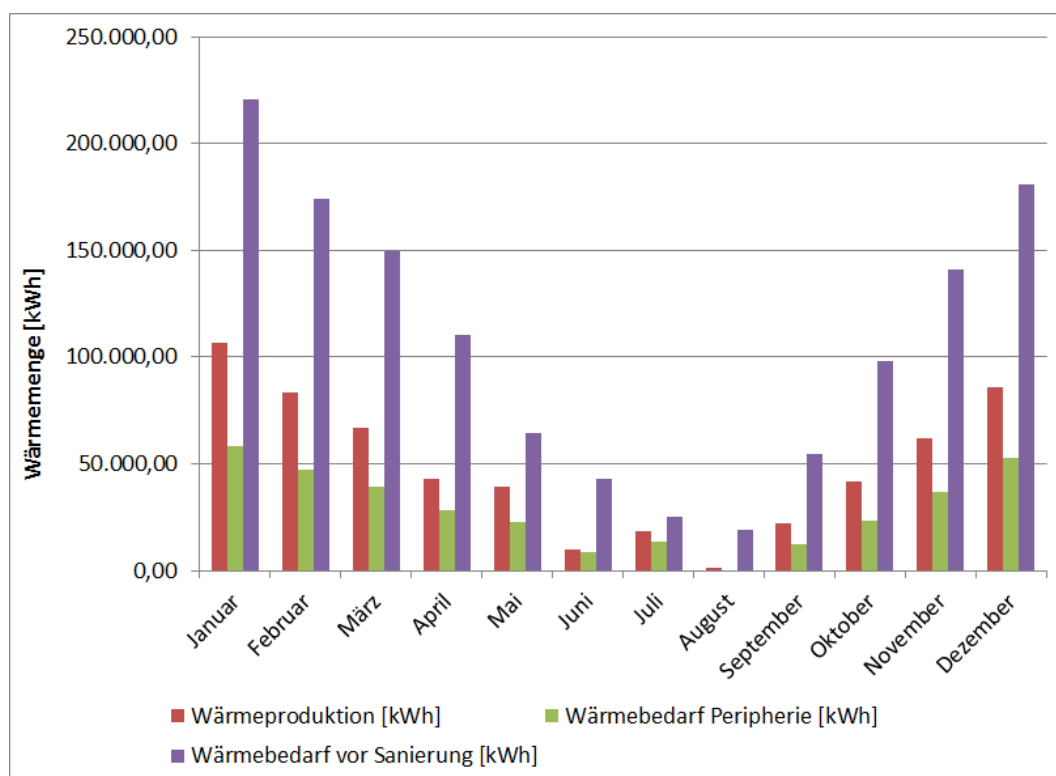


Abbildung 56: Gesamtwärmebedarfe vor und nach der Sanierung und Wärmebedarf der peripheren Gebäudeteile im Jahr 2014

Anhand dieser Werte konnte in [12] ein durchschnittlicher Wärmebedarf von ca. 1.275.000 kWh vor der Sanierung abgeschätzt werden (ca. 85% Wirkungsgrad). Abbildung 56 zeigt hierzu den Vergleich des Gesamtwärmebedarfs vor der Sanierung mit der im Jahr 2014 nach der Sanierung und teilweise bereits durchgeführten Anlagenanpassungen Gesamtwärmeproduktion. Zusätzlich ist hierin der Wärmebedarf für die noch immer unsanierten Bestandteile des Gebäudeensembles (Turnhalle, Mittagsbetreuung, Pavillon) aufgeführt.

Aus den Messwerten für 2013 und 2014 ergibt sich, dass diese Peripheriegebäude insgesamt ca. 60% des Gesamtwärmebedarfs des gesamten Gebäudes aufweisen. In Abschnitt 2.2 wurde aufgeführt, dass vor der Sanierung diese Gebäude lediglich 29% des Gesamtwärmebedarfs aufwiesen. Insgesamt benötigt das Gebäudeensemble klimabereinigt (vgl. Anpassung durch Gradtagszahlen in Abschnitt 2.2) nur noch ca. 660.000 kWh/a Wärme, was eine Einsparung von ca. 49% ggü. dem Vorsanierungsstand entspricht. Unter der Feststellung, dass die unsanierten Gebäudeteile nun einen signifikant höheren Anteil am Gesamtwärmebedarf haben, lässt sich daraus ermitteln, dass der Wärmebedarf des Schulgebäudes durch die durchgeführten baulichen und energetischen Maßnahmen ggü. dem Vorsanierungsstand um 65% gesenkt werden konnte.

Bezüglich der Bewertung der gesetzten Effizienzziele ist es darüber hinaus notwendig, den sich nach der Generalsanierung ergebenden Gasverbrauch bezüglich des Vorsanierungsstandes zu bewerten. Diesbezüglich ist es jedoch einerseits notwendig, die bereits geschilderten Besonderheiten der Aufteilung auf sanierte und unsanierte Gebäudeteile genauer in die Betrachtung mit einzubeziehen. Andererseits wird durch das neue Anlagensystem neben der Wärme für den Hochtemperaturbereich (und ggf. Pufferung des Niedertemperaturbereichs) auch eine signifikante Strommenge erzeugt.

Insgesamt ergaben sich für die beiden Jahre des Monitorings die in Tabelle 9 gezeigten Werte für den Gasverbrauch und die Aufteilung der daraus erzeugten Nutzenergie.

Tabelle 8: Vergleich der Gasausnutzung innerhalb des Monitoringzeitraums

	<b>Wärmeproduktion</b> <b>[kWh]</b>	<b>Stromproduktion</b> <b>[kWh]</b>	<b>Gasverbrauch</b> <b>[kWh]</b>
<b>2013</b>	555.900	190.630	958.470
<b>2014</b>	462.100	175.800	821.340

Klimabereinigt ergibt sich daraus eine Minderung des Gasverbrauchs für das Heizen von ca. 55% (ohne Stromproduktion BHKW). Unter Einbeziehung der Besonderheiten der Aufteilung der Gebäudestruktur und der Umstellung der Wärmeenergieversorgung hauptsächlich auf die Wärmepumpe kann man eine Verbrauchsminderung des Erdgasverbrauchs für die Beheizung des Schulgebäudes (BA I, II, III) von ca. 85% errechnen.

Insgesamt werden ca. 27% des Gasverbrauchs zur Stromproduktion verwendet. Daraus ergibt sich insgesamt ein Gasausnutzungswert von ca. 78%, wobei dieser Wert

hinsichtlich des nominellen Gesamtwirkungsgrades von BHKW und Kessel (über 90%) einen vergleichsweise geringen Wert darstellt.

## 8.2 Elektroenergiebedarf

Die Elektroenergieversorgung des Schulkomplexes erfolgt grundsätzlich über zwei Komponenten, das elektrische Energienetz des Energieversorgers und eine dezentrale Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (BHKW) mit 80 kW thermischer und 50 kW elektrischer Leistung, die gleichzeitig die Wärmeversorgung im Hochtemperaturbereich übernimmt.

Neben dem immensen Gasverbrauch für die Wärmeproduktion nahm vor der Sanierung der Strombedarf von ca. 310.000 kWh pro Jahr für den Schulkomplex einen signifikanten Anteil an den CO<sub>2</sub>-Emissionen ein [9].

Dabei entfielen ca. 80 % (d.h. 248.000 kWh) auf den Stromverbrauch des Gymnasiums, 15% (d.h. 46.500 kWh) auf die Turnhalle, und 5% (d.h. 15.500 kWh) auf die Mittagsbetreuung im Jugendhaus [9]. Da vor der Sanierung keine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage zur Eigenstromproduktion im Schulkomplex installiert war, erfolgte der gesamte Strombezug aus dem öffentlichen Netz.

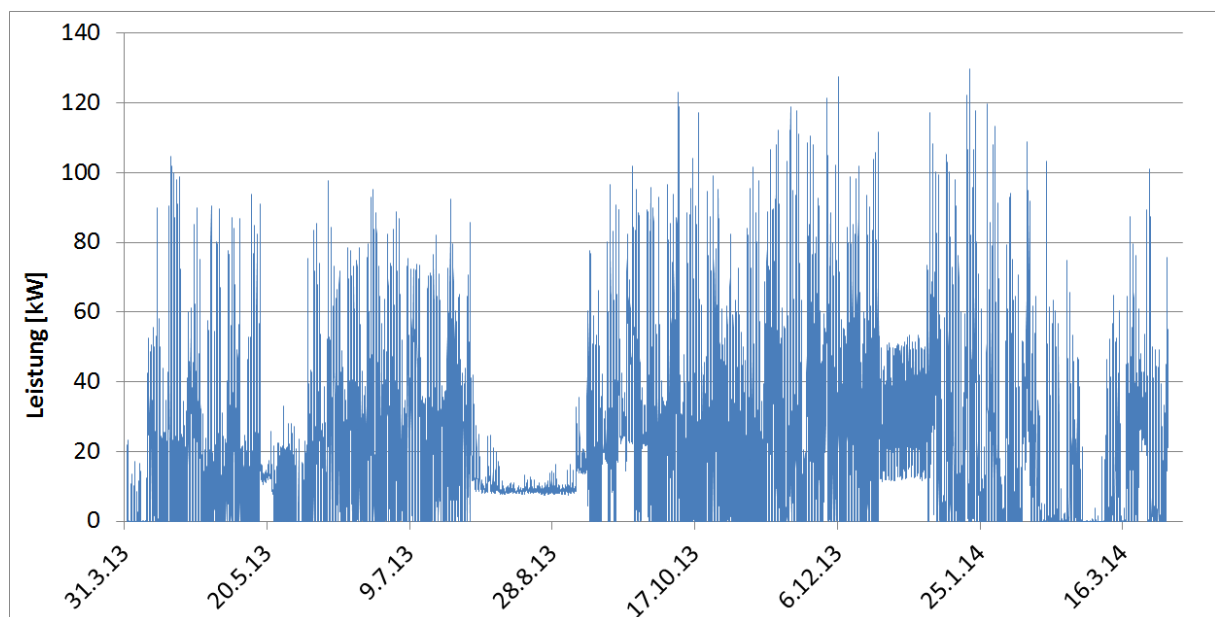


Abbildung 57: Lastgang des elektrischen Energiebezugs aus dem öffentlichen Netz

Abbildung 57 zeigt den Lastgang des Elektroenergiebezugs (zu Zeiten von Rückspeisung 0 kW) für den Zeitraum vom 01.04.2013 bis zum 31.03.2014. Aufgrund der Darstellungsweise lassen sich hieraus grundsätzlich nur wenige Aussagen treffen. Grundsätzlich traten im elektrischen Netz durch den Elektroenergiebezug des Schulkomplexes Lastspitzen von bis zu 130 kW auf, was mit der verhältnismäßig intensiven Elektroenergienutzung durch Wärmepumpe und Lüftung zu begründen war.

Weiterhin fällt in Abbildung 57 auf, dass es in den Sommerferien (August bis Mitte September 2013) bei abgeschaltetem BHKW zu einem nahezu konstanten Elektroenergiebezug von ca. 10 kW kam, der als Grundlast des Komplexes bezeichnet werden kann (z.B. durch abgesenkte Lüftung). Dies bestätigt sich auch bei Betrachtung



der Elektroenergieeinspeisung im betrachtenden Zeitraum (Abbildung 58) Dabei ergeben sich während des BHKW-Betriebs zu Zeiten geringen Eigenverbrauchs Einspeisespitzen von bis zu 35 kW. Dem gegenüber stand eine konstante Elektroenergieproduktion des BHKWs während des Betriebs von ca. 45 kW (vgl. Betrachtungen zum Hochtemperaturbereich in Abbildung 50).

Energetisch gesehen betrug der Elektroenergiebezug im betrachteten Zeitraum ca. 187.300 kWh. Dem gegenüber standen eine Elektroenergieeinspeisung von ca. 44.900 kWh und eine Eigenproduktion den BHKWs von ca. 206.350 kWh. Das bedeutet, dass lediglich 21,75 % des selbstproduzierten Stromes des BHKWs in das öffentliche Netz eingespeist wurden, was einen vergleichbar hohen Eigenstromverbrauchsanteil darstellt.

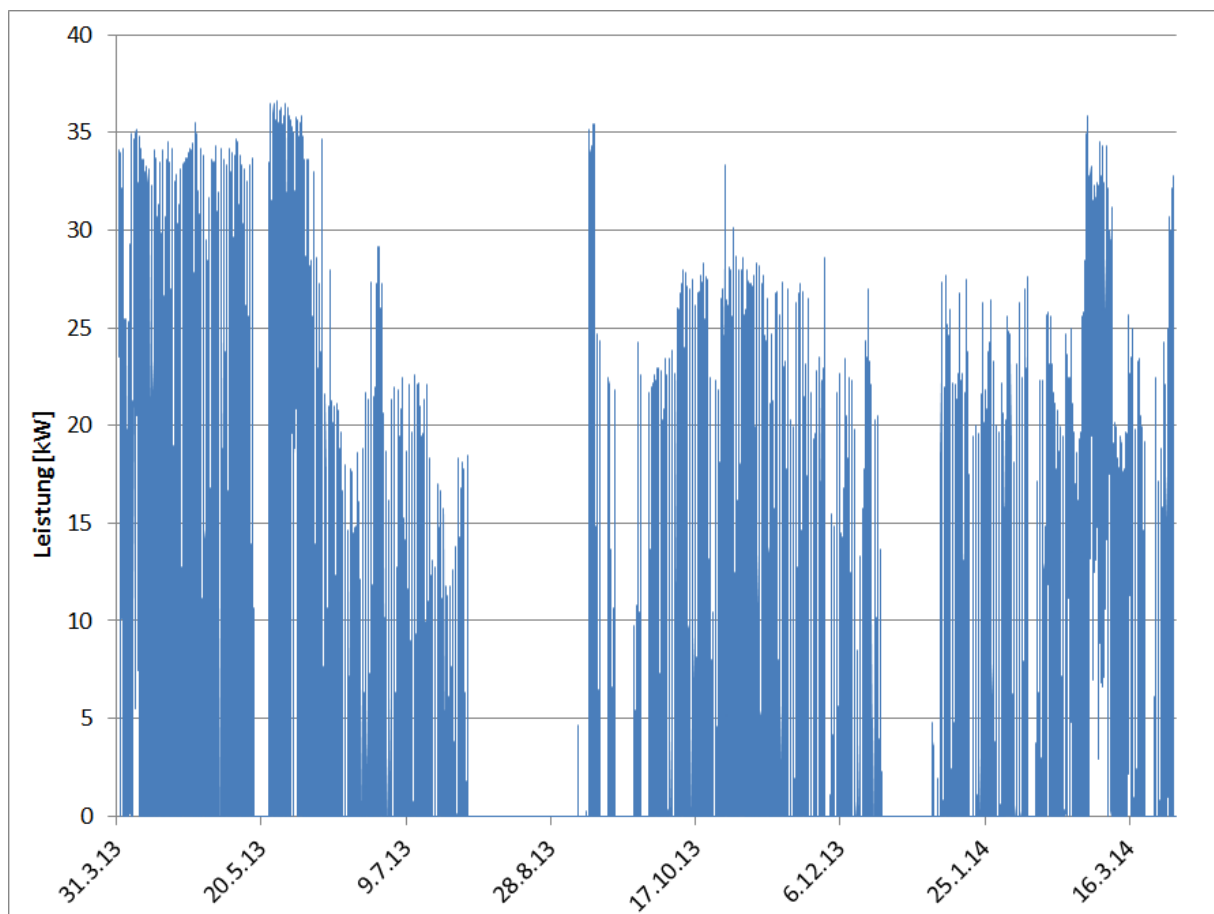


Abbildung 58: Lastgang der Elektroenergieeinspeisung in das öffentliche Netz

Daher kann konstatiert werden, dass durch die Sanierungsmaßnahmen und den Umbau der Anlagentechnik per se der Elektroenergiebezug von 310.000 auf 187.000 kWh, d.h. um ca. 40% gegenüber dem Vorsanierungsstand verringert werden konnte. Bezüglich der CO<sub>2</sub>-Bilanz ergibt sich sogar, durch die Einrechnung des rückgespeisten Stromes, eine Einsparungsquote von ca. 54% (vgl. 142.000 kWh). Insgesamt ergibt sich für den Schulkomplex, unter Einbeziehung der durch das BHKW produzierten Elektroenergie, ein Gesamtbedarf von ca. 348.800 kWh inklusive Wärmepumpenbetrieb im betrachteten Zeitraum.

Um jedoch die Energieverbrauchsminde rung durch die Sanierungsmaßnahmen gegenüber dem Vorsanierungsstand in den sanierten Gebäuden des Gymnasiums (Klassentrakt und

Fachklassentrakt) genauer bewerten zu können, war es notwendig, die Hauptverbraucher an Elektroenergie eingehender zu analysieren.

Nominell kam es durch die Sanierungsmaßnahmen sowie der Integration der Anlagentechnik zu einer Erhöhung des Gesamtelektroenergiebedarfs des Schulkomplexes, der wie schon beschrieben signifikant durch den Einsatz selbst produzierten Stromes durch das BHKW kompensiert wurde. Da jedoch im Rahmen der Sanierung neben dem Austausch und Ergänzung der Anlagentechnik intensive Maßnahmen für die Einsparung an Elektroenergie in den Gebäuden des Gymnasiums durchgeführt wurden (z.B. Verbesserung Tageslichtnutzung [7]), ist es notwendig eine differenzierte Betrachtung der in diesen Bauabschnitten relevanten Energieverbräuche hinsichtlich der gestellten Einsparziele durchzuführen.

Tabelle 9: Elektroenergiebedarf einzelner Geräte und Gebäudeteile

<b>Gerät / Gebäudeteil</b>	<b>Elektroenergiebedarf 01.04.2013-31.03.2014 [kWh]</b>
<b>Wärmepumpe</b>	33.400
<b>Lüftung BA I (Fachklassentrakt)</b>	26.200
<b>Lüftung BA II (Klassentrakt Westflügel)</b>	37.000
<b>Lüftung BA III (Klassentrakt Ostflügel)</b>	27.100
<b>Turnhalle</b>	19.100
<b>Mittagsbetreuung / Jugendhaus</b>	19.300
<b>Pavillon</b>	1.200
<b>Pumpentechnik / Anlagensteuerung</b>	33.100
<b>Gymnasium</b>	<b>152.400</b>

Nach Tabelle 9 ergibt sich nach der Sanierung für den betrachteten Zeitraum eine Verringerung des Elektroenergiebedarfs von 248.000 kWh auf 152.400 kWh pro Jahr, was einer grundsätzlichen Verringerung um ca. 40 % entspricht. Diesem Energiebedarf sind jedoch ebenfalls Mehrverbräuche, die durch die Modernisierung der Lehrinfrastruktur (z.B. Mimio-Boards in den Klassenzimmern, Serverraum, erweiterte EDV-Bereiche) entstehen, zuzurechnen. Anhand der aufgezeichneten Messwerte lässt sich ein Mehrverbrauch durch die Modernisierung von 20.000 – 25.000 kWh pro Jahr abschätzen (Klassenräume 6.000 – 8.000 kWh, EDV/Server: 15.000 – 20.000 kWh).

Die daraus resultierenden ca. 130.000 kWh/a werden zusätzlich anteilig durch das BHKW gedeckt. Geht man davon aus, dass ca. ein Drittel (Anteil Strombedarf des Gymnasiums am Gesamtstrombedarf) der eigenproduzierten und nicht eingespeisten Elektroenergie zur Deckung der ermittelten Menge an Elektroenergiebedarf nach der Sanierung genutzt wird, ergibt sich für den Elektroenergiebedarf des Gymnasiums nach der Sanierung eine

Elektroenergiemenge von ca. 70.000 kWh/a, was einer Minderung gegenüber dem Vorsanierungsstand von ca. 72% entspricht. Für eine Spezifizierung der CO<sub>2</sub>-relevanten Einsparungen beim Elektroenergiebedarf ist zusätzlich die Einspeisung des BHKWs zu betrachten. Wird diese ebenfalls gleichanteilig wie der Eigenstromverbrauch in die Berechnung mit einbezogen, ergibt sich sogar eine Verbrauchsminderung beim Elektroenergieverbrauch des Gymnasiums von ca. 79%. Dabei wurde berücksichtigt, dass durch die Sanierungsmaßnahmen und die Veränderungen in der Anlagentechnik sich der Anteil des Energieverbrauchs des Gymnasiums am Gesamtelektroenergiebedarf von 80% [9] vom Vorsanierungsstand auf ca. 43,6% verringert hat.

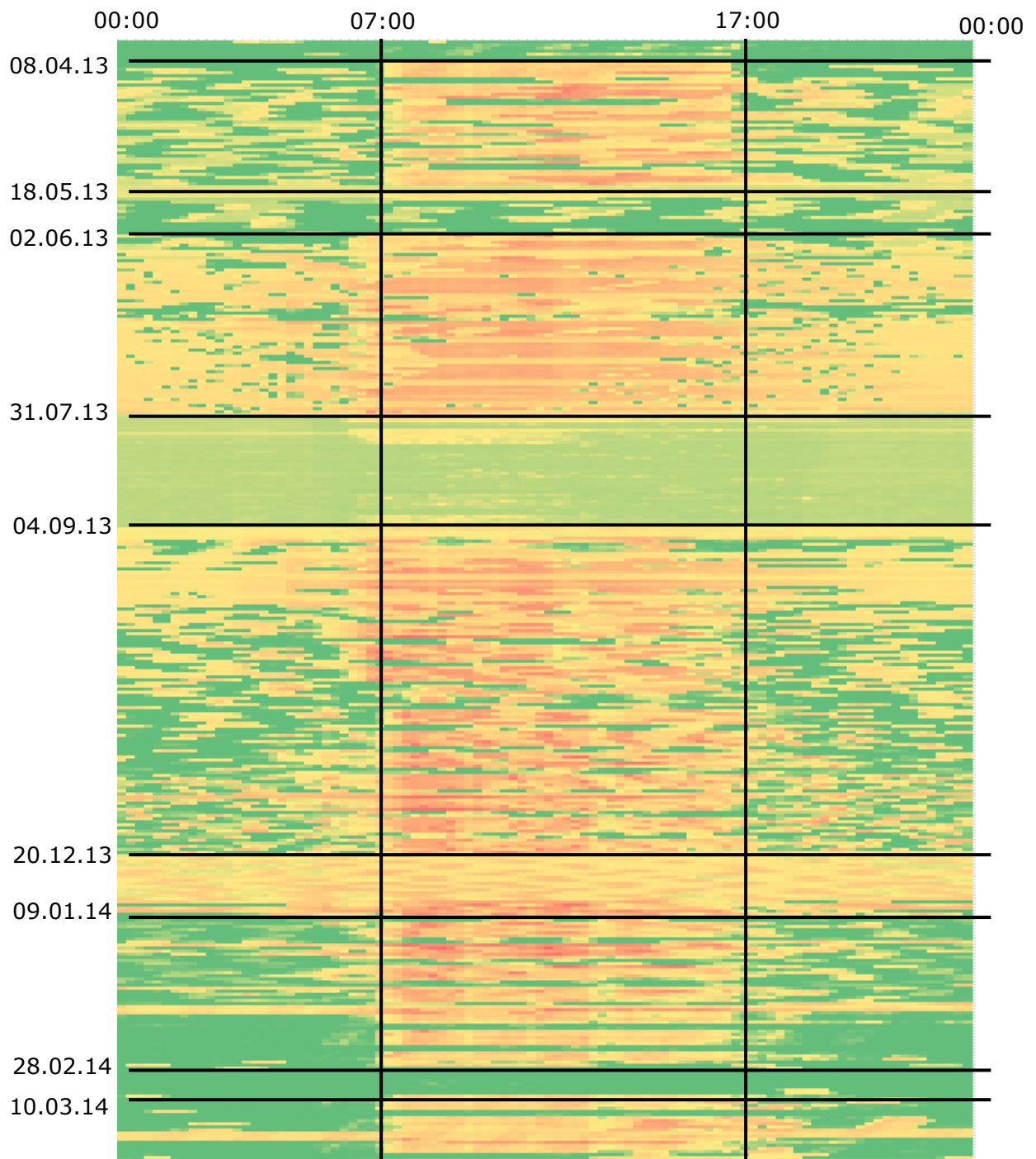


Abbildung 59: Elektroenergiebezug im betrachteten Zeitraum bezüglich der Tageszeit

Nichtsdestotrotz ergeben sich aufgrund der Verflechtung von Wärme- und Stromproduktion (BHKW, Wärmepumpe) weitere Einsparungsmöglichkeiten. Besonders relevant bezüglich der Betriebskosten sind darüber hinaus Möglichkeiten zur Verringerung der Elektroenergieeinspeisung durch das BHKW, wobei diese mit 21,75% schon vergleichsweise sehr niedrig sind.

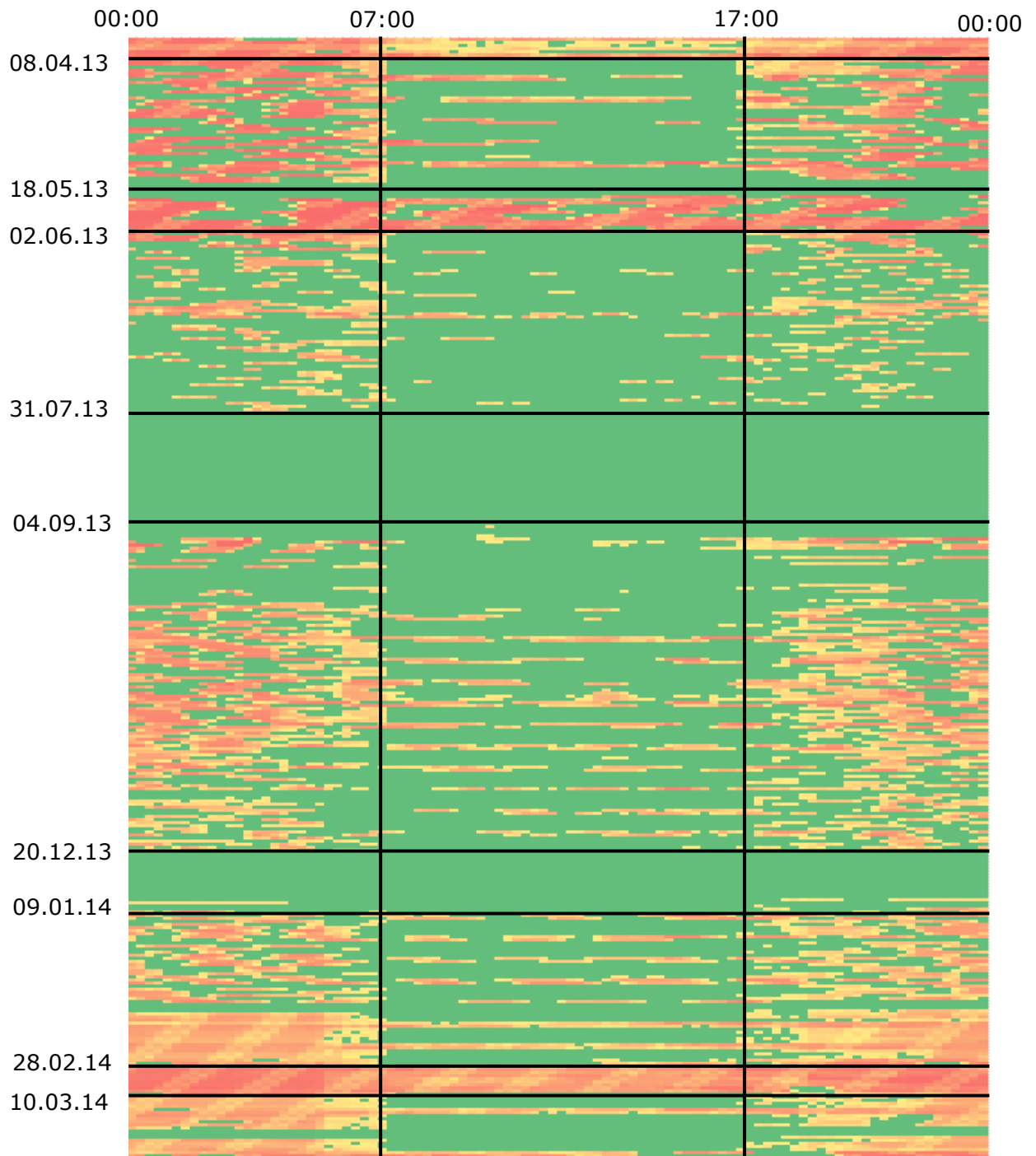


Abbildung 60: Einspeisung im betrachteten Zeitraum bezüglich der Tageszeit

Abbildung 59 zeigt die Verteilung des Elektroenergiebezugs innerhalb des betrachteten Jahres bezüglich der aktuellen Tageszeit. Rote Bereiche weisen dabei auf einen hohen Bezug und gelbe Bereiche auf mittleren bis niedrigen Bezug hin. Zu Zeiten der Elektroenergieeinspeisung (grün) war der Bezug 0 kW.

Dem gegenüber steht die in Abbildung 60 gezeigte Elektroenergieeinspeisung im betrachteten Zeitraum. Hier wurden äquivalent hohe Einspeisungsgrade rot und Zeiten, in denen nicht eingespeist wird, grün gekennzeichnet.

Es zeigt sich, dass der größte Elektroenergiebedarf während der Unterrichtszeiten anfiel. Dieser wurde vor allem mit dem Bedarf der Lüftungsanlage sowie des Gymnasiums selbst begründet und war für die Anwendung des Schulgebäudes als normal anzusehen.

In den Sommerferien und Weihnachtsferien kam es zu einem nahezu konstanten Elektroenergiebezug, der mit der bestehenden Grundlast sowie der Abschaltung des BHKWs in den Ferien zusammenhing. Außerhalb der Ferienzeiten kam es zeitweise in Früh- und Abendstunden zu einem Mehrbezug an Elektroenergie, was vor allem am teilweise ungewünschten Betrieb der Lüftungsanlage lag, was bereits in den zurückliegenden Quartalsberichten eingehend diskutiert und angemahnt wurde.

Haupteinspeisungszeiten waren neben den Früh- und Abendstunden, in denen das BHKW zur Wärmeversorgung der teilweise unsanierten peripheren Gebäudeteile (Turnhalle, Jugendhaus, etc.) betrieben werden musste, die Ferienzeiten, in denen das BHKW nicht manuell abgeschaltet wurde. Speziell traf das für die Winterferien 2014 (28.02. – 10.03.) zu, in denen ein Großteil des selbstproduzierten Stromes (vgl. Grundlast 10 kW, Produktion 45 kW) eingespeist wurde. Diesbezüglich ergeben sich weitere relevante Möglichkeiten den Gasverbrauch (durch das BHKW) zu vermindern und die ohnehin schon gute Ausnutzungsquote selbstproduzierten Stromes weiter zu erhöhen.

Breibt man zu Zeiten des ausschließlichen Grundlastbedarfs an Elektroenergie ein BHKW, welches signifikant mehr Strom produziert als benötigt, kommt es darauf an, ob der Mehreinsatz von Gas zur gleichzeitigen Stromproduktion durch den verminderten Bezug an Strom kompensiert werden kann. Ohne Annahmen von zusätzlichen Förderungen lässt sich hier berechnen, dass sich ein BHKW-Betrieb gegenüber einer konventionellen Brennwertkesselanlage, bei aktuell marktüblichen Energiepreisen (Gas 6 ct/kWh, Strom 25 ct./kWh), ab einer Eigennutzungsquote des produzierten Stromes von 30-40% lohnt. Für die in Sonthofen vorherrschenden Grundlastfälle wurden diese Quoten jedoch nicht erreicht, so dass die Hochtemperaturwärmeproduktion sich, wenn notwendig, mit dem bestehenden Kessel während der Ferienzeit als effizienter erweist.

### **8.3 Primärenergiebedarf- und CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Bezug nehmend auf die in Abschnitt 2.3 dargestellten Ergebnisse zum Primärenergiebedarf und die resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudeensembles Gymnasium Sonthofen sollen im Rahmen dieses Abschnitts die erzielten der Ergebnisse aus den Abschnitten 8.1 und 8.2 kurz hinsichtlich dieser beiden signifikanten Bewertungsmaßstäbe für die Erreichung der Ziele der energetischen Sanierung zusammengefasst werden.

Wie bereits in Abschnitt 2.2 beschrieben, können die erzielten Einsparungen, speziell für Elektroenergie- und Erdgasverbrauch aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden. Einerseits können die erzielten Einsparungen im Vergleich zum Vorsanierungsstand hinsichtlich des kompletten Schulkomplexes inklusive sanierten (Klassentrakt, Fachklassentrakt) und unsanierten Bereichen (Turnhalle, Jugendhaus, Pavillon) untersucht werden. Für diesen Fall ergibt sich für alle Gebäudeteile insgesamt nach der Sanierung klimabereinigt noch ein jährlicher Erdgasbedarf von ca. 925.000 kWh. Als Elektroenergiebedarf aus dem öffentlichen Netz werden noch ca. 187.000 kWh pro Jahr aus dem öffentlichen Netz benötigt. Hierzu kommt noch eine jährliche Einspeisung von Elektroenergie durch das BHKW von ca. 45.000 kWh in das öffentliche Netz (vgl. Tabelle 10).

Tabelle 10: Vergleich von Energiebedarf und Einsparungspotential zwischen Vor- und Nachsanierungsstand bezüglich Schule und Schulkomplex

	<b>Schule<sup>1</sup> (alt<sup>2</sup>)</b>	<b>Schul- komplex<sup>3</sup> (alt)</b>	<b>Schule (neu<sup>4</sup>)</b>	<b>Schul- komplex (neu<sup>5</sup>)</b>	<b>Einsparung Schule</b>	<b>Einsparung Schul- komplex</b>
<b>Wärmebedarf [kWh/a]</b>	905.000	1.275.000	257.000	680.000	71,60%	46,67%
<b>Elektroenergie-bezug [kWh/a]</b>	248.000	310.000	90.000	187.000	71,77%	39,68%
<b>Rückspeisung Elektroenergie [kWh/a]</b>	0	0	21.000	45.000	-	-
<b>Erdgasbedarf [kWh/a]</b>	1.065.000	1.500.000	245.000	925.000	77,00%	38,33%
<b>Primärenergie-bilanz [kWh/a]</b>	1.816.300	2.456.000	448.900	1.386.700	75,28%	43,54%
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen [t/a]</b>	363,64	487,96	91,01	270,62	74,97%	44,54%

<sup>1</sup> Klassentrakt und Fachklassentrakt

<sup>2</sup> Bauzustand alle Gebäudeteile unsaniert (vor 2009)

<sup>3</sup> Klassentrakt, Fachklassentrakt, Turnhalle, Jugendhaus, Pavillon

<sup>4</sup> Bauzustand Klassentrakt, Fachklassentrakt saniert, Modernisierungsmaßnahmen (Mimio-Boards, EDV-Räume, Server, Lüftung, etc.) herausgerechnet

<sup>5</sup> Bauzustand Klassentrakt, Fachklassentrakt saniert, Turnhalle, Jugendhaus, Pavillon unsaniert (nach 2012), inklusive aller Modernisierungsmaßnahmen

Bezüglich der in Abschnitt 2.3 dargestellten Bewertungsfaktoren für den Primärenergiebedarf und die resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen ergeben sich für den Komplex des generalsanierten Schulgebäudes des Gymnasiums Sonthofen und die angeschlossenen peripheren noch unsanierten Gebäudeteile ein Gesamtprimärenergiebedarf von 1.386.700 kWh (177,78 kWh/m<sup>2</sup>) und eine jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionsmenge von 270,622 Tonnen. Dies entspricht einer Einsparung von ca. 45% ggü. dem Vorsanierungsstand.

Wie bereits in den Abschnitten 8.1 und 8.2 detailliert erläutert, wird eine derartige Bewertung den durchgeführten Sanierungsmaßnahmen nur in eingeschränkter Form gerecht. Einerseits wird nicht betrachtet, dass die peripheren Gebäude Turnhalle, Jugendhaus und Pavillon weiterhin unsaniert und dadurch einen vergleichbar hohen Wärme- und Vorlaufemperaturbedarf haben. Daher ist auch die Hauptaufgabe des in der neuen Heizzentrale installierten Hochtemperaturbereichs die Wärmebedarfsdeckung für die peripheren Gebäudeteile. Die Kopplung zwischen Hochtemperaturbereich und Gymnasium besteht lediglich aus einer vergleichbar geringen Wärmemenge und der eigenerzeugten Elektroenergie des BHKWs.

Weiterhin wird bei einer ausschließlichen Betrachtung des Schulkomplexes für die Bewertung nicht in Betracht gezogen, dass die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen nicht nur der bautechnischen und energetischen Verbesserung des Gebäudeensembles dienen, sondern dass dadurch auch der Komfort (z.B. Lüftung) und die Lerninfrastruktur (Mimio-Boards, verbesserte EDV) deutlich verbessert worden sind. Derartige Maßnahmen gehen natürlich mit einem erhöhten Energiebedarf (vor allem Elektroenergie) einher und kompensieren dadurch teilweise oder gar ganz die erzielten Einsparungen. Daher wurden neben der bereits skizzierten Darstellung für den gesamten Schulkomplex in Tabelle 10 noch eine differenzierte Betrachtung der erzielten Einsparungen gegenüber dem Vorsanierungsstand durchgeführt. Dabei fokussierte die Analyse ausschließlich den Vor- und Nachsanierungsstand des generalsanierten Klassentraktes bzw. Fachklassentraktes. Mehrverbräuche für erhöhten Lern- und Lehrkomfort wurden dabei ebenfalls herausgerechnet.

Daraus ergab sich, dass durch die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen ein durchschnittlicher Einspareffekt für den Primärenergiebedarf bzw. die CO<sub>2</sub>-Emissionen von ca. 75% erreicht werden konnte. Dieser Wert beinhaltet auch, dass es im betrachteten Monitoringzeitraum aufgrund der durchgeführten Analysen immer wieder Anpassungen am System, speziell im Niedertemperaturbereich und an der Wärmepumpe gegeben hat. Durch letzte Maßnahmen im vierten Quartal 2014 konnte dabei u.a. der COP der Wärmepumpe auf einen Wert um ca. 4,5 [30] gehoben werden, was gegenüber den Mittelwerten der beiden Jahre 2013 und 2014 noch einmal einer Effizienzsteigerung von ca. 15% entspricht. Dadurch ist es sehr wahrscheinlich, dass im Folgejahr auch Einsparungsraten von bis zu 80% erreicht werden könnten. Durch die Differenz zwischen der Betrachtung der sanierten Gebäude und des Gesamtkomplexes zeigt sich darüber hinaus ebenfalls die Notwendigkeit einer Sanierung der noch unsanierten, peripheren Gebäudeteile.

## 9 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des hier dokumentierten Abschlussberichts wurden die Ergebnisse des zweijährigen Intensivmonitorings am Gymnasium Sonthofen zusammengefasst. Das Monitoring wurde im Anschluss einer umfassenden Generalsanierung des Gebäudeensembles inklusive des Austauschs des Energieversorgungssystems durch ein multivalentes Heizenergieversorgungssystem durchgeführt, um einerseits einen Nachweis der erreichten Energieeffizienz erbringen zu können und andererseits eine Optimierung des Anlagensystems im Rahmen der ersten Betriebszeit zu ermöglichen.

Das Monitoring beinhaltete die Ergänzung der bereits bestehenden Messtechnikinfrastruktur sowie deren Wartung, die Analyse von Messwerten zur Spezifizierung des Vorsanierungsstandes und die zyklische Überprüfung der Funktionsweise der einzelnen Systemkomponenten anhand von Quartalsberichten. Dies beinhaltete folgende Systemkomponenten und Systembereiche:

1. Raumklimatik und Energiebedarf einzelner Räume
2. Lüftungsanlage BA I bis III
3. Grundwasserbrunnen und Kühltechnik
4. Niedertemperaturbereich inkl. Wärmepumpe
5. Hochtemperaturbereich inkl. BHKW und Brennwertkessel

Im Rahmen der einzelnen Quartalsberichte wurde dem Planer eine Vielzahl von Anpassungsmaßnahmen übermittelt, die zu einer signifikanten Verbesserung der Systemeffizienz geführt haben. Dies beinhaltete vor allem Anpassungen im Niedertemperaturbereich (Betrieb der Wärmepumpe). Weiterhin stellte sich die Überprüfung des Lüftungssystems und diesbezüglich relevanter Sensoren (CO<sub>2</sub>-Sensoren) als besonders wichtig heraus.

Anhand der Bewertung des Energiebedarfs vor und nach der Sanierung ergab sich, dass für die generalsanierten Gebäudeteile eine Minderung der resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen von ca. 75% erreicht werden konnte. Einzelne Maßnahmen zur Minderung des Energiebedarfs (z.B. Gasbedarf zum Heizen) führten gar zu einer Emissionsminderung von über 85% ggü. dem Vorsanierungsstand.

Im Rahmen des zweijährigen Monitorings konnte durch die durchgeführten Analysen und Anpassungsmaßnahmen ein den Grundlagen der Planung entsprechende Anlagenbetrieb realisiert werden. Speziell die Anpassung des Wärmepumpenbetriebs stellte aufgrund der Komplexität des vorliegenden multivalenten Systems eine große Herausforderung dar. Aufgrund dessen, dass letzte Anpassungen am System erst im letzten Quartal des Monitoringzeitraums durchgeführt wurden und somit keine vollständige Messkampagne über mindestens ein Jahr mit konstanten Systemparametern vorhanden ist, wird empfohlen, die Monitoring-Kampagne noch um mindestens ein Jahr weiterzuführen. Der Fokus der hier durchzuführenden Betrachtungen kann zwischen Anlagenbetreiber, Planer und Monitorer auch neu spezifiziert werden.



## Quellenverzeichnis

- [1] Stadt Sonthofen: Homepage:  
<http://www.sonthofen.de/Stadtpolitik/NachhaltigeProjekte/-GeneralsanierungGymnasium.aspx#ausgangssituation>. Stand Juni 2013.
- [2] EnOB Forschung für Energieoptimiertes Bauen: Leitfaden für das Monitoring der Demonstrationsbauten im Förderkonzept EnBau und EnSan,. 2012.
- [3] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN V 18599 - Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. 2005.
- [4] EA EnergieArchitektur GmbH: 1. Quartalsbericht 2013: Monitoring Gymnasium Sonthofen. Dresden, 2013.
- [5] Hochschule Kempten: Messstellen zur Evaluierung und Monitoring der Generalsanierung Gymnasium Sonthofen. Kempten, 2012.
- [6] Hörburger Control Systems: Funktionsbeschreibung Gebäudeleittechnik Gymnasium Sonthofen. Waltenhofen, 2012.
- [7] H. Kess: Sanierungskonzept zur Einsparung von 80% Primärenergieaufwand bei der nachhaltigen Erneuerung und Bewirtschaftung des Gymnasiums Sonthofen. Abschlussbericht, Architekturbüro Werner Haase, Karlstadt, 2009.
- [8] SchulRadar-Webseite: <http://www.schulradar.de/sonthofen/gymnasium-sonthofen>, Aufruf: Juni 2013.
- [9] EA EnergieArchitektur GmbH: Aufbereitung und Plausibilisierung der Monitoring-Daten vor den Sanierungsmaßnahmen. Dresden, 2013.
- [10] EA EnergieArchitektur GmbH: 2. Quartalsbericht 2013: Monitoring Gymnasium Sonthofen. Dresden, 2013.
- [11] Tagesspiegel online: Höchststand bei CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre. 11.05.2013, Webseite: <http://www.tagesspiegel.de/politik/klimawandel-hoehchststand-bei-co2-gehalt-in-der-atmosphaere/8190608.html>.
- [12] EA EnergieArchitektur GmbH: 3. Quartalsbericht 2013: Monitoring Gymnasium Sonthofen. Dresden, 2013.
- [13] Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung – Kraft-Wärmekopplungsgesetz, 2002.
- [14] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle – BAFA: Online-Verfahren zur Meldung von KWK-Stromerzeugung, -einspeisung und Brennstoffeinsatz (<https://elan1.bafa.bund.de/elan/frontend/index.php>)

- [15] Güttinger Ingenieure: Schaltschema Heizung/Kühlung – Energetische Sanierung Gymnasium Sonthofen. Kempten, 2011.
- [16] EA EnergieArchitektur GmbH: 4. Quartalsbericht 2013: Monitoring Gymnasium Sonthofen. Dresden, 2014.
- [17] EA EnergieArchitektur GmbH: 1. Quartalsbericht 2014: Monitoring Gymnasium Sonthofen. Dresden, 2014.
- [18] Wilo: Datenblätter zu Umwälzpumpen und Online-Pumpenkonfigurator. 2014.
- [19] EA EnergieArchitektur GmbH: 2. Quartalsbericht 2014: Monitoring Gymnasium Sonthofen. Dresden, 2014.
- [20] Güttinger Ingenieure: Auswertung und Maßnahmenplan zum 2. Quartalsbericht 2014 des Monitorings am Gymnasium Sonthofen. Kempten, 14.08.2014.
- [21] Max Weishaupt GmbH: Niedertemperatur-Wärmepumpen WWP S 50I bis WWP S75 I. Datenblatt, 2012.
- [22] EA EnergieArchitektur GmbH: 3. Quartalsbericht 2014: Monitoring Gymnasium Sonthofen. Dresden, 2014.
- [23] Güttinger Ingenieure: Auswertung und Maßnahmenplan zum 3. Quartalsbericht 2014 des Monitorings am Gymnasium Sonthofen. Kempten, 14.11.2014.
- [24] H. Recknagel, E. Sprenger, E.-R. Schramek: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. Oldenbourg Industrieverlag, 2007.
- [25] Verordnung über die verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten, Ausfertigungsdatum: 02.12.2008.
- [26] J. Saatweber: Die Bewertung des Heizenergieverbrauchs mit den Gradtagszahlen GTZ. 2008.
- [27] Deutscher Wetterdienst (DWD) – Wetterdaten und –statistiken express (WESTE): Monatliche Gradtagszahlen – Jahresauswertung nach VDI 2067 für 2008-2012, Messstation: Obersdorf, 2013.
- [28] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Primärenergiefaktoren von biogenen Energieträgern, Abwärmequellen und Müllverbrennungsanlagen. BMVBS-Online-Publikation, Nr. 12/2012, 2012.
- [29] Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und –strategien (IINAS): Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 4.8. 2013.
- [30] EA EnergieArchitektur GmbH: 4. Quartalsbericht 2014: Monitoring Gymnasium Sonthofen. Dresden, 2014.

## **Ergänzung zum Abschlussbericht**

### **Umsetzung und Monitoring der ganzheitlichen Sanierung einer in Fertigteilbauweise errichteten Bestandsschule („Kasseler Modell“) zu einer Niedrigstenergieschule / Passivhausschule**

**gefördert unter dem AZ 25812/02  
von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)**

Im Oktober 2015 wurde der Abschlussbericht erstellt. Zu diesem Zeitpunkt wurde jedoch noch das Monitoring betrieben.

Die Verlängerung des Monitorings um 4 Quartale hatte u. a. folgenden Grund:  
Das Monitoring war ursprünglich an die FH Kempten vergeben. Hierbei war der Bereich Informatik mit den Arbeiten beauftragt worden. Es stellte sich jedoch relativ schnell heraus, dass dies nicht in erster Linie ein Informatikproblem ist, sondern dass das Prinzip der Funktion einer Schule in Verbindung mit Heizen, Kühlen, Lüften, interne Wärmelasten, Betriebszeiten sowie Ferienzeiten aus Nutzersicht verstanden sein muss. Gleichzeitig ist ein hohes Wissen über Wirkungsweise und Beeinflussbarkeit der Heizungs- Kühlungs-systeme, deren Steuerung aber auch den hydraulischen Belangen notwendig. Anfangs waren Studenten in die Arbeit eingebunden, was jedoch aufgrund des Wechsels der Studierenden für eine langfristige Untersuchung nicht dienlich ist. Ein Teil der studentischen Arbeit war z. B. das Bauen einer Wetterstation, die jedoch nie richtig funktionierte.

Es war daher notwendig, den Monitorer zu wechseln und es musste eine Infrastruktur für die Messeinrichtungen eingebaut werden, die aufgrund des o. g. Umstandes nicht rechtzeitig mit der TGA-Planung abgestimmt war.

Nach Auflösung des ersten Vertrages und Installation der Messeinrichtungen war jedoch die Anlage erst im Frühjahr 03/2013 betriebsbereit, sodass die wichtige Messphase eines Winters fehlte.

Durch das Monitoring stellte sich sehr schnell heraus, dass die Energieverbräuche deutlich über der Prognose lagen und es zu sehr seltsamen Ergebnissen kam. So musste z. B. zum Schuljahresbeginn Mitte September 2013 das Schulgebäude schnell aufgeheizt werden, da über den Sommer in den Ferien das gesamte Gebäude intensiv abgekühlt wurde, was mittels Grundwasser über die Deckenheiz-/kühlflächen erfolgte. Hierbei zeigte sich auch, dass die Hauptheizlast vom Kessel übernommen wurde und es wurde durch das Monitoring festgestellt, dass die Betriebshierarchie durch die MSR-Technik falsch programmiert war. D.h. der Kessel bekam Vorrang, danach im Prinzip das BHKW und nachrangig die Wärmepumpe. Weshalb und durch welche Angabe dies geschah ist nicht nachvollziehbar.

Durch die Monitoringsergebnisse und die Erkenntnisse aus Laufzeiten, Temperaturverläufen im System, aber auch in der Umwelt führten dazu, dass dieser Fehler sehr schnell erkannt wurde und entsprechend umprogrammiert wurde. Festzustellen ist hier, dass die Auslegung der Heizung und der Lüftungsanlage sowie die Bemessung von WP, BHKW und die Reduzierung der Kesselleistung sehr genau und richtig durch das Ingenieurbüro Güttinger berechnet und ausgelegt war. Wie nun die fehlerhafte Programmierung zustande kam, ist aufgrund der ansonsten guten Planung nur schwer nachzuvollziehen.

Im Laufe des anschließenden Monitorings fanden weitere Optimierungen statt. Dies war einerseits die Abstimmung WP/BHKW und Eigenstromverwendung aus dem BHKW und andererseits die Optimierung der Laufzeiten der Lüftungsanlagen. So waren die Lüftungsanlagen zu oft zu lange in Betrieb, was wiederum erhöhten Strombedarf, aber auch Lüftungsenergieverluste zur Folge hatte.

Weiterhin wurde festgestellt, dass gewisse CO<sub>2</sub>-Messgeräte eines bestimmten Herstellers auch nach Austausch der Geräte völlig falsche CO<sub>2</sub>-Werte gemessen haben. So z. B. 180ppm, obwohl die Außenluft bereits ca. 400ppm aufweist. Hier galt es festzustellen, ob nur die Skalierung lediglich mit einem zu niedrigen Wert beginnt, oder ob schlimmstenfalls ein Faktor z. B. immer nur Anzeige von z. B. 40% des tatsächlichen Wertes vorlag. Durch Vergleichsmessungen mit kalibrierten Handgeräten konnte hier festgestellt werden, dass die Anzeige lediglich „zu niedrig“ beginnt. Es ist jedoch anzunehmen, dass diese zu niedrigen Messwerte bedeutenden Einfluss auf Einschaltpunkte und Leistung der Lüftungsanlagen haben.

Durch das Monitoring wurden monatlich Einstellwerte nachjustiert und ein sehr gutes Ergebnis in der Verbrauchsminderung erreicht.

Plötzlich erhöhte sich jedoch wieder deutlich die verbrauchte Gasmenge. Es stellte sich heraus, dass routinemäßig die gesamte MSR-Technik durch einen Kundendienstmonteur überprüft wurde. Hierbei stellte er fest, dass die gesamte Anlage „verstellt“ war. Das im Heizraum befindliche Heizanlagen-Wartungsbuch war nicht mit den Änderungen nachgetragen worden, sodass bei der Wartung die ursprünglichen, weitgehend falschen Grundeinstellungen wieder eingegeben wurden. Dadurch waren wiederum wichtige Werte zur Auswertung eines Messjahres verändert worden.

Durch die o. g. Probleme war es wichtig, ein komplettes Jahr vermessen zu können. Dies ist mittlerweile erfolgt und bestätigt die vorher errechneten Zielwerte für den Schulbereich. D. h. die Schule kann als eigenes Gebäude komplett durch die WP beheizt werden. Ebenso stellte sich heraus, dass die Deckenheizflächen, die im Sommer gleichzeitig als Kühlflächen dienen, richtig ausgelegt wurden und im Sommer die Kühlleistung völlig ausreichend ist.

Es stellte sich weiterhin heraus, dass die Führungsgröße für die Kühlung, aber auch Heizung hauptsächlich im Inneren des Gebäudes zu ermitteln ist und nicht durch die Außentemperaturen zu regeln ist. Die Wärmedämmung des Gebäudes ist so gut, dass die äußeren Einflüsse nicht so entscheidend sind, wie diese Einflüsse von außen in Verbindung mit den inneren Wärmelasten.

Leider wurden die bestehenden peripheren Gebäude nicht energetisch saniert. Sie benötigen außerdem Hochtemperatur, die durch BHKW-Abwärme und Kesselbetrieb abgedeckt wird.

Im Gebrauch haben sich verschiedene Probleme ergeben, die z. T. durch nicht ausreichendes Verständnis physikalischer Gegebenheiten sowie nicht angepasster Betriebsführung entstanden sind. So wurde z. B. im Sommer z. T. die Innenraumtemperatur viel zu stark abgesenkt. Dies führte dazu, dass die relative Luftfeuchte in den Räumen dadurch ansteigt und zu hoch ist. Es ist nicht zielführend bei 35°C Außentemperatur eine Innentemperatur von 21°C zu betreiben. Es ist vielmehr empfehlenswert die Innentemperatur max. 6-7 K unter der Außentemperatur zu fahren.

Im Bereich des Musiksaales wurde darüber geklagt, dass im Winter die Luft zu trocken und im Sommer zu feucht sei. Es wurde daher ein Befeuchtungsgerät für den Winter angeschafft, dessen Wirkung jedoch bei einer hohen Luftwechselrate sehr stark gemindert wird. Die sommerliche zu hohe Luftfeuchtigkeit konnte dadurch reduziert werden, dass die Musikräume jetzt nicht mehr so stark abgekühlt werden, sondern wie oben beschrieben um ca. 6 K im Verhältnis zur Außentemperatur betrieben werden.

Im Sommer, d. h. ca. ab Ende April bis Anfang Oktober, wird die Heizung für die Schule komplett abgestellt. Im ersten Jahr wurde nämlich festgestellt, dass auch im August bei entsprechend niedrigen Nachttemperaturen die Heizung in Betrieb ging, weil die Außentemperaturen den Einschaltpunkt unterschritten hatten. Da die Innenraumtemperatur zu wenig berücksichtigt war, kam es zu den o. g. Heizungseinschaltungen ohne dass ausreichend Bedarf in den Räumen herrschte. Ebenso war es notwendig in den Ferienzeiten die Lüftungsanlage soweit zu reduzieren, dass lediglich ab und zu ein geringer Luftaustausch angesteuert wurde.

In zukünftigen Projekten ist es zwingend notwendig, dass bereits zum Planungsbeginn eine klare verbale Funktionsbeschreibung für alle Jahreszeiten und für die Tag-Nachtfunktion erstellt wird, die auch die Hierarchie der Erzeuger, auf die Minimierung des Verbrauches an fossiler Energien sowie auf die Nutzerbedürfnisse umfassend eingeht. Die genauen Dämmwerte müssen zu diesem Zeitpunkt für alle Beteiligten vorgegeben werden und eine eventuell zusätzliche Förderung bei einer Unterschreitung der EnEV ist abzuklären.

Diese Funktionsbeschreibung ist im Vorfeld mit dem Bauherrn bzw. dem Nutzer abzustimmen und gilt ab da für alle beteiligten Planer in allen Gewerken.

Das Beispiel Sonthofen zeigt deutlich, dass eine durchgängige „gedankliche“ Begleitung des angedachten Energiekonzeptes in allen Teilbereichen der Haustechnik notwendig ist und dass alle Beteiligten das geplante Ziel verstehen müssen. Wenn nur eine einzige Planungsabteilung nicht im Gesamtsystem arbeitet, sondern völlig andere energetische Standards annimmt, wird dadurch der gesamte Erfolg gefährdet. Zum Beispiel kann eine sehr gute Planung der gesamten Heizungsanlage inkl. Hydraulik und Wärmeübergabe aber „unpassende und unabgestimmte“ Programmierung das Gesamtsystem zu völlig unnötigen Verbräuchen und zu Nutzerunzufriedenheit führen.

Eine weitere Aufgabe besteht darin, dem Nutzer eine verständliche Bedienung der Anlage zu ermöglichen. Dazu gehört u. a. ein genaues Nutzerhandbuch, ein evtl. gut lesbares und logisch aufgebautes Display auf einem Bedienerbildschirm der Anlage. Eine weitere Aufgabe ist es, dem Nutzer die Vorteile und Möglichkeiten des Systems Heizen, Kühlen, Lüften zu erklären und Verständnis für die gesamte Anlage zu verschaffen.

Gerade bei neuen Verfahren oder Techniken wird dies besonders kritisch gesehen. Hierbei werden oft die Vorteile übergangen oder als selbstverständlich angesehen. Eventuelle Bedienfehler werden der Anlage und meistens nicht dem Bediener angelastet.

Zusammenfassend ist zur Maßnahme Sonthofen festzustellen, dass die umfassende Verbesserung des gesamten Gebäudes in Funktion und Betrieb insgesamt sehr positiv angenommen wird. Die Kühlmöglichkeit der Unterrichtsräume ist ein großer Gewinn, der evtl. in der Zukunft noch bedeutend stärker notwendig sein wird.

Die konsequente Berücksichtigung und bauliche Umsetzung einer sehr guten Akustik in allen Räumen inkl. Flur und Treppenhaus ist eine ganz wichtige Verbesserung gegenüber dem Bestand. Ebenso hat die Nutzung von Tageslicht wieder eine große Bedeutung bekommen und alle Räume besitzen eine gute Lichtqualität.

Das Gebäude Sonthofen ist ein zukunftsfähiges Gebäude und entspricht durchaus einem vergleichbaren Neubau, jedoch unter Vermeidung eines unnötigen Abbruches und weitgehender Nutzung der stabilen Bausubstanz. Die Sanierung als solches hat große Mengen Abbruchmaterial verhindert. Durch die Verwendung einer umfassenden wärmegeprägten Holzfassade wurde ebenso CO<sub>2</sub> gebunden und der Ausstoß von produktionsbedingten CO<sub>2</sub> für eine anderweitige Fassade vermieden.

Das Gymnasium ist ein zukunftsfähiges Gebäude und entspricht den zukünftigen Anforderungen in vollem Umfang.