

KH St. Elisabeth – Energiebericht 2015

Energiedaten und Informationen

Dr. Robert Grob, 15.09.2016



Inhalt

- 1 Übersicht Konzeption und Anlagentechnik
- 2 Energiedaten - Verbrauch, Kosten, CO2-Austoß, Benchmark
- 3 Maßnahmen und Ergebnisse energetischen Optimierung
- 4 Ausblick / Empfehlung für zukünftige Maßnahmen

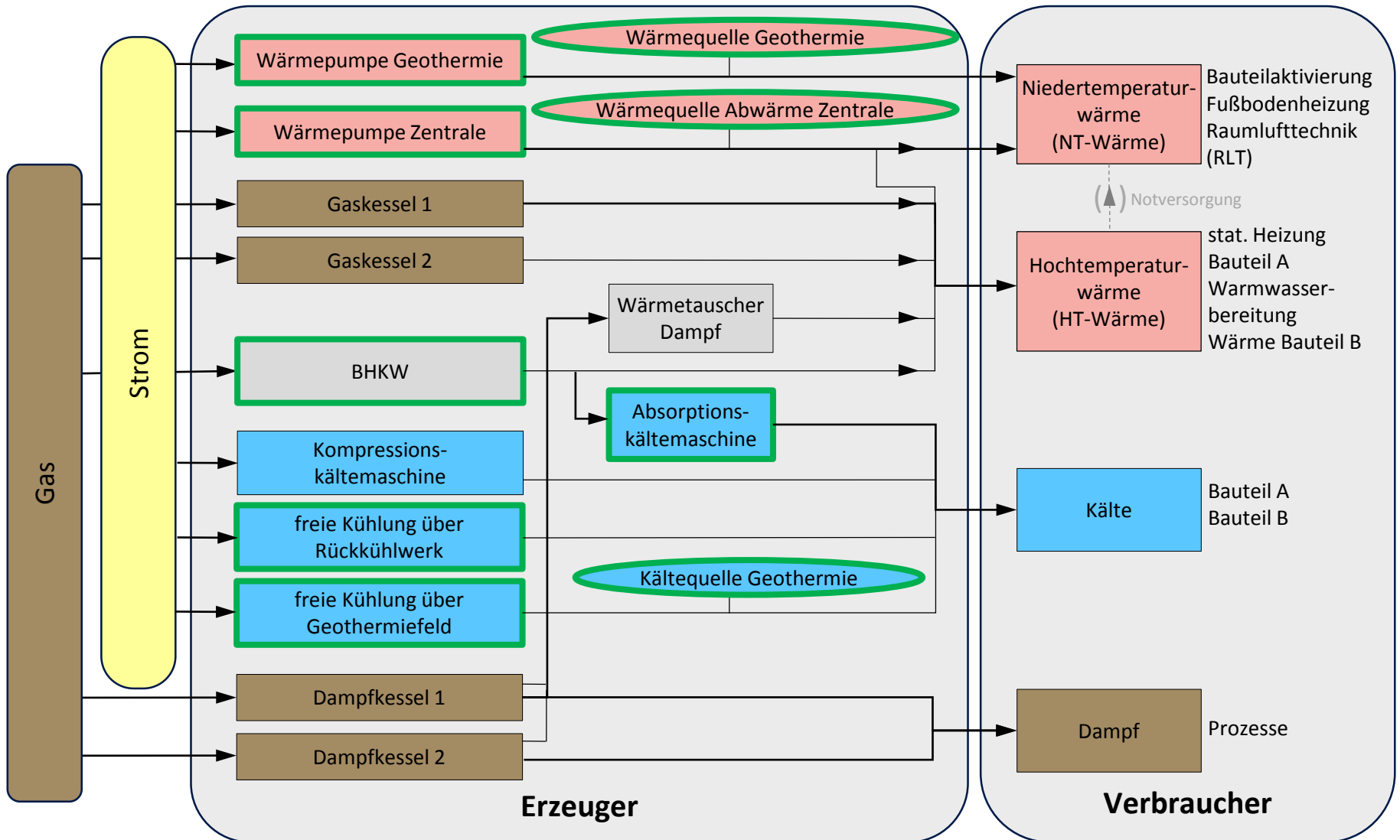
KH St. Elisabeth – Energiebericht

Einleitung / Übersicht

- Eine seit 2007 erfolgende Neustrukturierung des Krankenhauses St. Elisabeth in Ravensburg beinhaltet die Neuerrichtung der Bauteile A „Neubau Bettenhaus“, Bauteil C „Notfall-/Intensivgebäude“ und Bauteil D „Frau- und Kindzentrum sowie die Neustrukturierung des Bauteil B „med. Funktion und Behandlung“. Die Hauptanlagen zur Energieerzeugung und -verteilung wurden im Bauteil A in der Ebene „-2“, in der der Technikzentrale konzentriert.
- Die Energieerzeugung wurde im Rahmen der Neustrukturierung weitgehend neu aufgebaut. Die Versorgung der gesamten Liegenschaft mit Wärme, Kälte und Strom erfolgt auf sehr effiziente Weise. Hierbei wurde von Beginn an auf ein möglichst effizientes Gesamtsystem geachtet mit innovativen Komponenten wie
 - Blockheizkraftwerk,
 - Absorptionskältemaschine,
 - Niedertemperatur-Gaskessel,
 - Luft-Wasser Wärmepumpe zur Nutzung Abwärme aus Heizzentrale,
 - Geothermiefeld mit Wärmepumpe für Hochtemperaturkälte und Niedertemperaturwärme.
- Des Weiteren wurde mit Inbetriebnahme der neuen Heiz- und Kältezentrale ein Monitoring-Programm auf den Weg gebracht mit dem Ziel, fehlerhafte Zustände und suboptimale Betriebsweisen zu identifizieren und dauerhaft zu beseitigen, so dass ein möglichst optimaler Betrieb dauerhaft sichergestellt wird.

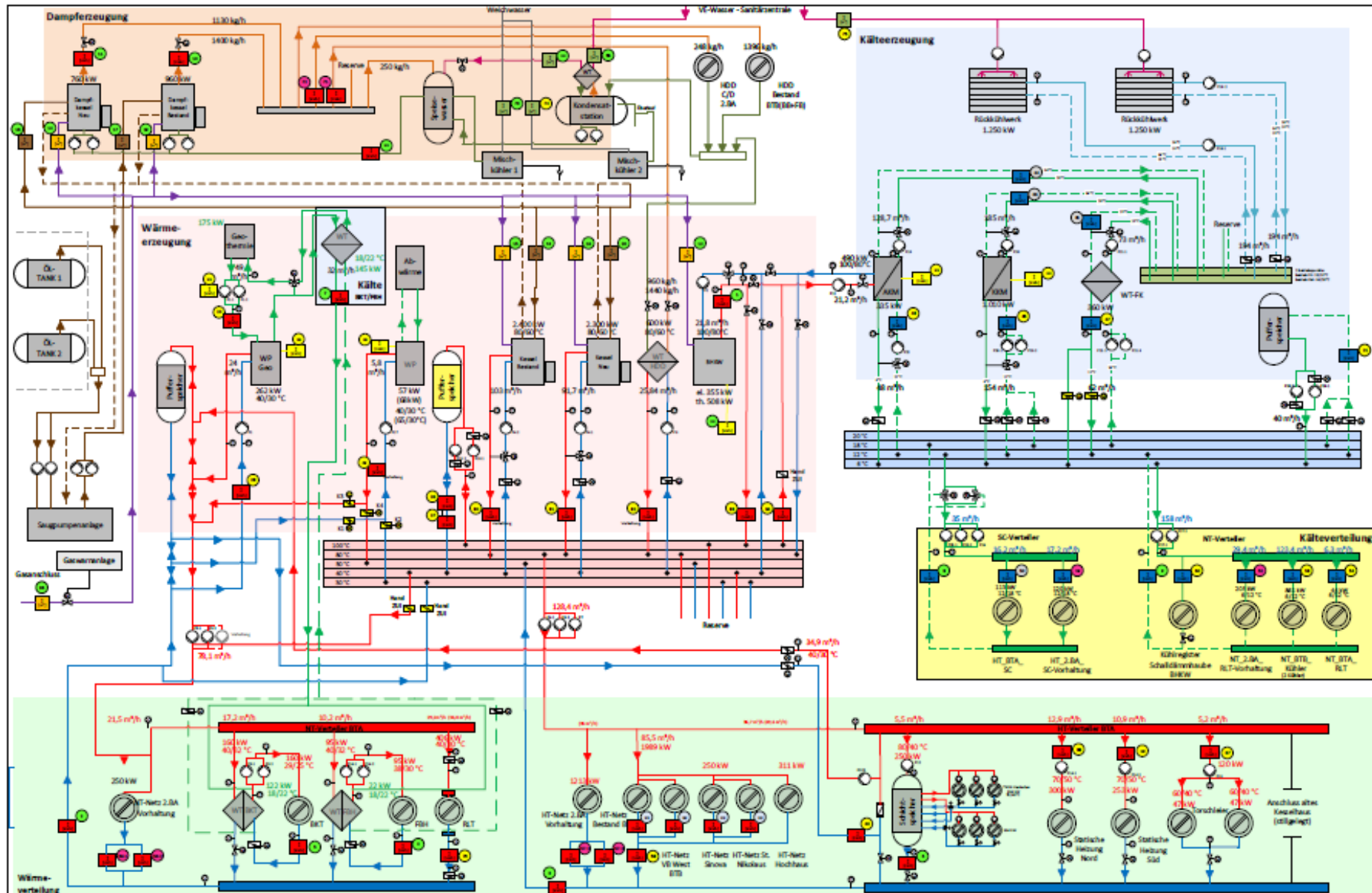
KH St. Elisabeth – Energiebericht

Schematische Übersicht Erzeuger und Verbraucher



KH St. Elisabeth – Energiebericht

Zählkonzept mit Energieflüssen für KH St. Elisabeth als Basis für Monitoring



KH St. Elisabeth – Energiebericht

Ausstattung mit Messeinrichtungen für Monitoring

Medium		Stand	Empfehlung
Wärme	Erzeugung	- Vollständig erfasst 😊	<ul style="list-style-type: none"> - Zähler Bauteil B nachrüsten, um Energieflüsse und Anlagenbetrieb nachvollziehen und optimieren zu können - Aufschalten Zähler 2. BA
	Verteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Für Bauteil A vollständig erfasst für Erzeugung und Verteilung von HT- und NT-Wärme 😊 - Bauteil B nur Gesamtverbrauch 😞 	
Kälte	Erzeugung	- Vollständig erfasst 😊	<ul style="list-style-type: none"> - Zähler Bauteil B nachrüsten, um Energieflüsse und Anlagenbetrieb nachvollziehen und optimieren zu können - Aufschalten Zähler 2. BA
	Verteilung	<ul style="list-style-type: none"> - Für Bauteil A vollständig erfasst für Erzeugung und Verteilung von HT- und NT-Wärme 😊 - Bauteil B nur Gesamtverbrauch 😞 	
Strom	Verteilung	<ul style="list-style-type: none"> - NSHV Bauteil A vollständig erfasst 😊 - Unterverteilungen nicht erfasst 😞 - Keine durchgängige Erfassung und Verfolgung Verbraucher möglich 😞 - NSHV Bauteil B nicht erfasst 😞 - Bauteil B keine durchgängige Erfassung 😞 	<ul style="list-style-type: none"> - Zähler für Hauptverbraucher nachrüsten, um Energieströme nachvollziehen und Optimierungspotentiale identifizieren zu können - Zähler Bauteil B nachrüsten, um Energieflüsse und Anlagenbetrieb nachvollziehen und optimieren zu können - Aufschalten Zähler 2. BA
Dampf	Erzeugung	- Vollständig erfasst 😊 (primär und sekundärseitig)	<ul style="list-style-type: none"> - Ggf. Zähler Verteilung nachrüsten
	Verteilung	- Keine Erfassung 😞	

Fazit: Die neu aufgebaute Energieerzeugung in der Technikzentrale sowie das neue Bauteil A sind durchgängig mit Mess- und Zähleinrichtungen ausgestattet. Dies bildet eine hervorragende Basis für weitere Optimierungen. In Bauteil B besteht hier noch Bedarf.

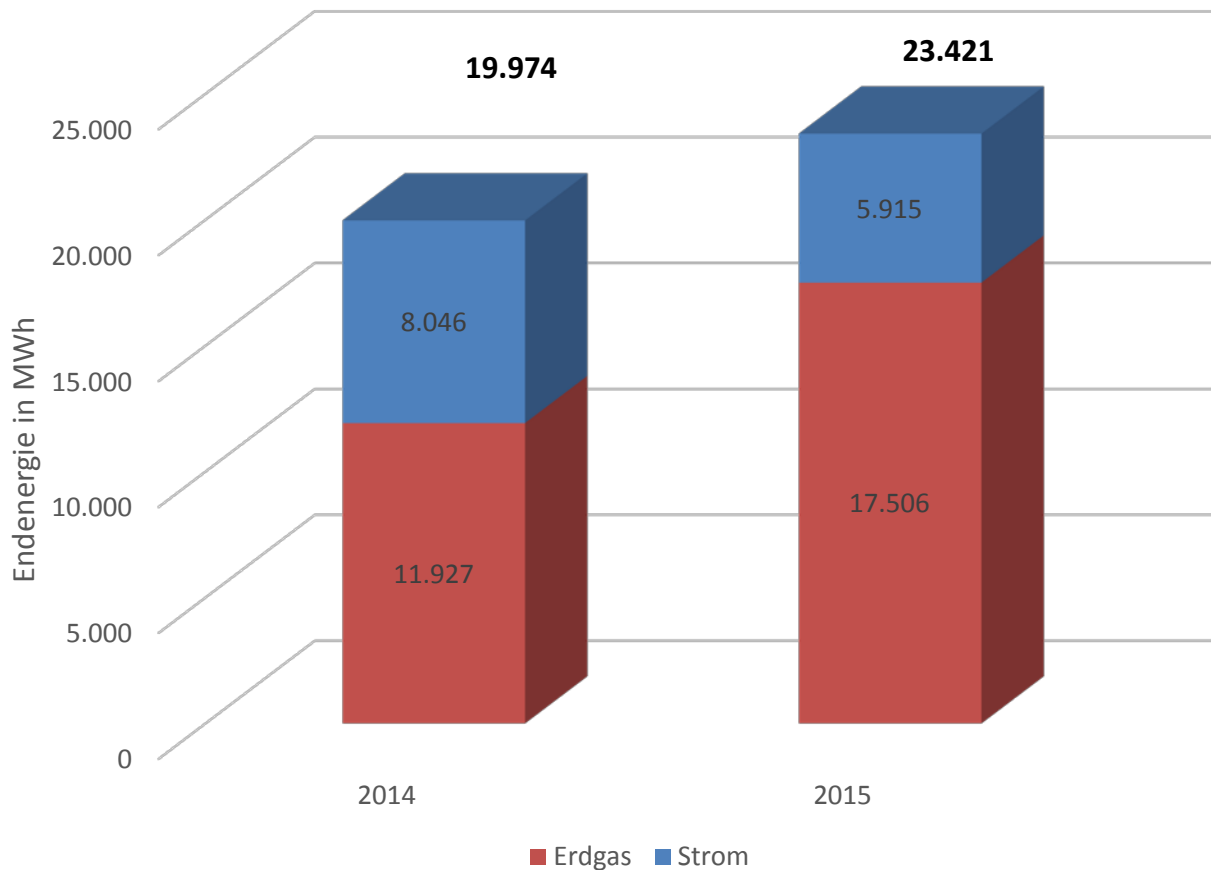
Inhalt

- 1 Übersicht Konzeption und Anlagentechnik
- 2 Energiedaten - Verbrauch, Kosten, CO2-Austoß, Benchmark
- 3 Maßnahmen und Ergebnisse energetischen Optimierung
- 4 Ausblick / Empfehlung für zukünftige Maßnahmen

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Energieverbrauch

KH St. Elisabeth Endenergieverbrauch



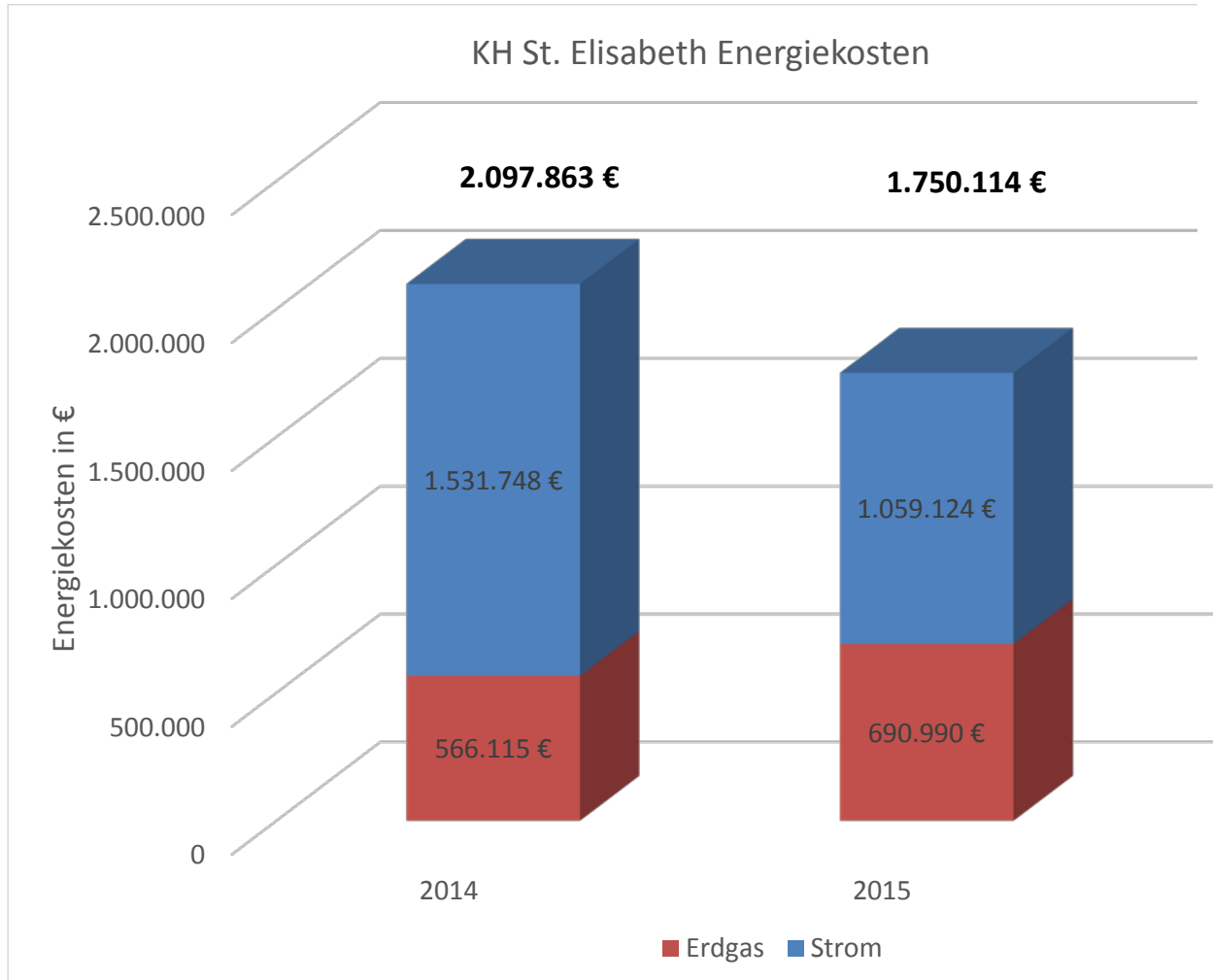
Als Endenergie wird die Energie bezeichnet, die über die Anschlussstellen des Gebäudes bezogen wird. Für das KH St. Elisabeth sind dies Gas- und Strom.

Der Verbrauch an Endenergie ist im Jahr 2015 angestiegen:

- Wesentliche Ursache hierfür ist die Tatsache, dass im Jahr 2014 das BHKW über einen längeren Zeitraum nicht in Betrieb war. Hierdurch wurde 2014 mehr direkt verwertbarer Strom und weniger Gas, das sowohl in Wärme und Strom umgewandelt wird, bezogen, was sich in Form eines niedrigeren Endenergieverbrauchs auswirkt.
- Eine weitere Ursache ist darin begründet, dass das Jahr 2015 in Bezug auf Heizgradtage ca. 20 % kälter war.
- Da im Bauteil B der Energieverbrauch derzeit nicht in Heiz- und Prozessenergie aufgeteilt werden kann, wurde auf eine Witterungsbereinigung vorerst verzichtet

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Energiekosten



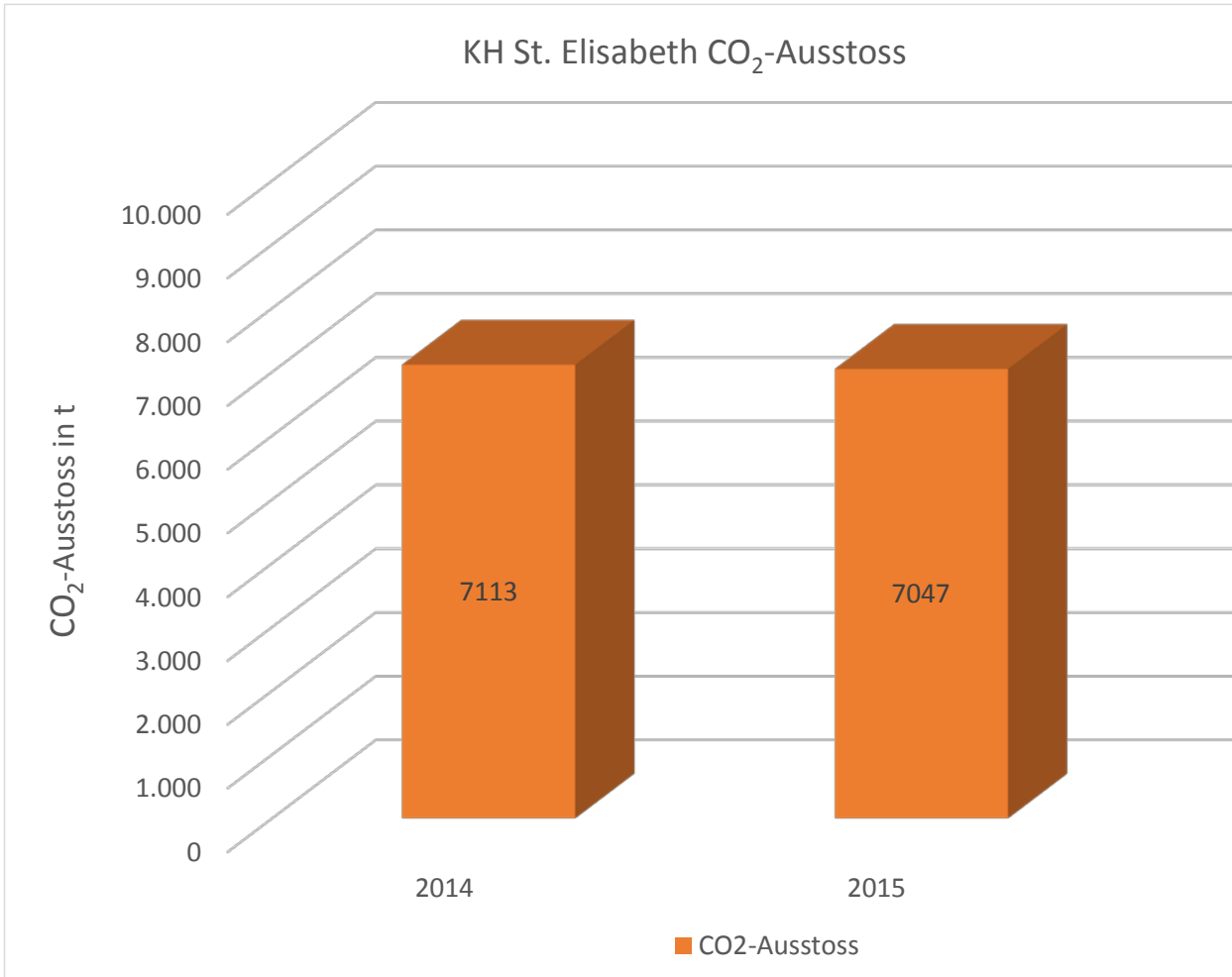
Die Energiekosten wurden aus den Abrechnungen der Oberschwabenkliniken mit den Energieversorgern ermittelt. Hierbei handelt es sich um Bruttowerte.

Die Energiekosten sind im Jahr 2015 gesunken:

- Wesentliche Ursache hierfür auch hier, dass im Jahr 2014 das BHKW über einen längeren Zeitraum nicht in Betrieb war. Dadurch musste 2014 mehr teurer Strom bezogen werden. Im Jahr 2015 konnte mit dem BHKW durchgehend Wärme und Strom erzeugt werden. Durch Eigennutzung und Förderung konnten die Kosten deutlich reduziert werden (siehe auch nachfolgende Betrachtung zur Wirtschaftlichkeit des BHKW)
- Eine weitere Ursache für die reduzierten Energiekosten liegt auch im Gaspreis, der 2015 ca. 15 % niedriger als 2014 war.

KH St. Elisabeth – Energiebericht

CO₂-Ausstoß

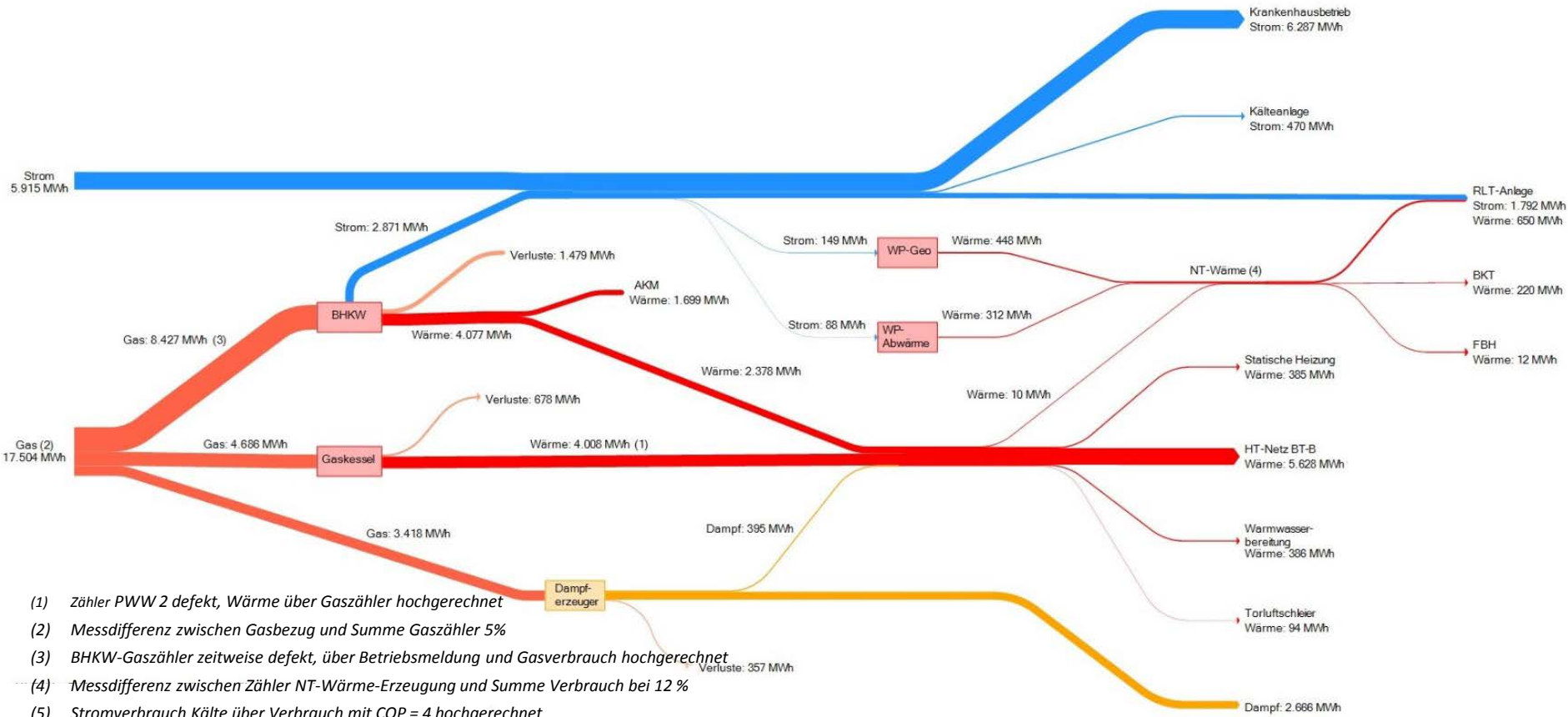


Aufgrund des durchgehenden BHKW-Betriebs sowie weiterer Optimierungsmaßnahmen konnte der CO₂-Ausstoss reduziert werden.

Hier besteht durchaus noch weiteres Potential.

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Energiefluss Wärme und Strom innerhalb des Gebäudes für das Jahr 2015

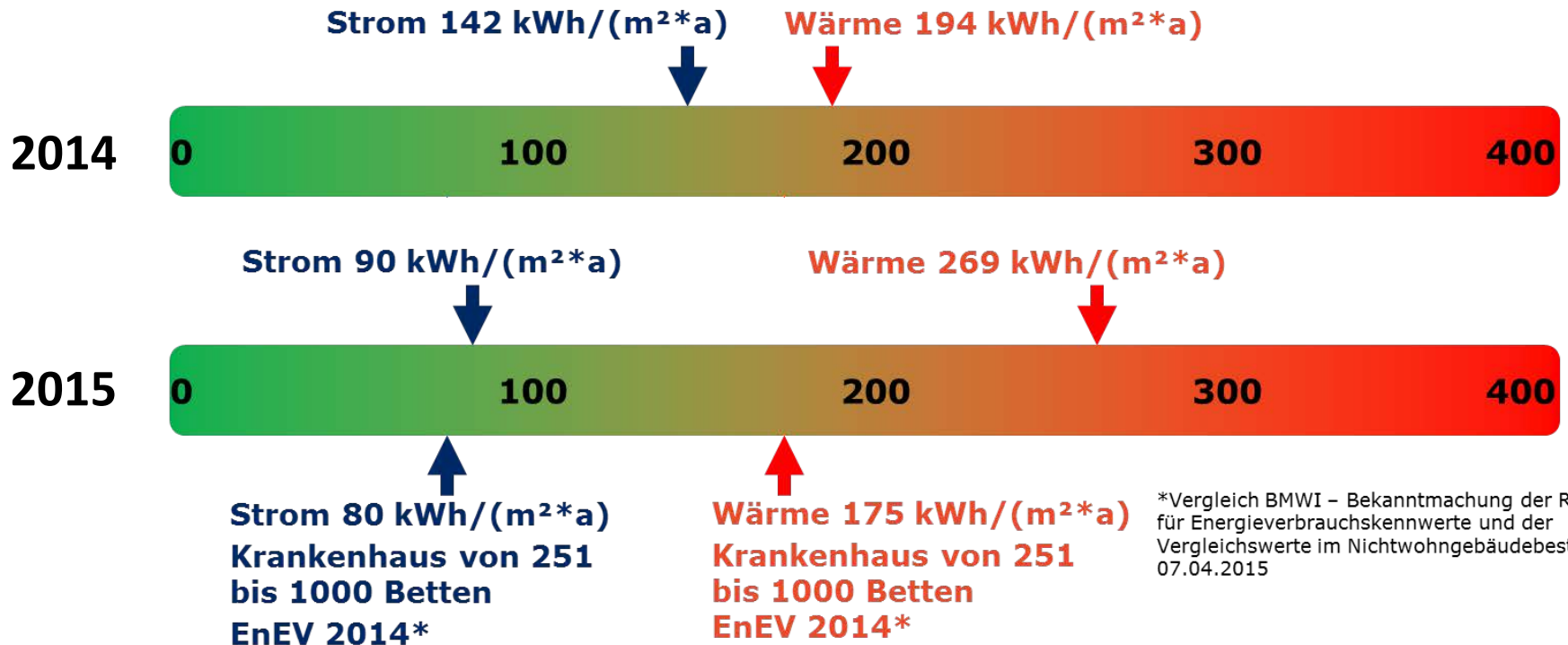


Der Energiefluss wird für Strom und Gas von den Hausanschlüssen über die Erzeuger, die die Energie „wandeln“, bis zu Verbrauchsebenen dargestellt.

Bei Gas ist eine sehr gute Detaillierung möglich bis auf das Bauteil B, das den Großteil der HT-Wärme verbraucht. Beim Strom ist der deutliche Anteil des BHKW-Stroms ersichtlich. Hier wird ebenso deutlich, dass die elektrischen Verbraucher im Krankenhaus derzeit nicht detailliert erfasst werden können.

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Benchmark Energieverbrauch nach Vergleich BMWi

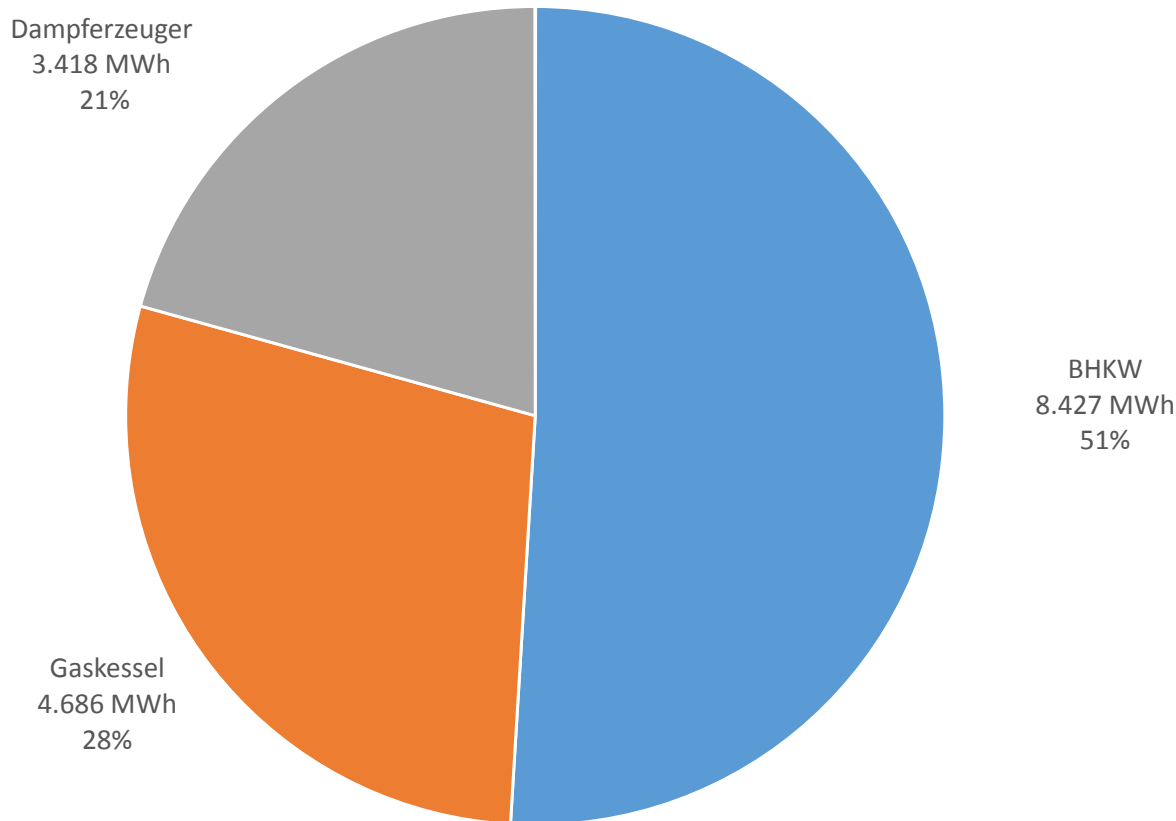


Bei dem Benchmark ist zu beachten, dass hier Krankenhäuser mit völlig unterschiedlichen Erzeugungen und Verbrauchern sowie einer großen Bandbreite bzgl. Bettenkapazität enthalten sind. Mit diesen Werten ist nur eine Einordnung des Energieverbrauchs möglich.

Bei den Werten für das Jahr 2015 ist zu beachten, dass die Endenergie für Gas in einem solchem Benchmark der Wärme zugerechnet wird. Im KH St. Elisabeth wird jedoch mit dem Gas neben Wärme auch Strom erzeugt, so dass hier eine Verschiebung zwischen Wärme und Strom entsteht.

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Gasverbrauch aufgeteilt nach Erzeugern für das 2015



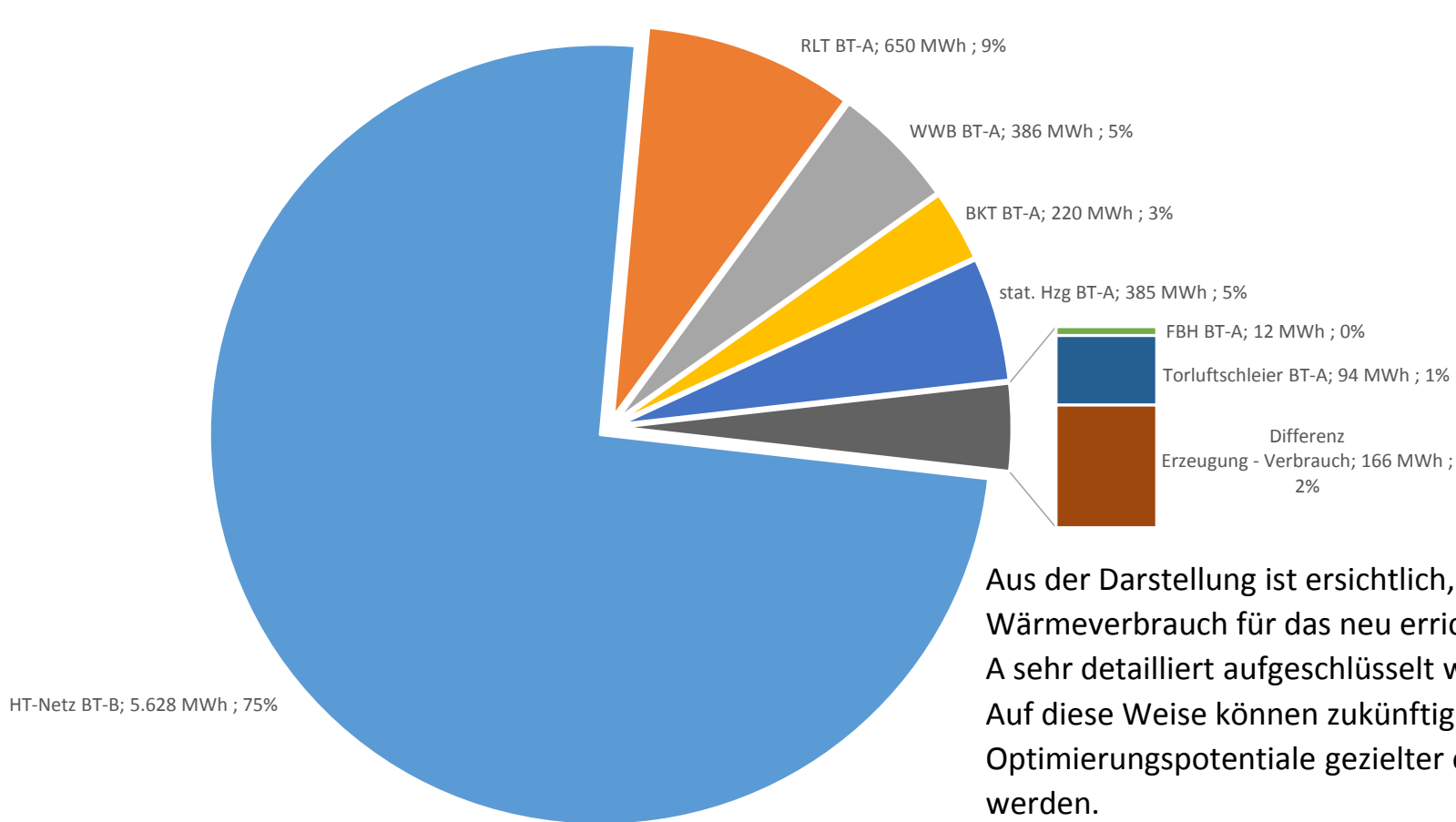
Das durch das Krankenhaus St. Elisabeth bezogene Gas wurde zur Hälfte vom BHKW, mit dem sowohl Wärme als auch Strom erzeugt wird, verbraucht. Der erzeugte Strom wird im Haus verbraucht und muss somit nicht bezogen werden. Die erzeugte Wärme, wird wenn möglich als Hochtemperaturwärme genutzt. Überschüssige Wärme des BHKW wird in der Absorptionskältemaschine zu Kälte umgewandelt.

Die Erzeugung von Hochtemperatur-wärme durch Gaskessel benötigte 28 % des bezogenen Gases

Die restlichen 21 % des 2015 bezogenen Gases wurden zur Erzeugung von Dampf genutzt

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Wärmeverbrauch 2015 nach erfassten Bereichen



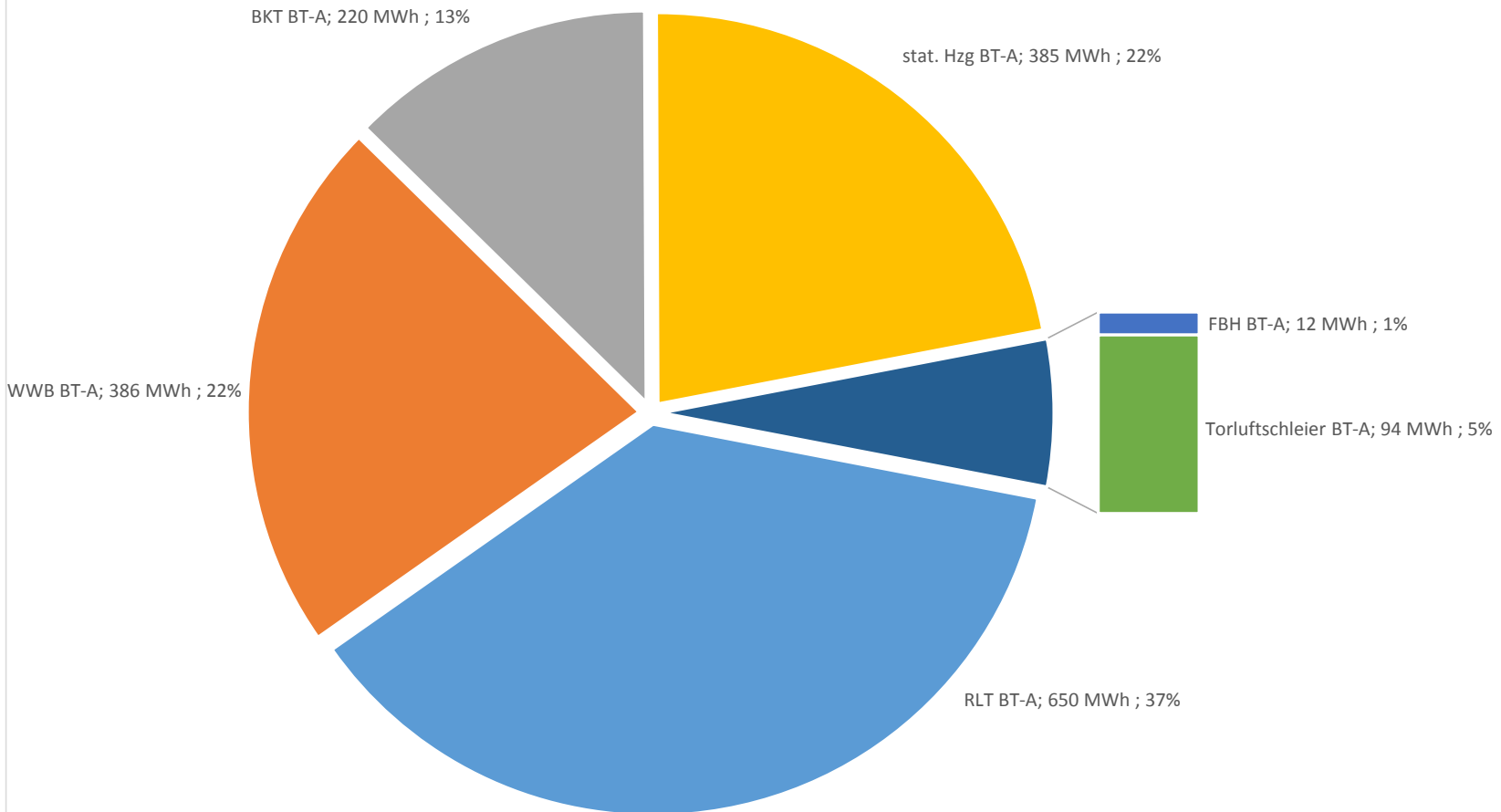
Aus der Darstellung ist ersichtlich, dass der Wärmeverbrauch für das neu errichtete Bauteil A sehr detailliert aufgeschlüsselt werden kann. Auf diese Weise können zukünftig weitere Optimierungspotentiale gezielter ermittelt werden.

Bei den zur Zeit in der Errichtungen befindlichen Bauteilen C und D kann künftig die Aufschlüsselung in gleicher Weise detailliert erfolgen.

KH St. Elisabeth – Energiebericht

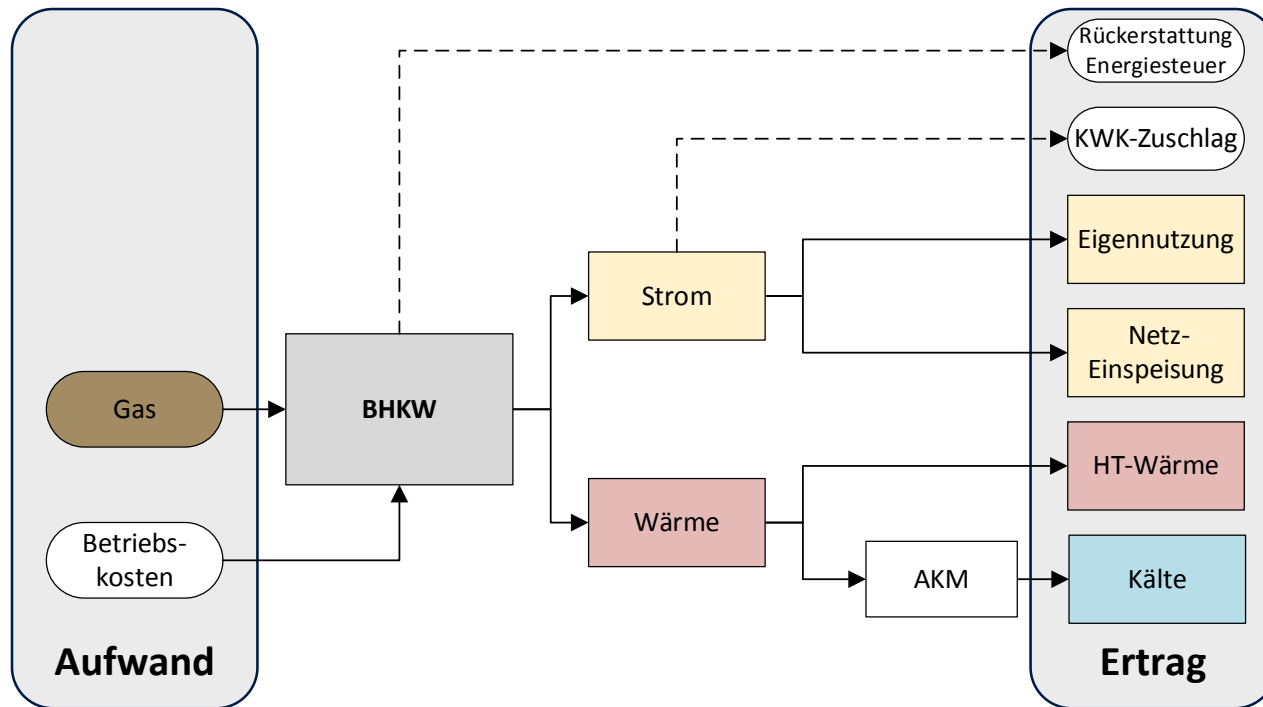
Wärmeverbrauch 2015 im Bauteil A nach Einzelbereichen

Wärmeverbrauch Einzelbereiche Bauteil A in MWh



KH St. Elisabeth – Energiebericht

BHKW-Betrieb – Analyse Aufwand und Ertrag



- Das BHKW wurde 2015 über 8000 Betriebsstunden nahezu durchgehend betrieben (Ausnahme Wartungen/Störungen).
- Es wurde zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) genutzt.
 - Generator zur Stromerzeugung
 - Nutzung der Abwärme
- Nutzung Wärme
 - Heizwärme im Hochtemperatur-Wärmenetz (HT-Wärme)
 - Kälteerzeugung über Absorptionskältemaschine (AKM)

KH St. Elisabeth – Energiebericht

BHKW-Betrieb – Analyse Aufwand und Ertrag

Aufwand und Ertrag des BHKWs setzen sich wie folgt zusammen:

Aufwand / Kosten BHKW-Betrieb:

- Brennstoffkosten Gas
- betriebsgebundene Kosten
 - Wartung
 - Personal
 - Lüftung/Kühlung
 - etc.

Erträge BHKW-Betrieb:

- Förderung
 - KWK-Zuschlag
 - Rückerstattung Energiesteuer (Gas)
- Stromerzeugung:
 - Eigennutzung (vermiedene Strombezugskosten)
 - Netzeinspeisung überschüssigen Stroms (Erlöse durch Verkauf)
- Wärmeerzeugung:
 - HT-Wärme (vermiedene Erzeugungskosten durch Gaskessel)
 - AKM-Kälte (vermiedene Erzeugungskosten durch Kompressions-Kältemaschine)

KH St. Elisabeth – Energiebericht

BHKW-Betrieb – Analyse Aufwand und Ertrag

Um die Einsparungen durch das BHKW zu ermitteln, wird der Gesamtaufwand für den Betrieb des BHKWs den Erträgen gegenübergestellt. Der Aufwand besteht zum überwiegenden Teil aus den Kosten für Gas, aber auch aus gegenüber herkömmlichen Wärmeerzeugern höheren Wartungskosten.

Der Ertrag des BHKW setzt sich zusammen aus dem „vermiedenen Strombezug“, d.h. die Strommenge, die aufgrund Eigenerzeugung nicht bezogen werden musste, der Förderung durch den KWK-Zuschlag, sowie den vermiedenen Kosten für Wärme- und Kälteerzeugung zusammen. Letztere ergeben sich daraus, dass die Abwärme des BHKW zum Heizen und Kühlen genutzt wird. Hierbei werden die Kosten ermittelt, die entstünden, wenn die Wärme und Kälte konventionell erzeugt werden würde.

Gesamtaufwand und Erträge / Einsparungen im Jahr:

– Gesamtaufwand	ca. 245.000 €/a
– Ertrag Stromerzeugung	ca. 442.000 €/a
– Ertrag Wärmeerzeugung	ca. 79.000 €/a

→ Summe	ca. 276.000 €/a
----------------	------------------------

Ergebnis der Betrachtung zum BHKW:

Der Jährliche Überschuss von **ca. 276.000 €** im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme zeigt die Rentabilität des BHKWs deutlich. Die Entscheidung für die Technik war korrekt.

KH St. Elisabeth – Energiebericht

BHKW-Betrieb – Analyse Aufwand und Ertrag

	Nutzung	Substitution	Kosten der Erzeugung	vermiedene Kosten je kWh BHKW-Wärme
Variante 1- Kälteerzeugung	Kälteerzeugung in AKM → 0,7 kWh Kälte	Kälteerzeugung in KKM 0,7 kWh Kälte	Einsatz ca. 0,1167 kWh _{el} Kosten ca. 14,3 Ct/kWh _{el} (COP _{KKM} = 5)	ca. 2,00 Ct/kWh _{BHKW}
Variante 2- Wärmenutzung	Einspeisung ins HT- Wärmenetz → 1 kWh Wärme	Wärmeerzeugung im Gaskessel 1 kWh Wärme	Einsatz ca. 0,113 m ³ Gas Kosten ca. 35,5 Ct/m ³ Gas	ca. 3,87 Ct/kWh _{BHKW}

Im Zuge der Optimierungsmaßnahmen wurde untersucht, wie die Abwärme des BHKWs am wirtschaftlichsten genutzt werden kann. Die obige Aufstellung zeigt, dass die Abwärme nach Möglichkeit direkt als Wärme im Gebäude genutzt werden sollte. Wenn die Wärme nicht ins Gebäude abgeführt werden kann, sollte im Sinne möglichst durchgehender Laufzeiten des BHKW die überschüssige Wärme über die Absorptionskältemaschine in Kälte umgewandelt werden.

Inhalt

- 1 Übersicht Konzeption und Anlagentechnik
- 2 Energiedaten - Verbrauch, Kosten, CO2-Austoß, Benchmark
- 3 Maßnahmen und Ergebnisse energetischen Optimierung
- 4 Ausblick / Empfehlung für zukünftige Maßnahmen

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Aufbau eines Energiemanagements zur Analyse und Optimierung

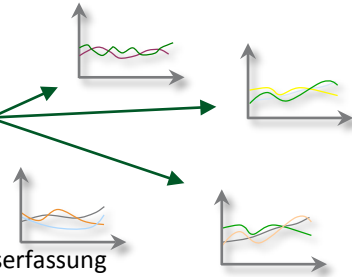
ohne EMS



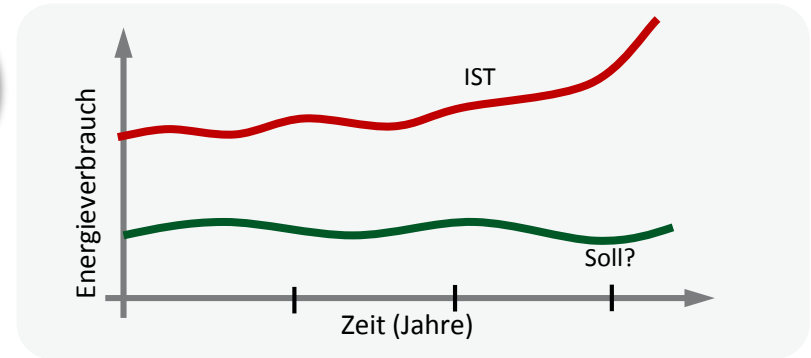
- Massenströme
- Verbrauch
- Temperatur
- Ventile

GA/GLT

Verbrauchserfassung



???



mit EMS

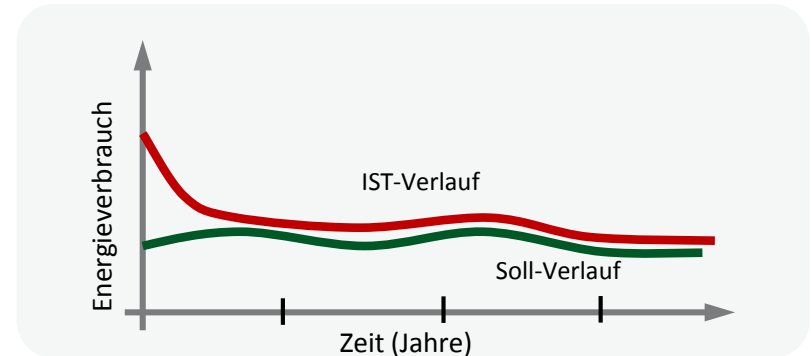


GA/GLT

Verbrauchserfassung

strukturiert

Energiemanagement-/
Energiedesign-Wissen!



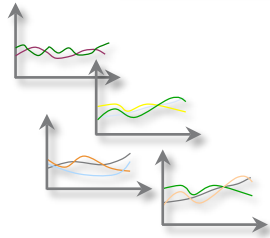
Im KH St. Elisabeth wurde im Zuge der Inbetriebnahme ein Energie-Monitoring/Management-Programm auf den Weg gebracht mit dem Ziel, fehlerhafte Zustände und suboptimale Betriebsweisen zu identifizieren und dauerhaft zu beseitigen, so dass ein möglichst optimaler Betrieb dauerhaft sichergestellt wird.

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Vorgehen beim strategischen Energiemanagement

Anlagendaten

Messwerte,
Stell-/Regelsignale,
Verbrauchswerte
etc.



Abfragen aus Anlage

Strategisches Energiemanagement
Automatisierte
Datenaufbereitung,
Vergleich und
Voranalyse

Soll-/Vergleichswerte

Auslegung,
Simulation,
Kennwerte
etc.

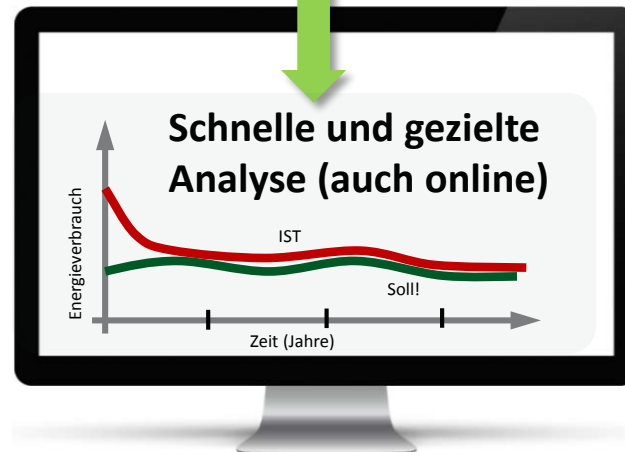
*Infos aus /
Ausschreibung
Planung*

Kühlwassererzeugung		Sommerbetrieb	Winterbetrieb
Kälteerzeugung Haus 1/2 (HBF)	VL/RL	29/35 °C	9/15 °C
Kälteerzeugung Haus 1 (ZIT)	VL/RL	29/35 °C	10/16 °C
Kälteerzeugung Haus 3 (M)	VL/RL	29/35 °C	10/16 °C
Kälteerzeugung Haus 4 (L)	VL/RL	29/35 °C	10/16 °C
Kälteerzeugung Haus 5/6 (N)	VL/RL	29/35 °C	10/16 °C
Kühlwassermedium	Wasser/Glykol (34 %, -20 °C)	29/35 °C	10/16 °C

Zu messende Betriebspunkte:
Teilleistungen und 100% 25%, 50%, 75%
Kühlwassertemperaturen 19°C, 21°C, 23°C, 25°C, 27°C und 29°C
Kaltwassertemperaturen 5°C, 7°C, 9°C und 11°C



Generieren
(z. B. aus Modellen Regeln,
Planungswissen)



KH St. Elisabeth – Energiebericht

Übersicht Energiemonitoring/-management beim KH St. Elisabeth

Drees & Sommer Energie Management System EMS

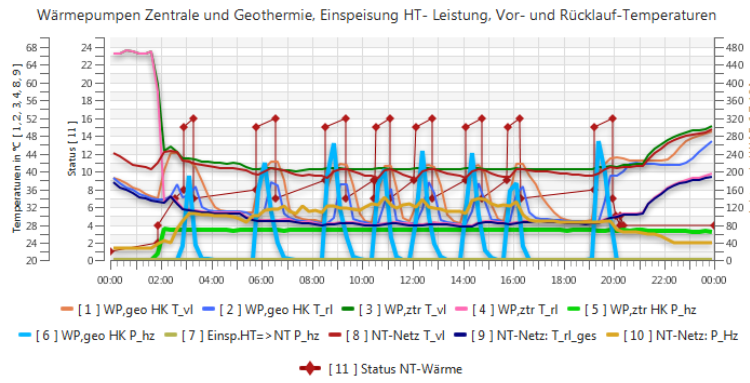
Analysieren Bearbeiten Einstellungen Hilfe

Alle Datenpunkte Projekt Gebäude/Liegenschaften Formeln Überwachungsmodulare Benchmarking Aktualisieren

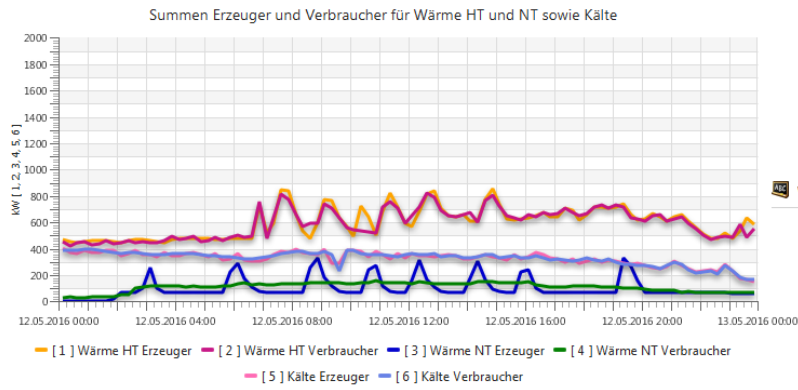
DREES & SOMMER

Dashboard

Erzeugung NT-Wärme



Bilanz Erzeugung/Verbrauch - Wärme HT und NT sowie Kälte



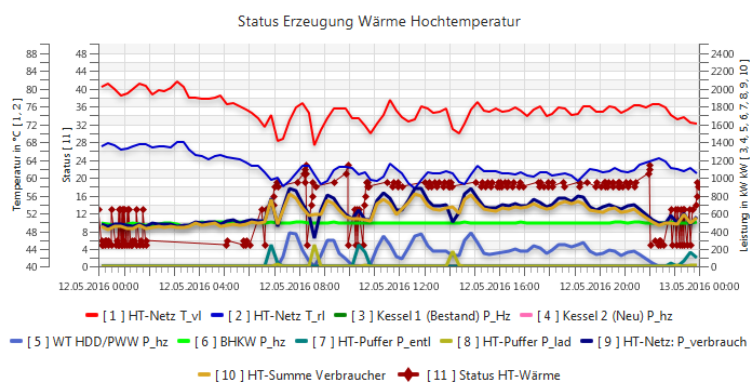
AKM



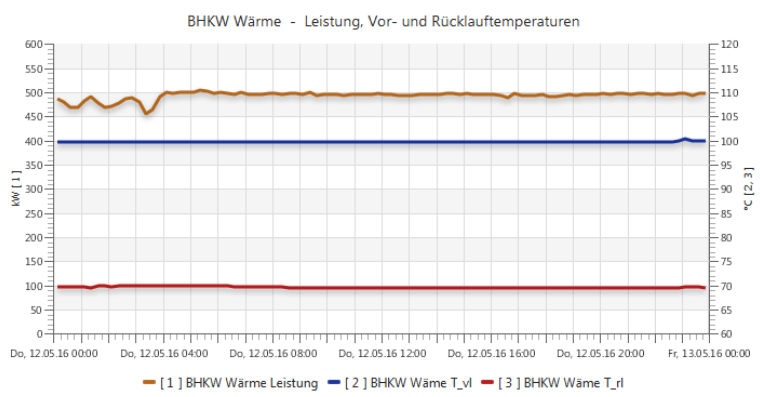
Wärmeerzeugung



Erzeugung HT-Wärme



Betrieb BHKW



Geothermie



FBH / BKT



Beginn: 12.05.2016 00:00 Intervall: 15 Minute(n) Verschieben: 1 Monat(e)

Ende: 13.05.2016 00:00 Zeitfilter: Zeitfilter Auswahl

Bereit.

dsp-ems | OSK KH St. Elisabeth Ravensburg | Grob (Administrator)

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Übersicht Optimierungsmaßnahmen

- **Niedertemperaturwärme (NT-Wärme) – Erstellen und Umsetzen Steuerungsablauf Wärme-NT**
 - Nutzung Abwärme Heizzentrale läuft optimiert, die Abwärme wird besser ausgenutzt.
 - Geothermie wird unter einer besseren Einbeziehung des Pufferspeichers optimal genutzt. Die Wärmepumpe läuft effizienter.
 - Infolge der optimierten Steuerung ist so gut wie keine Einspeisung von HT-Wärme in die NT-Wärme mehr notwendig
- **Hochtemperaturwärme (HT-Wärme) – Erstellen und Umsetzen Steuerungsablauf Wärme-NT**
 - Zu und Wegschaltfolge der Erzeuger läuft optimiert
 - Die Erzeuger takten (Zu- und Wegschalten) weniger, was in Folge zu einem stabileren Betrieb bzgl. Temperaturen führt.
- **Optimierung Kopplung BHKW-AKM zur Sicherstellung der BHKW-Rücklauftemperaturen**
 - Durch die optimierte Kopplung bleiben die Rücklauftemperaturen immer deutlich unterhalb des Grenzwertes, der zum Abschalten des BHKW führt.
 - Aufgrund dessen treten kaum noch Störungen auf, so dass das BHKW jetzt deutlich über 8000 h im läuft Jahr
- **RLT-Anlage – Anpassung Nutzungszeiten und Integration vorhandene CO₂-Fühler in Regelung**
 - Die geförderte Luftmengen konnte deutlich reduziert werden und damit auch der Energieverbrauch

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Zähler- und Energieflussschemen als Basis für Transparenz

- Das Messkonzept in der neu errichteten Zentrale und dem Bauteil A kann zur Bilanzierung aller Energie- und Medienströme von Erzeugung bis Übergabe genutzt werden.
- Es wurden Zähler- und Energieflussschemen für alle Medien als Basis für Monitoring und Energiemanagement erstellt. Diese dienen jetzt als Grundlage für die Diskussion zwischen allen Beteiligten aber auch für die Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen.
- Das im Zuge des Energiemonitorings erstellte Mess- und Zählschema dient als Grundlage für alle Energiebilanzen mit
 - Aufzeigen von Energieströmen als Basis für Optimierungen
 - Nachweis der Effizienz von Anlagen und auch Gebäude
 - Benchmarking zum Vergleich
 - mit Vorjahren
 - mit anderen Gebäuden
- Das Messkonzept bildet die Basis für die energetische und wirtschaftliche Optimierung.

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Optimierung Wärmeerzeugung Niedertemperaturwärme

▪ Zustand vor Energieoptimierung

- Wärmepumpen „Geothermie“ und „Zentralenabluft“ lieferten wenig Niedertemperatur-Wärme (NT-Wärme)
- Im ersten Betriebsjahr lief die Geothermie nur wenig.
 - Die Wärmepumpe „Zentrale Abluft“ lief auf einem ineffizient hohem Temperaturniveau.
 - Die NT-Wärmeversorgung erfolgte nahezu komplett mit der für dieses Temperaturniveau „ineffizienterer“ Hochtemperaturwärme (HT-Wärme)

▪ Maßnahme

- Hydraulische Entkopplung der NT-Wärme vom HT-Wärmenetz.
- Entwicklung und Umsetzung einer auf Energieeffizienz ausgerichteten Steuerstrategie für die NT-Wärme-Erzeuger
- Optimieren der Parameter für die Steuerung

▪ Ergebnis

- NT-Wärmeerzeugung ausschließlich über energieeffiziente Wärmepumpe mit Geothermie und Zentralenabluft als Wärmequellen
- Stabiler und effizienter Betrieb der NT-Wärmeerzeugung

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Steuerungsabläufe als Grundlage für optimalen Betrieb

Ausgangssituation:

- KH St. Elisabeth hat eine „Vielzahl“ von Erzeugern mit unterschiedlichen Charakteristiken
 - Wärmepumpen
 - Gaskessel
 - Dampfkessel/Wärmetauscher
 - Absorptionskältemaschine
 - Kompressionskältemaschine
 - Freie Kühlung
- Verschiedene Temperaturniveaus – alle miteinander „gekoppelt“
 - Wärme NT
 - Wärme HT
 - Kälte
- Lastsituation variiert für alle aufgrund von Betriebs- und Wetterbedingungen
- Nach der Inbetriebnahme war die Strategie für Erzeugerverbund nicht optimal abgestimmt.

KH St. Elisabeth – Energiebericht

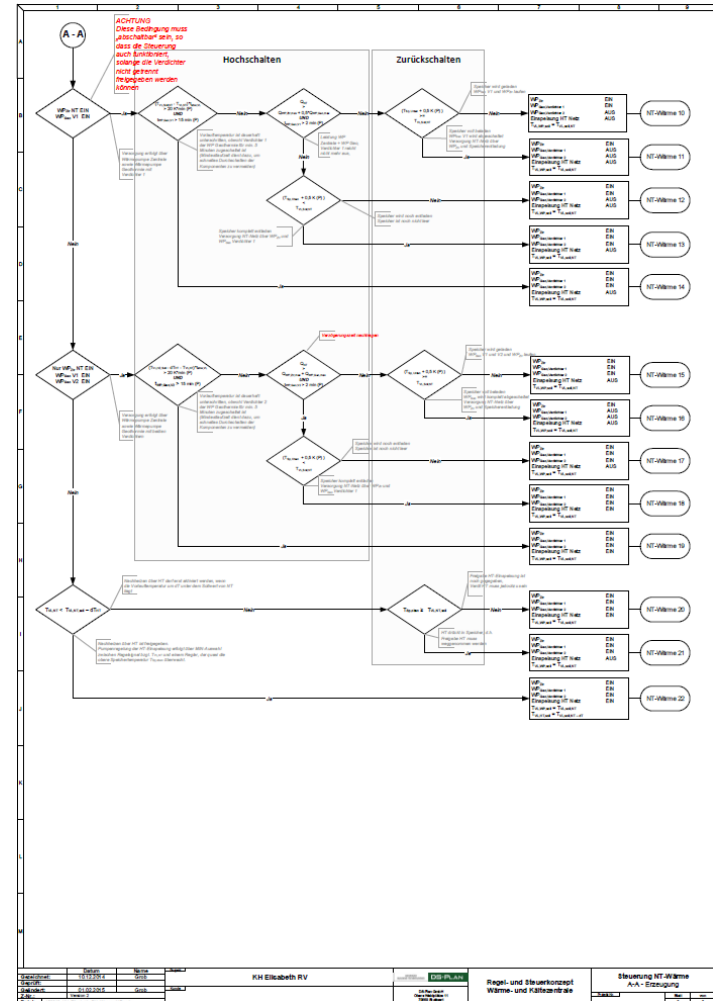
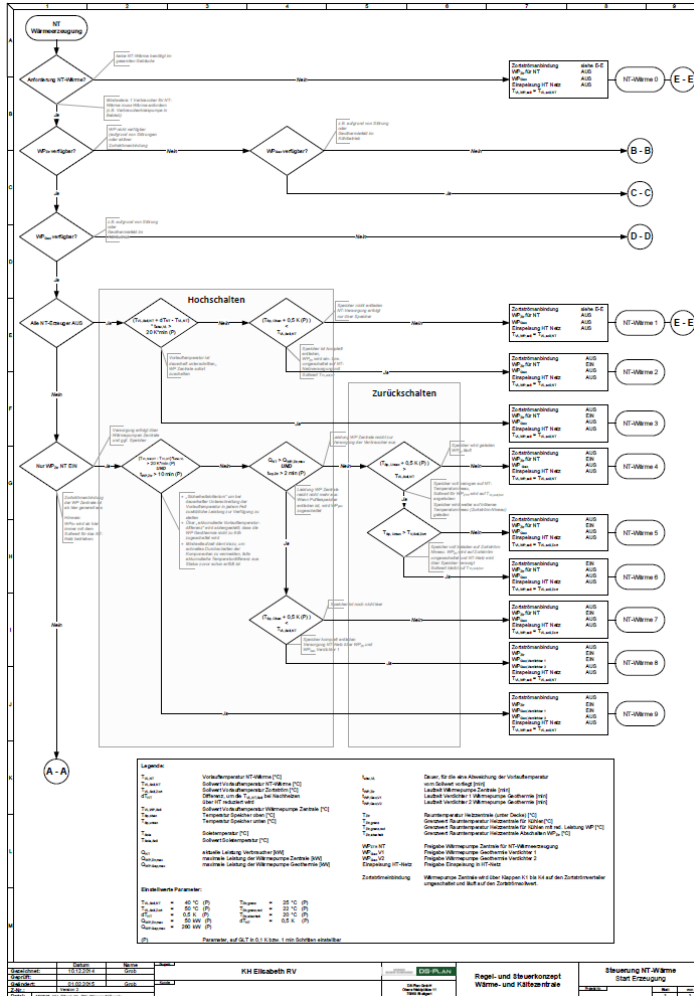
Steuerungsabläufe als Grundlage für optimalen Betrieb

Lösung:

- Systematische Analyse Betriebsverhalten aller Temperaturniveaus unter Berücksichtigung
 - Eigenschaften der Erzeuger sowie Hydraulik
 - Kopplung zu bzw. Anforderungen aus anderen Temperaturniveaus
 - Anforderungen aus wirtschaftlicher Sicht
- Ermitteln der optimale Folge/Ablauf von Komponenten
- Festlegen von optimalen mess- und parametrierbaren Kriterien für Hoch- **und** Rückschalten von Komponenten
- Beschreiben der Vorgänge über grafische Steuerungsabläufe mit
 - immer eindeutigen und nachvollziehbaren Abläufen
 - Status für jeden Entscheidungsweg
- Umsetzen der Steuerungsabläufe in GA mit Ausgabe Status-Nummern

Ergebnisse KH St. Elisabeth – Energiebericht

Auszug optimierte Steuerung NT-Wärme-Erzeugung*

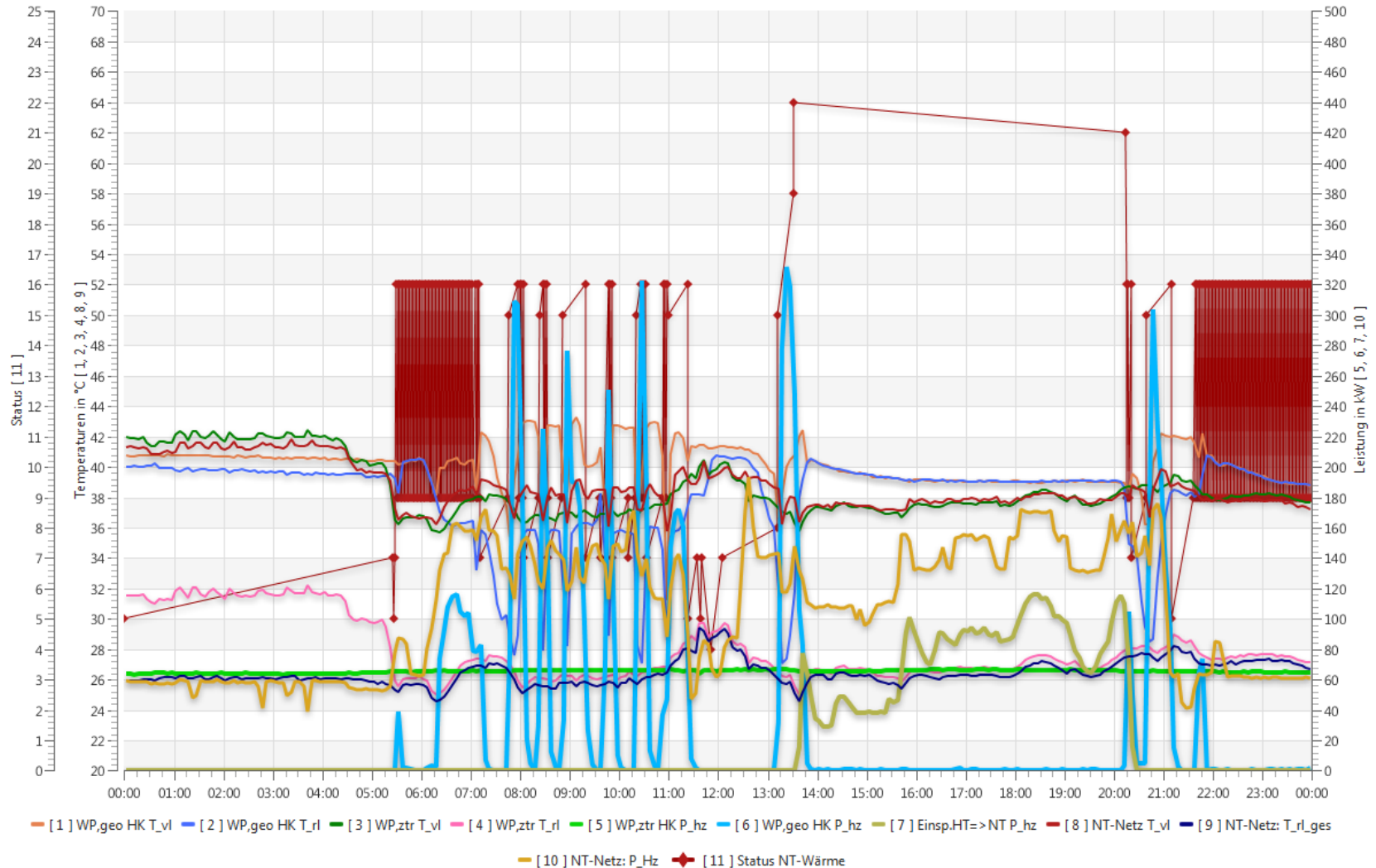


*vollständiger Steuerungsablauf umfasst für NT-Wärme 6 Seiten

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Beispiel für Betriebsverhalten mit Status NT-Wärme vor Anpassen der Parameter

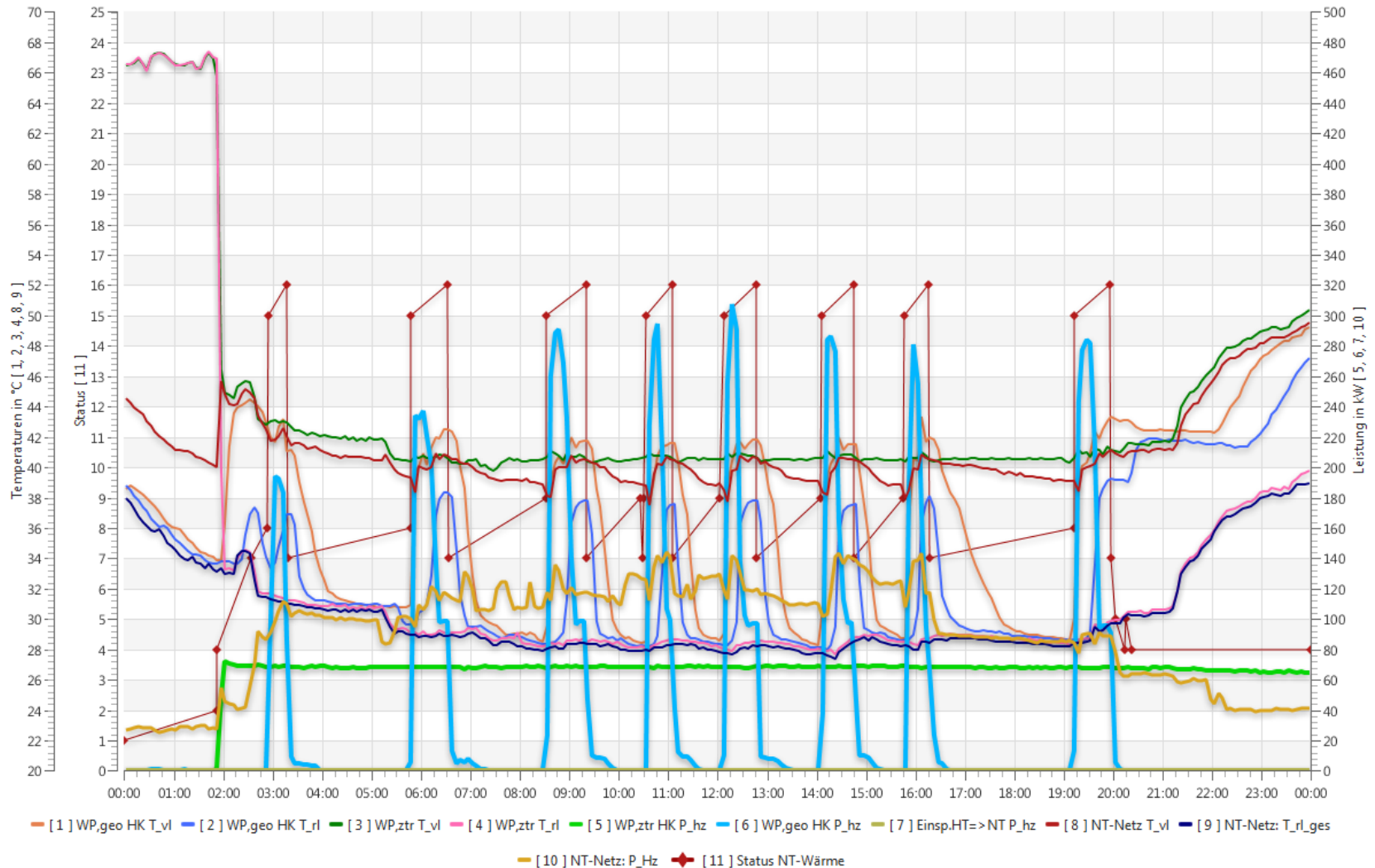
Wärmepumpen Zentrale und Geothermie, Einspeisung HT- Leistung, Vor- und Rücklauf-Temperaturen



KH St. Elisabeth – Energiebericht

Beispiel für Betriebsverhalten mit Status NT-Wärme – optimierter Betrieb

Wärmepumpen Zentrale und Geothermie, Einspeisung HT- Leistung, Vor- und Rücklauf-Temperaturen



KH St. Elisabeth – Energiebericht

Entwickeln effizienter Steuerstrategien für Erzeugung Hochtemperaturwärme

▪ **Zustand vor Energieoptimierung**

Betrieb Erzeuger für Hochtemperaturwärme funktionierte, lief aber nicht stabil und effizient genug.

- Jeweils mehrere Erzeuger für jedes Medium (NT- und HT-Wärme und Kälte)
- Erzeuger der verschiedenen Medium nicht optimal aufeinander abgestimmt
- Steuerung Erzeuger läuft quasi autark je Medium **trotz** Abhängigkeiten und Verbindungen
 - Verbindung HT-Wärme und Kälte über BHKW <-> Absorptionskältemaschine (AKM)
 - Betrieb Kompressionskältemaschine wird von AKM beeinflusst und umgekehrt
 - Zentralenwärmepumpe liefert im Sommer Wärme in HT-Netz
- Betrieb teilweise instabil und nicht auf Energieeffizienz optimiert
- teilweise Handeingriffe notwendig, um Schwingungen im System zu vermeiden

▪ **Maßnahme:**

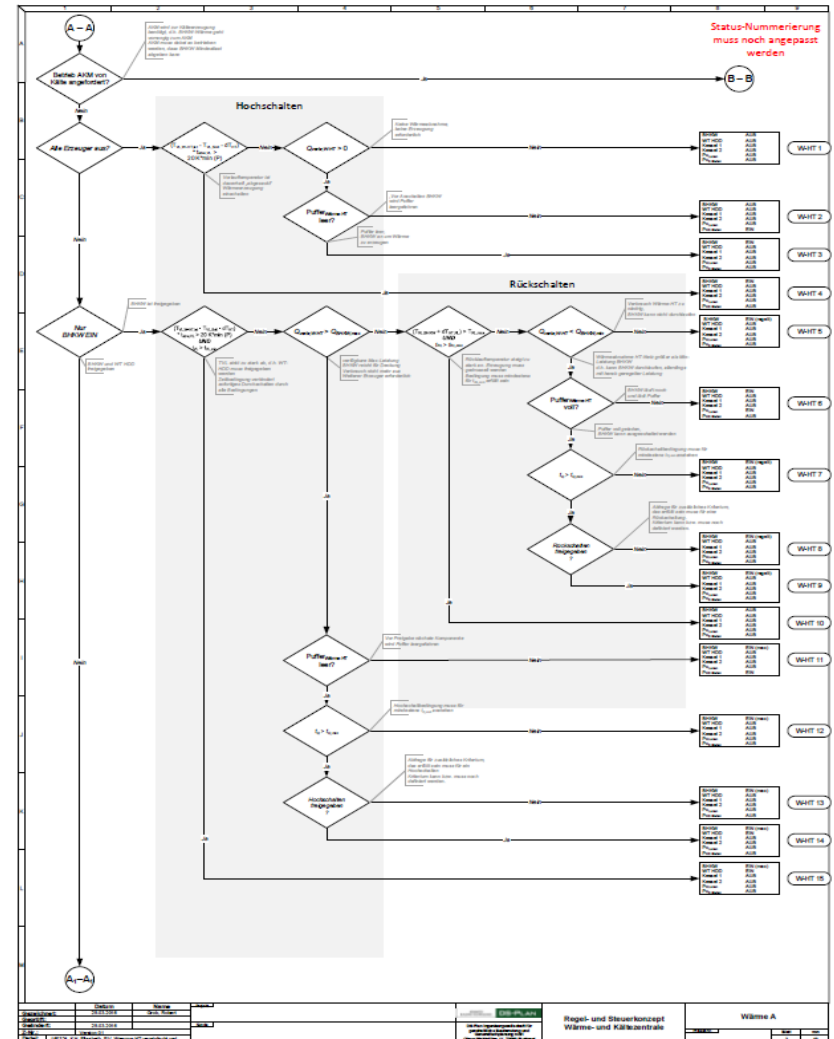
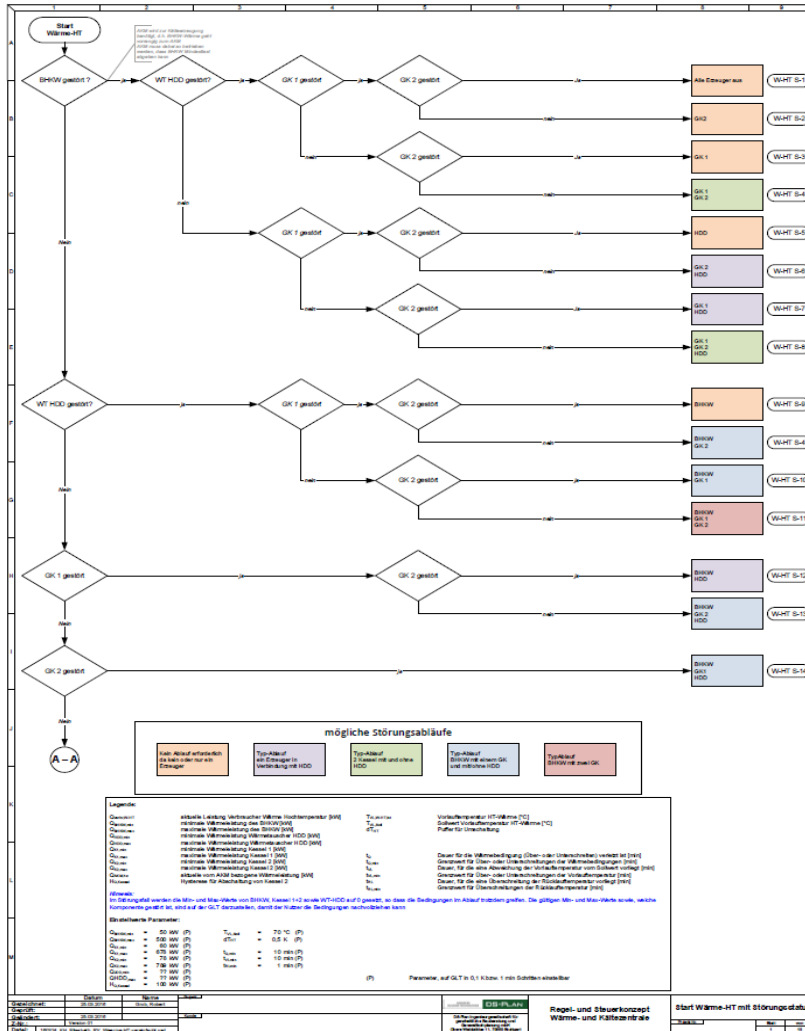
- Analyse der verschiedenen Erzeuger
- Aufbau Steuerungsabläufe für HT-Wärme und Kälte analog zu NT-Wärme unter Einbezug minimale und maximale Leistung der Erzeuger, Speicher und Betriebsverhalten

▪ **Ergebnis**

- Steuerungsabläufe sind umgesetzt
- HT-Wärmeerzeugung läuft deutlich stabiler und energieeffizienter

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Auszug optimierte Steuerung HT-Wärme-Erzeugung*



*vollständiger Steuerungsablauf umfasst für HT-Wärme 10 Seiten

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Entwickeln effizienter Steuerstrategien für Erzeugung Kälte

■ Zustand vor Energieoptimierung

Betrieb Erzeuger für Kälte funktioniert zwar, aber Temperaturniveau und Effizienz der Erzeuger sind weit unter Vorgaben und Möglichkeiten

- Priorität der Kälteerzeuger nicht abgestimmt
- Abhängigkeit der Prioritäten für die Kälteerzeuger Absorption (AKM) und Kompression (KKM) vom Wärmeverbrauch an Hochtemperaturwärme nicht berücksichtigt
- Häufig laufen beide Erzeuger in Teillast mit sehr niedriger Effizienz, obwohl ein Erzeuger die erforderliche Kälteleistung erbringen kann
- Freie Kühlung nie genutzt

■ Maßnahme:

- Analyse Betriebssituationen für die verschiedenen Erzeuger
- Vereinbaren von Sofortmaßnahme wie
 - manuelles Schalten von Prioritäten (KKM im Winter auf Prio 1, AKM im Sommer)
 - Einbinden Speicher
- Erstellen von Steuerungsabläufen für Betrieb Erzeuger unter Berücksichtigung
 - Betrieb BHKW → Wärme BHKW muss genutzt werden können
 - Betriebskosten Strom für KKM und Wärme KKM
 - automatisierte Einbindung Freie Kühlung und Kältespeicher

■ Ergebnis

- Steuerungsabläufe sind erstellt für stabilen und energieeffizienten Betrieb
- Kälte läuft jetzt stabil in einem effizienten Betriebsmodus, der weiter optimiert werden kann.

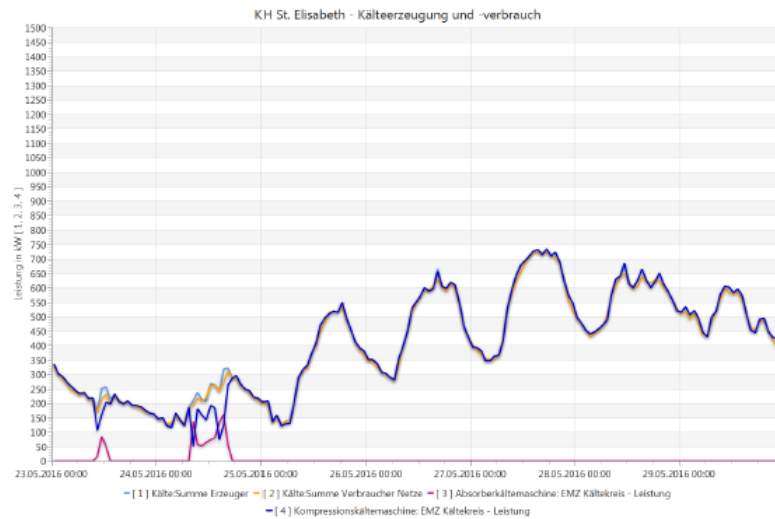
KH St. Elisabeth – Energiebericht

Leistungsverlauf Kälteerzeugung – wöchentliche Berichte

Bericht KW 21/16

Kälteversorgung - Nachweis Effizienz

Übersicht Erzeugerleistungen



Kälteleistung Erzeuger

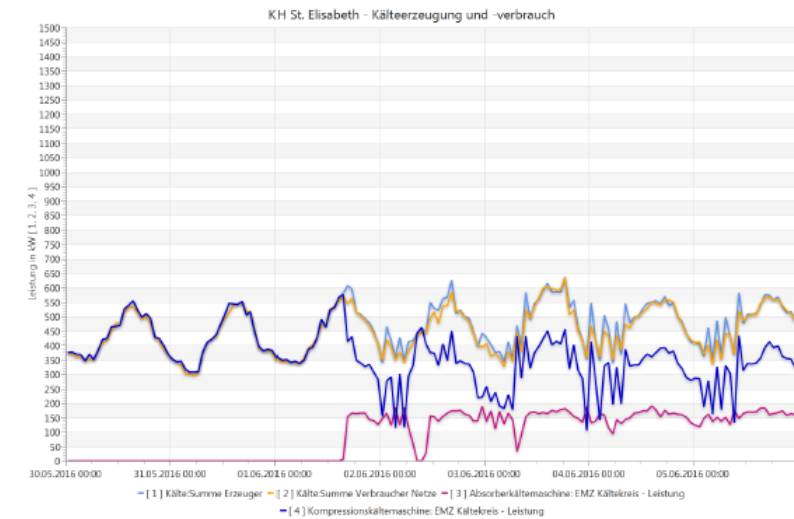
zeitlicher Verlauf in Stundenwerte

- Summe Erzeugung
- Summe Verbraucher
- Leistung Absorptionskältemaschine
- Leistung Kompressionskältemaschine

Bericht KW 22/16

Kälteversorgung - Nachweis Effizienz

Übersicht Erzeugerleistungen



Kälteleistung Erzeuger

zeitlicher Verlauf in Stundenwerte

- Summe Erzeugung
- Summe Verbraucher
- Leistung Absorptionskältemaschine
- Leistung Kompressionskältemaschine

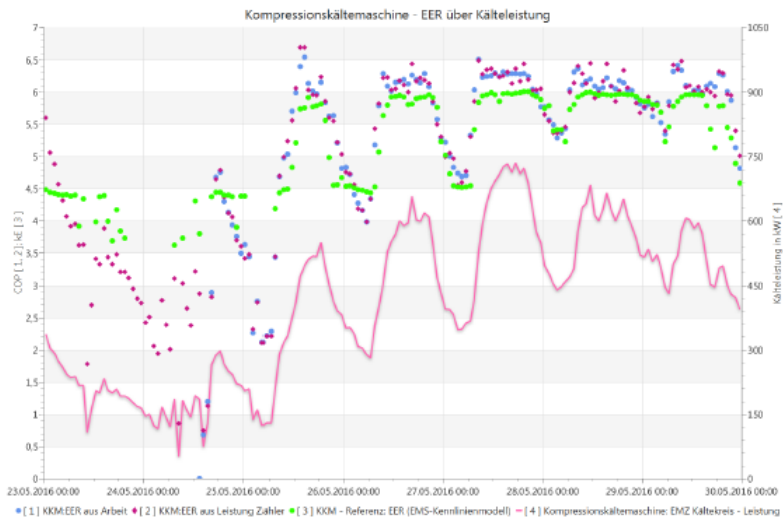
KH St. Elisabeth – Energiebericht

Zeitlicher Verlauf Effizienz KKM – wöchentliche Berichte

Bericht KW 21/16

Kälteversorgung - Nachweis Effizienz

Kompressionskältemaschine - zeitlicher Verlauf



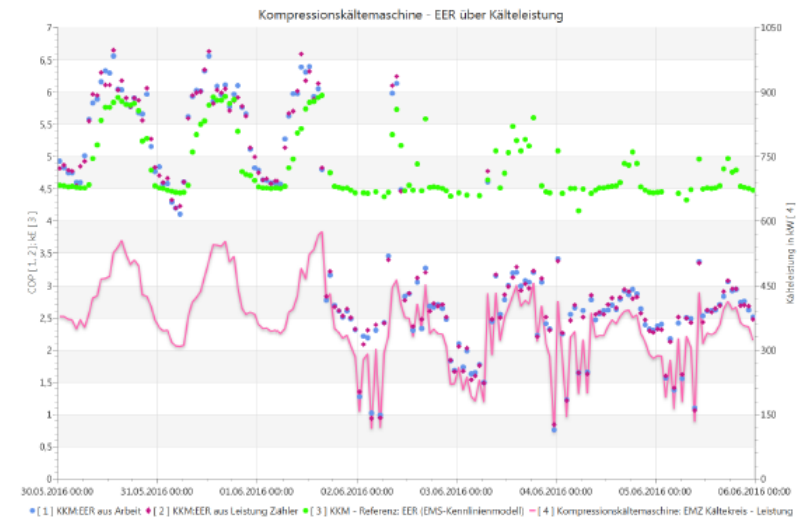
zeitlicher Verlauf von (Stundenwerte)

- EER der KKM ermittelt aus Arbeit
- EER der KKM ermittelt aus Leistung
- EER aus Referenzmodell (EMS-Kennlinienmodell)
- Kälteleistung der KKM

Bericht KW 22/16

Kälteversorgung - Nachweis Effizienz

Kompressionskältemaschine - zeitlicher Verlauf



zeitlicher Verlauf von (Stundenwerte)

- EER der KKM ermittelt aus Arbeit
- EER der KKM ermittelt aus Leistung
- EER aus Referenzmodell (EMS-Kennlinienmodell)
- Kälteleistung der KKM

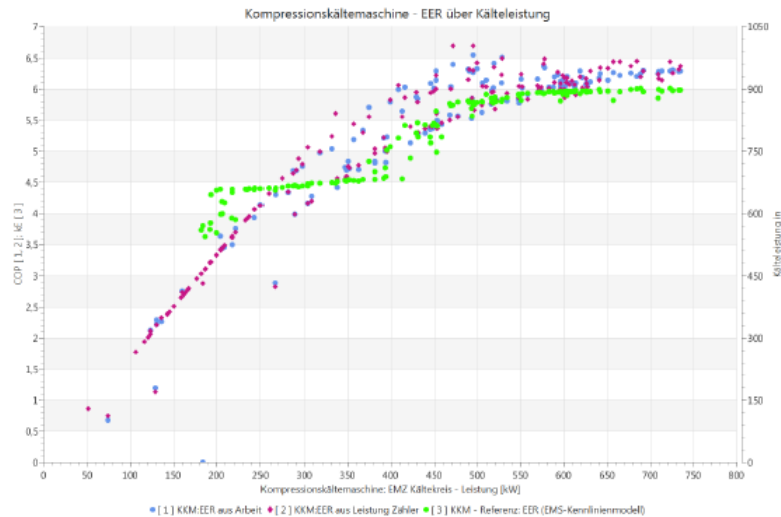
KH St. Elisabeth – Energiebericht

Effizienz über Kälteleistung KKM – wöchentliche Berichte

Bericht KW 21/16

Kälteversorgung - Nachweis Effizienz

Kompressionskältemaschine - EER



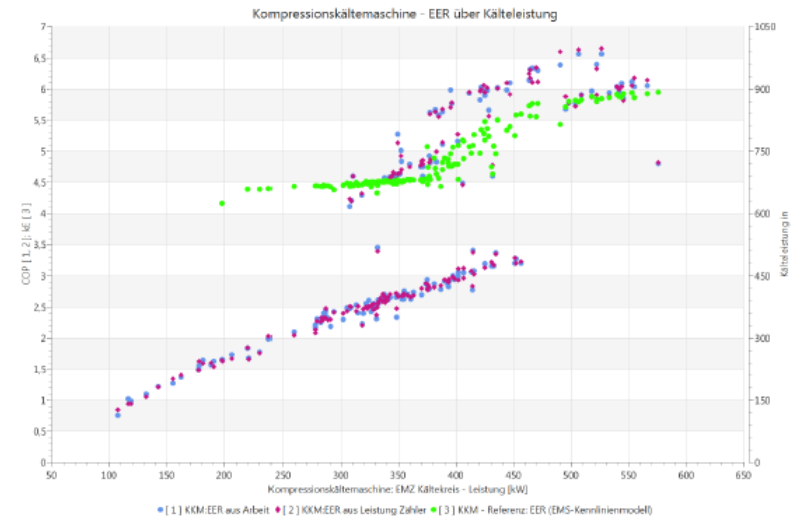
EER dargestellt über der Kälteleistung der Kompressionskältemaschine

- EER ermittelt aus Arbeit
- EER ermittelt aus Leistung
- EER aus Referenzmodell (EMS-Kennlinienmodell)

Bericht KW 22/16

Kälteversorgung - Nachweis Effizienz

Kompressionskältemaschine - EER



EER dargestellt über der Kälteleistung der Kompressionskältemaschine

- EER ermittelt aus Arbeit
- EER ermittelt aus Leistung
- EER aus Referenzmodell (EMS-Kennlinienmodell)

Halbierung EER = Doppelter Stromverbrauch

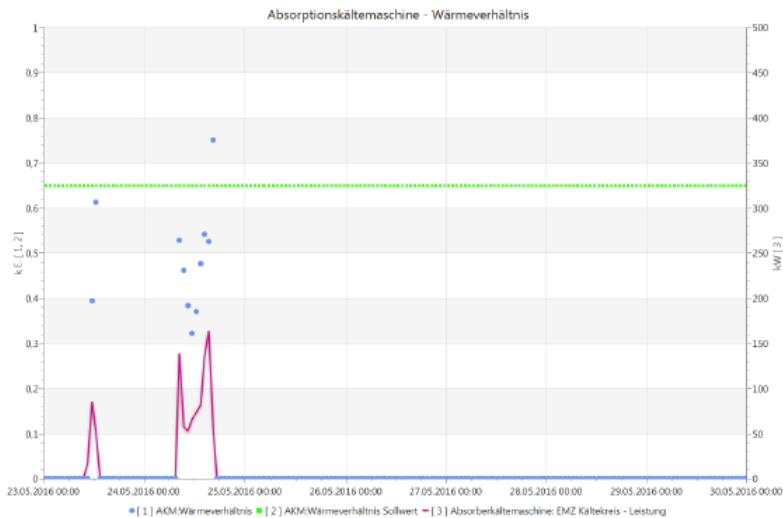
KH St. Elisabeth – Energiebericht

Zeitlicher Verlauf Effizienz AKM – wöchentliche Berichte

Bericht KW 21/16

Kälteversorgung - Nachweis Effizienz

Absorberkältemaschine - Verlauf



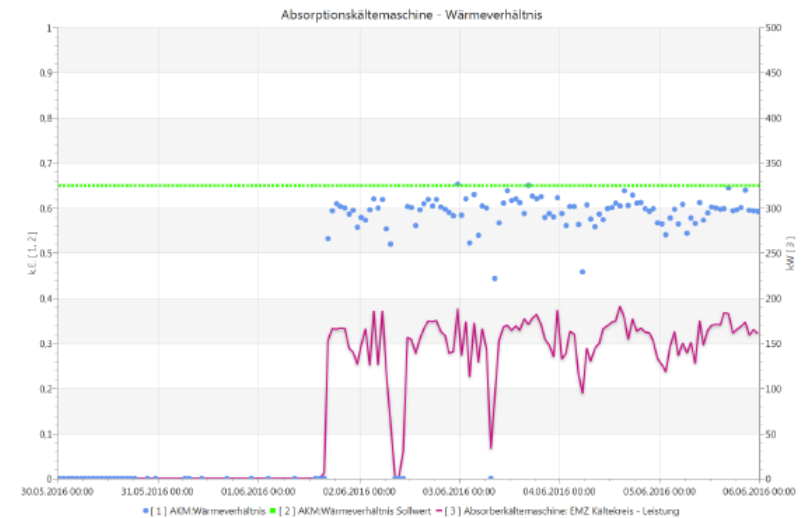
zeitlicher Verlauf von
(Stundenwerte)

- Wärmeverhältnis aus Zählerwerten
- Sollwert Wärmeverhältnis
- Kälteleistung der AKM

Bericht KW 22/16

Kälteversorgung - Nachweis Effizienz

Absorberkältemaschine - Verlauf



zeitlicher Verlauf von
(Stundenwerte)

- Wärmeverhältnis aus Zählerwerten
- Sollwert Wärmeverhältnis
- Kälteleistung der AKM

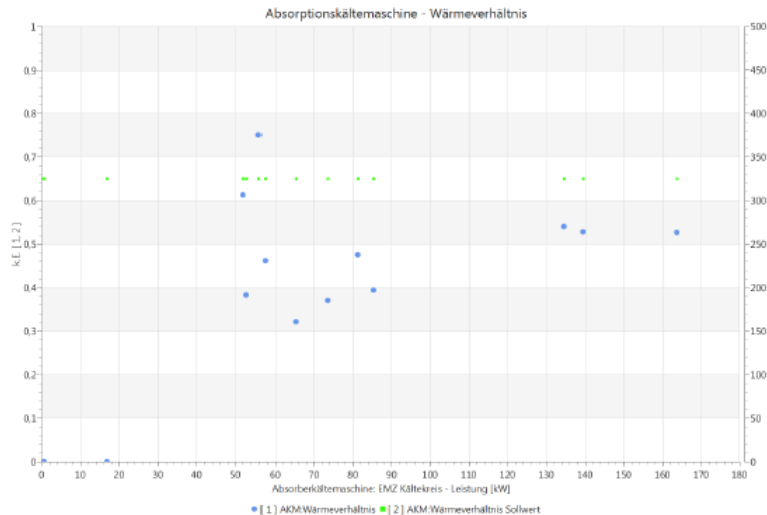
KH St. Elisabeth – Energiebericht

Effizienz über Leistung AKM – wöchentliche Berichte

Bericht KW 21/16

Kälteversorgung - Nachweis Effizienz

Absorberkältemaschine - Wärmeverhältnis



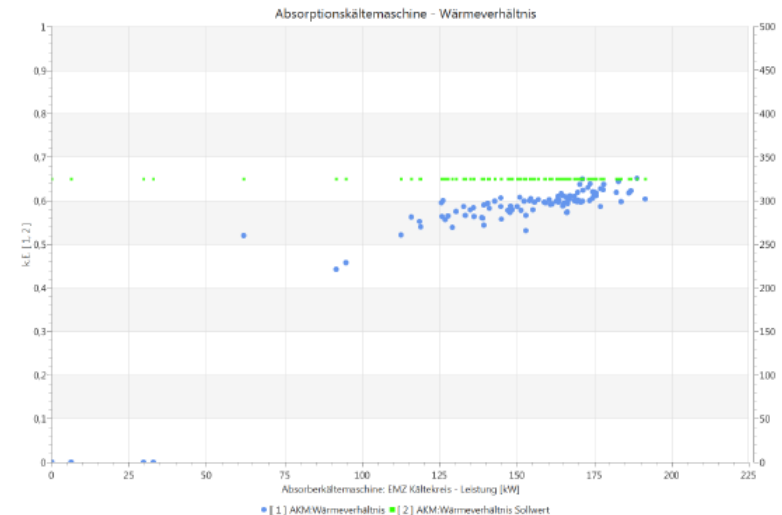
Wärmeverhältnis aufgetragen über Kälteleistung der AKM
(Stundenwerte)

- Wärmeverhältnis aus Messwerten
- Sollwert Wärmeverhältnis

Bericht KW 22/16

Kälteversorgung - Nachweis Effizienz

Absorberkältemaschine - Wärmeverhältnis



Wärmeverhältnis aufgetragen über Kälteleistung der AKM
(Stundenwerte)

- Wärmeverhältnis aus Messwerten
- Sollwert Wärmeverhältnis

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Optimierung Betonkerntemperierung

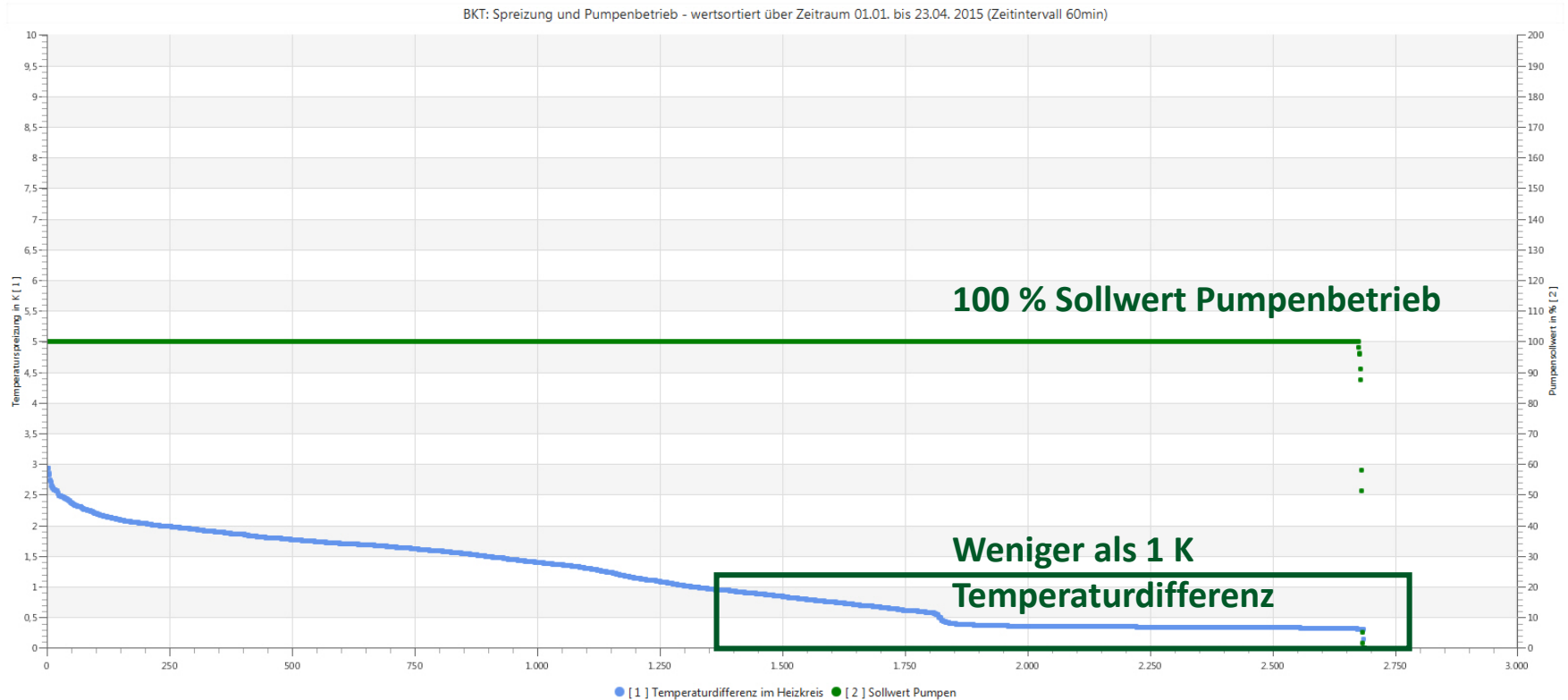
Auslegung Betonkerntemperierung (BKT):

- Nennleistung: 160 kW
- Temperaturen im Heizkreis: 29/25 °C
- Pumpenleistung: je 1,5 kW (2 Pumpen)
- Ladung über Nacht (18 bis 8 Uhr)
- Heizung bei mittleren Außentemperaturen < 17 °C; Kühlung bei > 18 °C
- Umwälzung im Standbybetrieb bei Außentemperatur 17-18 °C zum Temperatenausgleich im Gebäude

Aktueller Betrieb:

- Durchgehender Pumpenbetrieb:
 - konstanter Durchfluss von 30 m³/h im Heizkreis
 - konstanter Betrieb der Pumpen mit voller Leistung (Sollwert 100 %)
 - Ziel: gleichmäßige Temperaturverteilung der Wärme in allen Gebäudebereichen
- Leistungsregelung BKT durch Regelventil Stellsignal in Zuleitung vom NT-Wärmenetz
- keine Regulierung der Pumpen nach erforderlicher Leistung!
 - Winter: Wärmeleistungen von ca. 50 bis 90 kW tagsüber (5:30 bis 20:30 Uhr)
 - Übergangszeit (April): durchgängige Wärmeleistungen von ca. 15 bis 35 kW

Temperaturspreizung und Pumpenbetrieb (01.01. bis 23.04.2015)



Darstellung aller Messwerte des bisherigen Jahres über in absteigender Größe (Mittelwerte über 60 Minuten)

- Die Pumpe lief dieses Jahr quasi **durchgehend**
- Über die Hälfte des Jahres liegt **weniger als 1 K Temperaturspreizung** vor (Wärmeleistung BKT gering)

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Optimierung Betonkerntemperierung

▪ Überlegungen:

- Reduktion der Pumpenleistung bei niedriger Auslastung BKT
 - Kopplung mit Regelventil Stellsignal
- Regelung der der BKT wie in Funktionsbeschreibung vorgesehen
 - Einrichten des Nachtbetriebs
- Taktender Einsatz der Pumpen
 - beispielsweise stündlicher Wechsel (An/Aus)
- Kombinationen möglich

▪ Auswirkung:

- Verringerung des benötigten Pumpenstroms
- Aktuelle Kosten:
 - 2 x 1,5 kW durchgehender Betrieb: **72 kWh pro Tag - ca. 26 MWh pro Jahr – ca. 4.000 € pro Jahr**
- Verringerung durch Anpassung an Regelventil der BKT:
 - Durchschnittswert im ersten Quartal 2015: ca. 20 % - Einsparpotential von ca. 80 % der Leistung
 - **Einsparungen von ca. 3.000 €**
- 100 % Betrieb nach Funktionsbeschreibung:
 - Nur 14 h Betrieb am Tag: 18 bis 8 Uhr: ca. 60 % des Tages – Einsparpotential von ca. 40 % der Zeit
 - **Einsparungen von ca. 1.500 €**

Strompreis:
ca. 15 Ct/kWh



KH St. Elisabeth – Energiebericht

Optimierung Betonkerntemperierung

Ausgangssituation:

1. Betriebszeiten Zonen

Tag- und Absenkbetrieb der Volumenstromregler aller von RLT-Anlage 02 versorgten Zonen wird über eine einzige Zeitschaltuhr gesteuert.

→ Luftmengen der verschiedenen Zonen derzeit nicht auf tatsächlichen Betriebszeiten bzw. Erfordernisse angepasst werden.

2. Luftqualität Zonen

Luftqualitätsfühler in Zonen N1 bis N5, die jedoch nicht in die Regelung eingehen. Messwerte für Luftqualität in allen Zonen weit unter dem eingestellten Grenzwert.

→ Luftmengen könnte für einige Bereiche reduziert werden.

Maßnahme:

zu 1.: Programmieren weiterer Zeitschaltuhren, um unterschiedliche Nutzung Zonen zu berücksichtigen und den geförderten Luftvolumenstrom so gering wie möglich zu halten

→ Einsparpotential bis ca. 14.000 €/a für Zonen N1 bis N5.

→ Weiteres Einsparpotential bei übrigen Zonen wie Technikbereichen, etc.

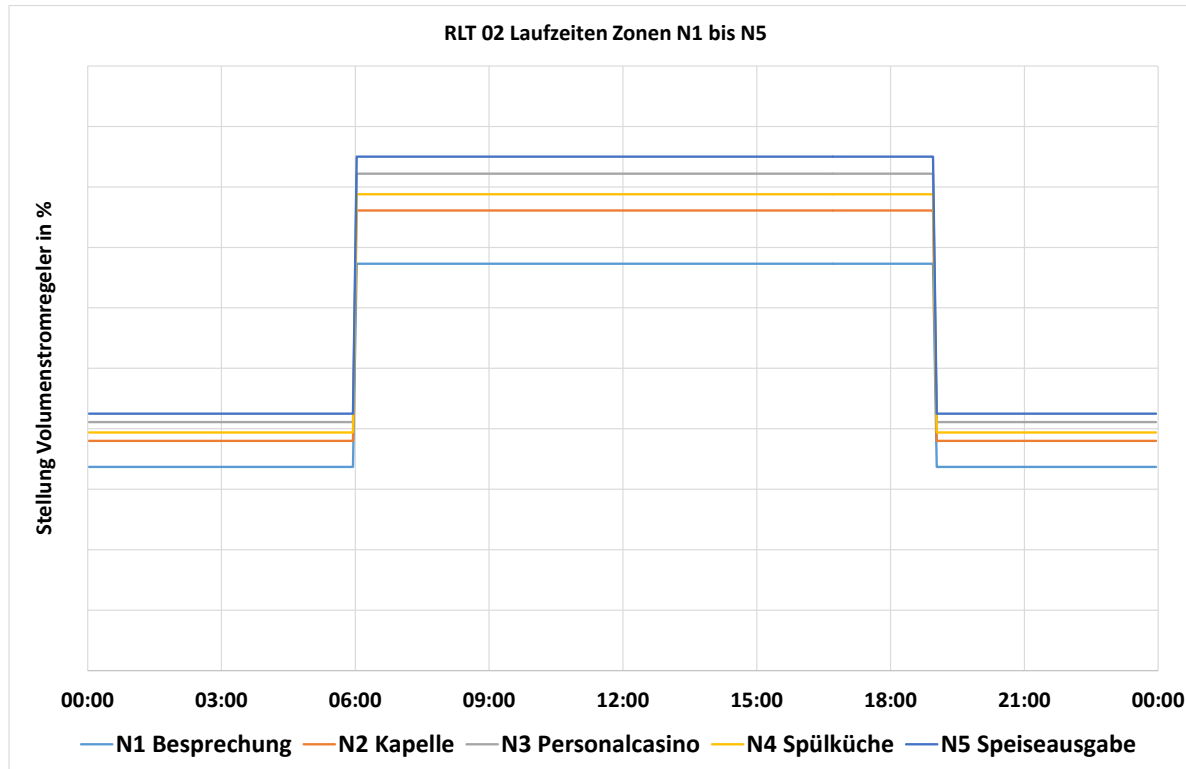
zu 2.: Nutzen der Luftqualitätsfühler für Regelung Volumenstromregler in den nachgeschalteten Zonen, sofern möglich

→ Einsparpotential ca. 10.000 bis 25.000 €/a je nach resultierender Reduktion des Volumenstroms

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Optimierung RLT-Anlagen durch Absenkung Zonen und Nutzen Luftqualitätsregelung

- IST-Situation: Laufzeiten gleich für alle Bereiche von 6:00 Uhr bis 19:00 Uhr



- **Empfehlung:**

- Anpassung Laufzeiten Bereiche N1 bis N5
- Entkoppelung zeitliche Steuerung Volumenstromregler durch zusätzliche Zeitschaltuhren

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Optimierung RLT-Anlagen durch Absenkung Zonen und Nutzen Luftqualitätsregelung

■ Überlegungen:

- Besprechungsraum von 8 bis 18 Uhr mit voller Leistung versorgen
- Kapelle nur morgens, mittags und abends und zu Gottesdienstzeiten mit voller Leistung versorgen, sonst abgesenkter Betrieb
 - Gottesdienste: So 8:45 Uhr, Di und Fr 18:30 Uhr
- Personalcasino und Speiseausgabe nur während des Frühstücks und Mittagessens mit voller Leistung versorgen
 - 7:00 bis 9:30 Uhr, 11:15 bis 14:00 Uhr
- Spülküche nur während der Betriebszeiten mit voller Leistung versorgen
 - 7:30 bis 15:00 Uhr wochentags, 7:30 Uhr bis 14:00 an Wochenende und Feiertagen
- Grundlage des Vorschlags: Auskunft von Herrn Sommerweiß bzgl. Betriebszeiten
- Anpassung an andere Zeiträume nach Programmierung der Zeitschaltuhren jederzeit möglich.

■ Auswirkung:

- Verringerung der Laufzeit senkt Volumenstrom und damit benötigte elektrische Energie
- Jährliche Einsparungen von ca. 14.000 € möglich

Strompreis
ca. 15 Ct/kWh

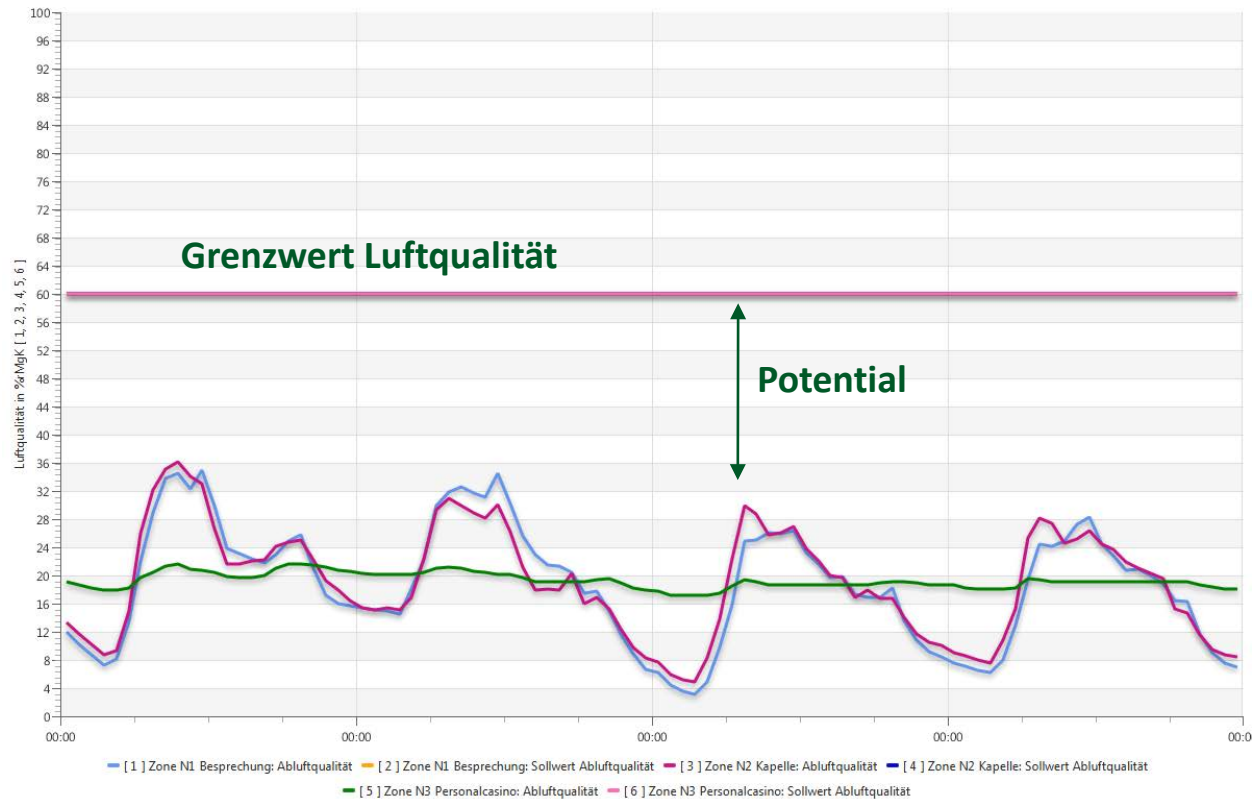
gut 250 kWh
Ersparnis pro Tag

ca. 95.000 Wh
Ersparnis pro Jahr

ca. 14.000 €
Kosteneinsparung pro Jahr

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Optimierung RLT-Anlagen durch Absenkung Zonen und Nutzen Luftqualitätsregelung



Die Luftqualität ist so gut, dass der vorgegebene Grenzwert für die Luftqualität zu jedem Zeitpunkt deutlich unterschritten.

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Optimierung RLT-Anlagen durch Absenkung Zonen und Nutzen Luftqualitätsregelung

▪ **Vorschlag für Optimierung:**

- Nutzen der Luftqualitätsfühler in Abluft zur Regelung Volumenstrom
- Einbau bzw. Programmierung Regelung über Luftqualität
→ erfolgt rein softwareseitig, hardwareseitig keine Umbauten erforderlich
- Maßnahme für alle Zonen möglich, in denen die Abluftqualität direkt gemessen wird
→ Besprechung geht nicht, da Luftqualität Mischwert aus verschiedenen Räumen ist
- deutliche Reduzierung Volumenströme möglich aufgrund deutlicher Unterschreitung der derzeit eingestellten Grenzwert zu erwarten

▪ **Vorschlag zur Vorgehensweise**

- Programmieren Luftqualitätsregelung
- Grenzwert Luftqualität auf hohen Wert einstellen, um zu große Änderung zu vermeiden
- Anschließend Grenzwert für die verschiedenen Zonen sukzessive zurücknehmen, bis optimaler Wert gefunden ist

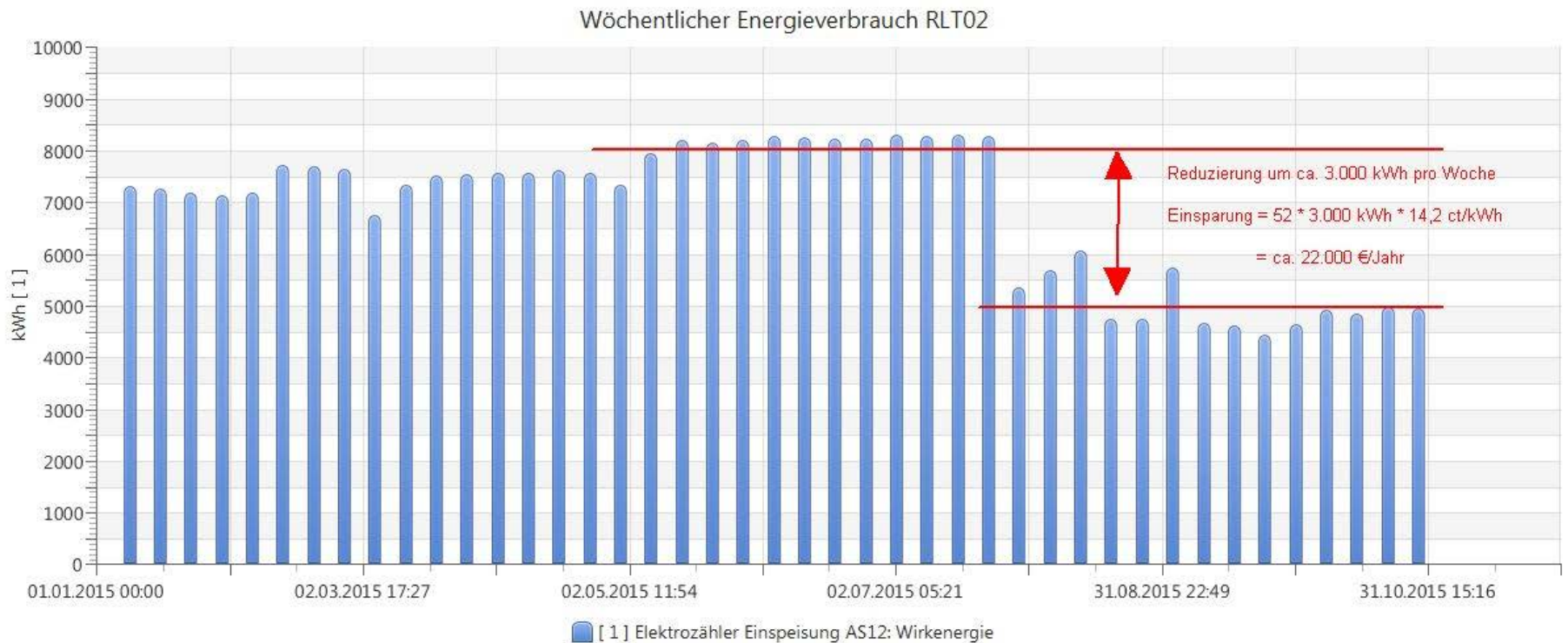
▪ **Einsparpotentiale je nach resultierender Reduktion Volumenstrom bei aktuellen Laufzeiten**

Szenario	Reduktion um 15 %	Reduktion um 30 %	Reduktion um 50 %
Energieeinsparung pro Tag	ca. 190 kWh	ca. 350 kWh	ca. 535 kWh
Energieeinsparung pro Jahr	ca. 70.000 kWh	ca. 125.000 kWh	ca. 195.000 kWh
Strompreis	0,15 €/kWh	0,15 €/kWh	0,15 €/kWh
Kostensparnis pro Jahr	ca. 10.000 €	ca. 19.000 €	ca. 29.000 €

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Optimierung RLT-Anlagen durch Absenkung Zonen und Nutzen Luftqualitätsregelung

- RLT-Anlage lief für alle Bereiche durch
 - VVR-Boxen wurden nicht für Anpassung an Nutzungszeiten genutzt
 - CO₂-Fühler verbaut, aber nicht in Regelung integriert
- Deutliche Reduktion geförderte Luftmenge mit entsprechender Einsparung



KH St. Elisabeth – Energiebericht

Zusammenfassung Einsparungen pro Jahr (Hauptmaßnahmen)

▪ Optimierung RLT-Anlagen	ca. 25.000 bis 30.000 €
▪ Optimierung BKT Zeiten und Pumpen	ca. 4.000 €
▪ Betrieb Wärmepumpe Geothermie (+ CO ₂ -Reduktion)	ca. 1.500 €
▪ BHKW-AKM Umstellung Prio Wärmeerzeugung	ca. 10.000 bis 15.000 €
▪ Stabilisierung Wärmeerzeugung	Noch zu bewerten
▪ Stabilisierung Kälteerzeugung (Verbesserung COP) (ohne Berücksichtigung Auswirkungen auf Wärme abgeschätzt über 2000 h Betrieb KKM bei 250 kW mit halben COP)	ca. 10.000 bis 15.000 €
Summe	ca. 50.000 bis 65.000 €

- Stabilisierung BHKW-Betrieb nicht berücksichtigt, da nicht separat bewertbar.

Inhalt

- 1 Übersicht Konzeption und Anlagentechnik
- 2 Energiedaten - Verbrauch, Kosten, CO2-Austoß, Benchmark
- 3 Maßnahmen und Ergebnisse energetischen Optimierung
- 4 Ausblick / Empfehlung für zukünftige Maßnahmen

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Ergebnis und Stand Energiemanagement

- Energieströme sind für Bauteil A komplett nachvollziehbar.
- Bauteil B ist noch als „großer Block“ abgebildet, da nur jeweils nur ein Zähler je Medium vorhanden ist.
- Die Bilanzen innerhalb des Gebäudes sind erstellt und geprüft und werden fortlaufend ausgewertet
 - Wärme- und Kälte vollständig umgesetzt.
 - Bei Strom wird Gesamtverbrauch über TWS erfasst und in Monitoring eingelesen
- Einspeisezähler des Energieversorgers sind im Energiemanagementsystem ebenfalls verfügbar
 - Gas und Strom können über Webportal bis zum Vortag abgerufen werden.
 - Werte können für Bilanzen und Auswertung im EMS genutzt werden.
- Mit dem Energiemanagement und der zugehörigen Datenerfassung wurde die Basis für weitere energetische Analyse und Optimierung geschaffen.
 - Datenerfassung läuft sehr stabil
 - Die Datenbasis für den Verbrauch von Wärme und Kälte ist gut.
 - Die Erfassung von Strom ist ausbaufähig.
- Das Energiemanagement ist so vorbereitet, dass es ohne Probleme auf neue Bauteile und Liegenschaften erweitert werden kann.

KH St. Elisabeth – Energiebericht

Zusammenfassung

- Die zu Projektbeginn beschlossene und geplante innovative „grüne“ Anlagentechnik ist vorbildlich umgesetzt und greift hinsichtlich Energieeffizienz und Optimierungsmöglichkeiten.
- Durch die umfassenden Messeinrichtungen ist eine gute Transparenz bzgl. Energieströme für die Zentrale und das Bauteil A gegeben.
- Im Zuge der Optimierung wurde mit durchgängigen und parametrierbaren Steuerungskonzepten die Grundlage für eine weitere Steigerung der Effizienz geschaffen.
- Durch Analysen mithilfe des Energiemanagementsystems konnte der Anlagenbetrieb stabilisiert und in ersten Schritten optimiert werden.
- Durch die Optimierungen konnten signifikante Einsparungen erzielt werden. Hierbei ist zu beachten, dass einige Maßnahmen auch zu einem stabileren Betrieb geführt haben, der sich energetisch auswirkt, aber nicht direkt quantifizierbar ist.
- Die Optimierung sollte in jedem Fall fortgeführt werden, da noch Einsparpotential vorhanden ist.
- In diesem Zuge sollte die Transparenz für Bauteil B erhöht werden, um auch hier die Einsparpotentiale heben zu können. Bauteil B verbraucht die meiste Energie.
- Ebenso muss die Transparenz bzgl. der Energieströme auf Stromseite weiter verbessert werden, um die Verbraucher bewerten zu können so mögliche Einsparpotentiale aufdecken zu können
- Die neuen Bauteile C und D sollten in gleicher Weise in das Energiemanagement integriert werden.