

Helmholtz Munich

Zentrale WRG für die RLT-Anlagen in Gebäude 35



Verfasser:
Dipl.-Ing. (FH) Lothar Stich

Abensberg, 11.08.2022

1. Aufgabenstellung

Im Auftrag des Helmholtz Zentrums München soll geprüft werden ob eine zentrale Wärmerückgewinnung (WRG) für die RLT-Anlagen im Gebäudekomplex 35 eingesetzt werden kann. Dabei soll wertvolle Heizenergie eingespart werden. Darüber hinaus Möglichkeiten der Kälterückgewinnung mit untersuchen.

Als Varianten werden folgende Ausführungsvarianten untersucht:

- Zusätzlicher Einbau eines Kreislaufverbundsystems (KVS) in die bestehende zentrale Außenluftansaugung und Fortluftausbringung
- Ersatz der Vorerhitzung durch die WRG (Außenluftseite) mit Einbindung der Vorerhitzung aus der Gasturbine, Filterebene vor dem Vorerhitzer
- Einbau der Fortluft-WRG in den Fortluftturm, bzw. Alternative Fortluftführung
- Einsatz einer Adiabaten Kühlung in der Fortluft

Als Voraussetzung für die Ausarbeitung der Varianten werden die notwendigen Luftmengen und -konditionen grob ermittelt.

2. Grundlagen und Quellen

Als allgemeine Berechnungsgrundlage wurde die VDI- Richtlinie 2067 „Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen“ verwendet.

Datenquellen:

- Gespräche mit Frau Lange-Schilling, Herrn Deinert, Herrn Ußen, Herr Koch
- Begehung der Anlagen vor Ort
- Gaspreise und Gasverbräuche:

Vollkosten (Heizwert):	2023: 0,1772 €/kWh
	2024: 0,1276 €/kWh
	2025: 0,0937 €/kWh
Vollkosten (Brennwert):	2023: 0,1600 €/kWh
	2024: 0,1153 €/kWh
	2025: 0,0846 €/kWh
- Strompreise und Verbräuche

Vollkosten:	2023: 0,4236 €/kWh
	2024: 0,3127 €/kWh
	2025: 0,2636 €/kWh
- Kältekosten und Verbräuche

AKM (ceta 0,5)	2023: 0,3937 €/kWh
	2024: 0,2836 €/kWh
	2025: 0,2082 €/kWh
TKM (cop 2,5)	2023: 0,1694 €/kWh
	2024: 0,1251 €/kWh
	2025: 0,1054 €/kWh
- Finanzierungskonditionen

Zinsfuß:	angenommen 2,5 %
----------	------------------

Alle Kosten die im Konzept genannt werden verstehen sich zuzügl. 19% Mehrwertsteuer.

3. Ermittlung der Luftmengen

1. Aussenluft (AU-ODA)

Folgende Grundlagen wurden von Herrn Deinert übermittelt:

G3511 Hauptzuluft

RLT-Anlage	Luftmenge m ³ /h Max	Sollwerte nach Vorerhitzer
RLT01 AS3515 Zuluftanlage Gruppe 1.1 - 1.4	109500	RLT01 im Winter normalerweise bei ca. 8-11°C
RLT02 AS3515 Zuluftanlage Gruppe 2.1 - 2.6	150095	Keine Vorkühlung, im Sommer wie Außentemperatur.
gesamt:	259595	

Die dargestellten Werte sind die Nennleistungen der Außenluftanlagen.

Nach Durchsicht der GLT-Trendaufzeichnungen wurde eine durchschnittliche Luftmenge von **210.000 m³/h** festgestellt. Dieser Wert wird für die weiteren Berechnungen verwendet. Allerdings sollen die Anlagen so geplant werden, daß die Nennleistungen im Bedarfsfall erreicht werden können.

Für die Auslegungen werden folgende Werte angesetzt:

Sommerfall: mit 32 °C AU-Temperatur mit 12,0 g/kg tr. L.

Soll-Temperatur nach dem Vorerhitzer: aktuell keine gefordert.
(Kälterückgewinnung sollte möglichst realisiert werden)

Winterfall: mit -16 °C AU-Temperatur mit 1,0 g/kg tr. L.

Soll-AU-Temperatur nach dem Vorerhitzer: ≥ 9 °C im Winter und Übergangszeiten.

Die daraus resultierende Heizlast im Winterfall: ca. 2.000 kW (bei 210.000 m³/h), bzw. etwa 2,9 MW bei Nennlast laut Bestandsunterlagen.

Die 2.000 kW werden für die weiteren Berechnungen verwendet.

2. Fortluft (FO-EHA)

Folgende Grundlagen wurden übermittelt:

Fortluft (zum Ost-Kamin)

		Werte (ca.) aus ProGraf / GLT Chart			
RLT-Anlage	Luftmenge m³/h Max	ABL-Feuchte % r.F. Sommer	ABL-Feuchte % r.F. Winter	Durchn. ABL-Feuchte p.a. % r.F.	ABL-Temp.-Ø ca. °C
G3512.2 AS3542 RL12 Abluft West	14250	50	46	48	23
G3512.2 AS3542 RL12 Abluft Ost	14250	60	57	58,5	22,5
G3512.1 AS3545 RL42 Abluft West	14250	51	48	49,5	22
G3512.1 AS3545 RL42 Abluft Ost	14250	51	46	48,5	22
G3511 AS3525 RL52 Abluft Streifen E	22500	55	53	54	22,5
G3511 AS3514 RL02 Abluft Streifen D	16000	57	46	51,5	22,5
G3511 AS3518 RL12 Abluft Streifen C	16000	55	54	54,5	22
G3511 AS3522 RL32 Abluft Streifen B	16000	54	45	49,5	21
G3511 AS3520 RL22 Abluft Streifen A	16000	58	57	57,5	21
G3511 AS3523 RL09 Abluft Waschhallen	13000	65 (geschätzt)	60 (geschätzt)	62,5	24 (geschätzt)
G3511 AS3523 RL09 Abluft Untergeschoß	10370	45 (geschätzt)	35 (geschätzt)	40	24 (geschätzt)
G3511 AS3523 RL99 Abluft Spänemist	4600				24 (geschätzt)
MAX gesamt:	171470				

Die dargestellten Werte sind die Nennleistungen der Fortluftanlagen.

Nach Durchsicht der GLT-Trendaufzeichnungen wurde eine durchschnittliche Luftmenge von **150.000 m³/h** festgestellt. Dieser Wert wird für die weiteren Berechnungen verwendet.

Für die Auslegungen werden folgende Werte angesetzt:

Sommerfall: mit 22 °C FO-Temperatur mit 9,1 g/kg tr. L.

Winterfall: mit 22 °C FO-Temperatur mit 8,2 g/kg tr. L.

FO-Temperatur relativ konstant im Sommer, Winter und Übergangszeiten.

4. Beschreibung der Varianten

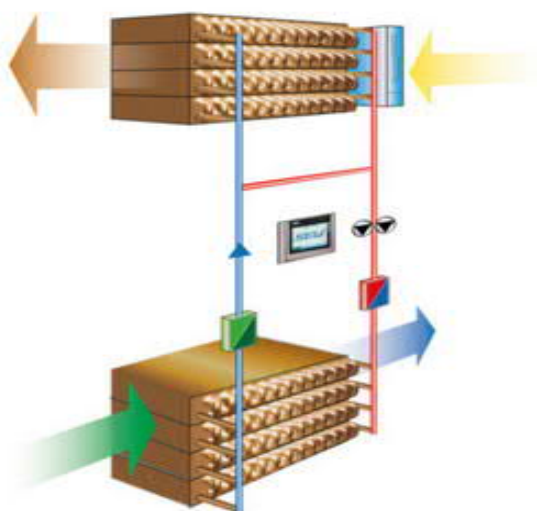
Es werden zwei Varianten untersucht und dem Ist-Zustand gegenübergestellt.

1. Wärmerückgewinnung im Kreislaufverbundsystem mit Gegenstromschichtwärmetauschern
2. Wärmerückgewinnung im Kreislaufverbundsystem mit Gegenstromschichtwärmetauschern (GSWT) und adiabater Kühlung

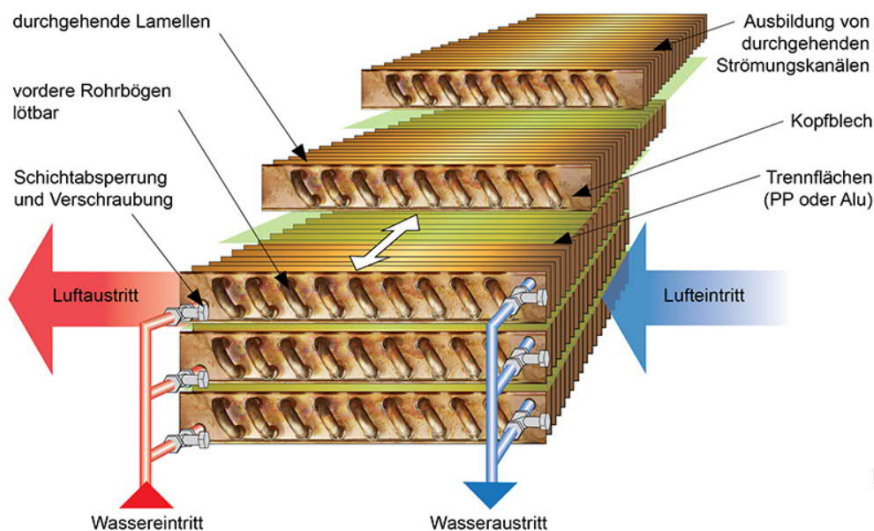
4.1 Variante 1 - Wärmerückgewinnung im Kreislaufverbundsystem mit Gegenstromschichtwärmetauschern

Die zentrale Wärmerückgewinnung (WRG) kann auf der Aussenluftseite an mehreren Positionen aufgebaut werden. Auf der Fortluftseite bieten sich 2 Positionen an, wobei nur eine davon die nötige Flexibilität aufweist. Im folgenden wird der Aufbau grob beschrieben:

System Gegenstromschichtwärmetauscher von Fa. SEW:



STANDARD
GSWT® – SYSTEM



Aussenluft

Der Aussenluftteil der Wärmerückgewinnung sollte auf jeden Fall vor den bestehenden Lüftungsventilatoren und nach den Luftfiltern eingebaut werden. Sofern möglich, wäre der Rückbau und Ersatz der bestehenden Vorerhitzer sinnvoll. Die Vorerhitzung erfolgt dann durch die neuen WRG-Gegenstromschichtwärmetauscher.

Für die Absicherung der Spitzenlast wird die Nacherhitzung aus der Wärmeerzeugung im Kreislaufverbund vor dem Aussenluft-Vorerwärmer eingesetzt (siehe nachfolgendes Schema).

Bei einem Einsatz der GSWT begrenzt die hohe Abluftfeuchte die Abkühlmöglichkeit der Fortluft. Daher ist der Vereisungsschutz wichtig und wird regelungstechnisch selbstständig aktiv vorgesehen. Der Vereisungsschutz wird bis zur relativ tiefen Aussenlufttemperatur von etwa -12 °C mit der WRG selbst erbracht. Darüber wird Heizenergie aus dem Wärmenetz dazu erforderlich.

Der neue Vorerhitzer-Wärmetauscher (GSWT) hat im Arbeitsbereich einen Druckverlust von etwa 140 Pa. Diese erhöht sich um etwa 40 Pa wenn die Luftmenge auf die Nennlast vergrößert wird. Die neuen GSWT werden voraussichtlich weniger Druckverlust verursachen als die bisherigen. Deshalb würde der Druckverlust der Aussenluftanlage und damit auch der Stromanteil sich weiter reduzieren lassen, wenn der bestehende Vorerwärmer ausgebaut wird.

Die neuen GSWT sollten nach Möglichkeit an der aktuellen Lage der Luftfilter eingebaut werden. Dann könnten die Luftfilter in der Lage der aktuellen Vorerwärmer angeordnet werden. Damit würde die klassische Variante der Filter vor den Wärmetauschern realisiert werden. Und damit die GSWT vor Verschmutzung geschützt werden.

Fortluft

Die Fortluft wird aktuell über den markanten Fortlufturm ausgebracht. In den beiden Kaminen ist jedoch zu wenig Platz für die WRG. In einer Kammer davor könnte durch bauliche Veränderungen der Einbau der WRG eventuell realisiert werden. Allerdings wäre das nur mit deutlichen Mehraufwand und Einschränkungen in der Qualität der WRG möglich.

Die einfachste Lösung wäre das Aufstellen eines Lüftungsgerätes mit den GSWT, Filter und weiteren Einrichtungen auf das Dach von Gebäude 35.

Das Gehäuse in wetterfester Ausführung zur Aufnahme der Fortluftwärmetauscher ist mit den Maßen von ca. 11 m tief x 2,7 hoch x 3,5 m breit angesetzt. Im Zuge der weiteren Planung können diese Maße aber noch optimiert werden.

Diese Variante würde auch die zusätzlichen Druckverluste in der Fortluft kleiner halten.

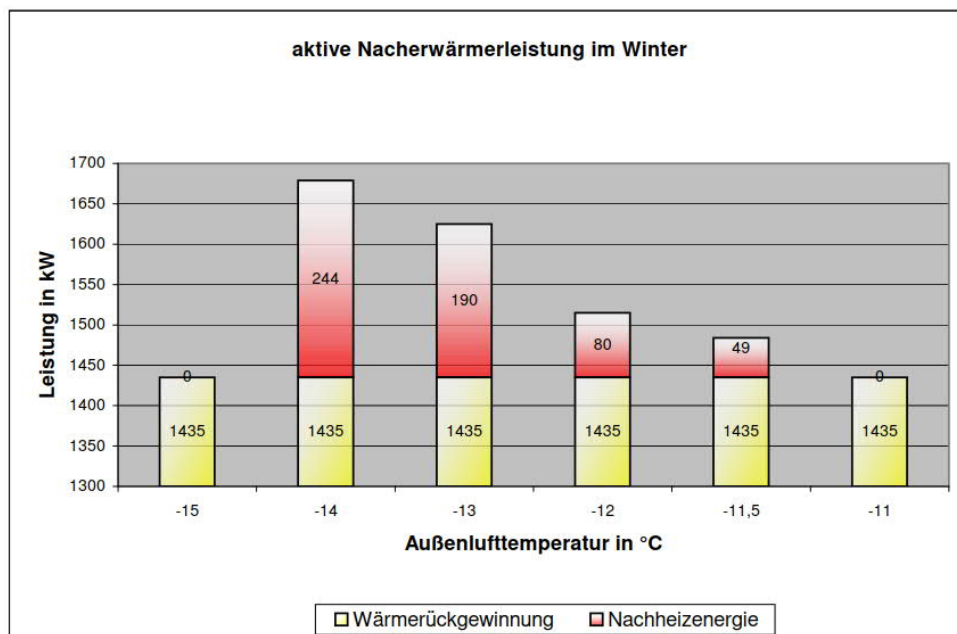
Die Rückwärmezahl der GSWT liegt bei 68 %. Die aktuellere Energieeffizienz liegt bei 65 % und die WRG-Klasse damit bei H3 (DIN EN 13053 /2020).

Die Druckverluste der Fortluftseite liegen bei etwa 180 Pa. Diese erhöht sich um etwa 50 Pa wenn die Luftmenge auf die Nennlast vergrößert wird.

Kreislaufverbundsystem

Das Kreislaufverbundsystem (KVS) zwischen Aussenluft- und Fortluftwärmetauscher wird in klassischen Stahlrohren im UG eingebaut. Mit einer parallelen Pumpengruppe wird das glykolhaltige Heizungswasser im Kreislauf gepumpt. Der fluidseitige Massenstrom beläuft sich auf ca. 90.000 kg/h (bei 260.000 m³/h Außenluft) – die Dimensionierung der Rohrleitung wird sich somit voraussichtlich auf DN 200 belaufen.

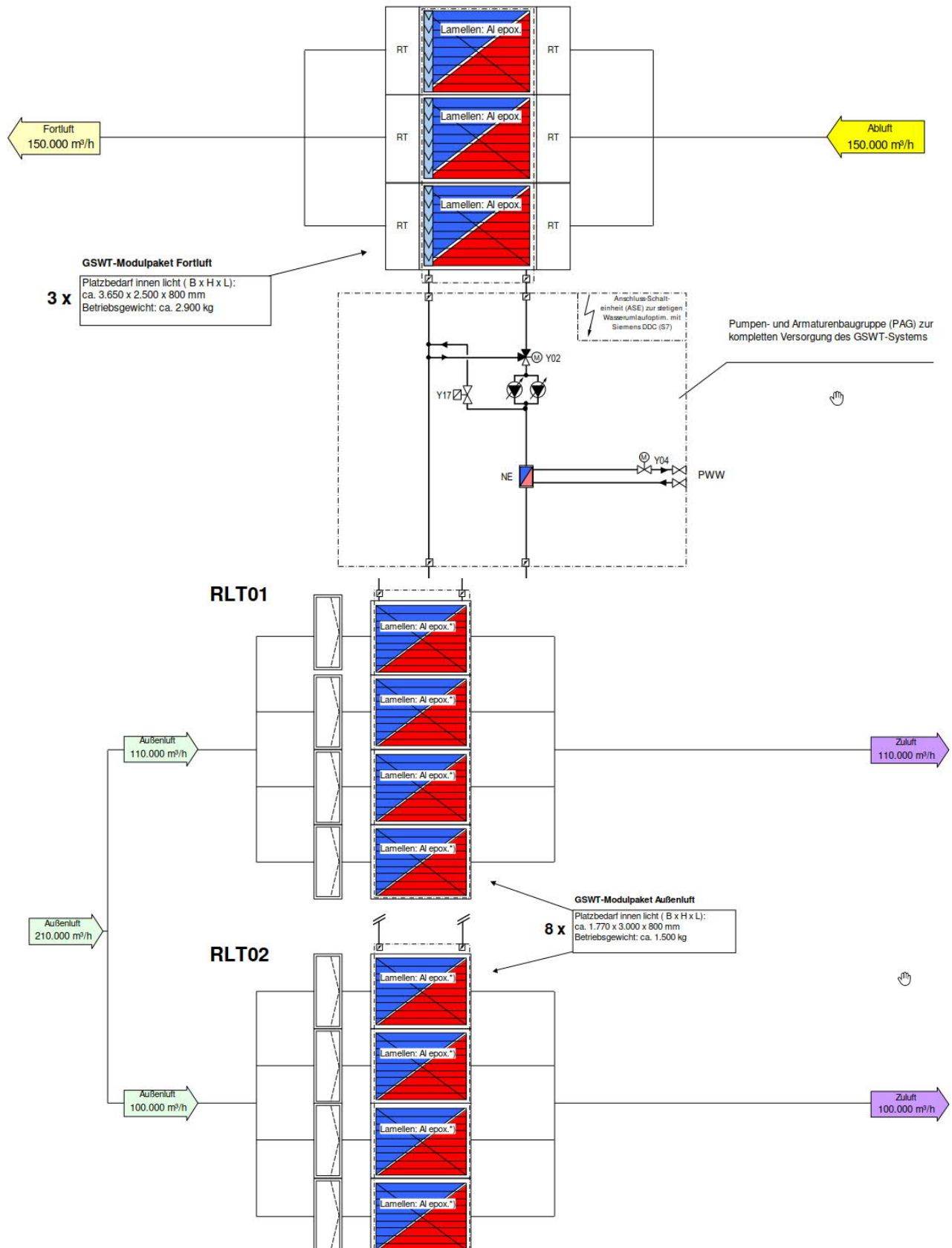
In diesem Kreislauf wird zwischen der Pumpe und AU-GSWT ein Wärmetauscher für die Restleistung der Vorerhitzung eingebaut. Der Wärmetauscher muß die von der WRG nicht zu schaffende Restleistung von 435 kW erbringen.



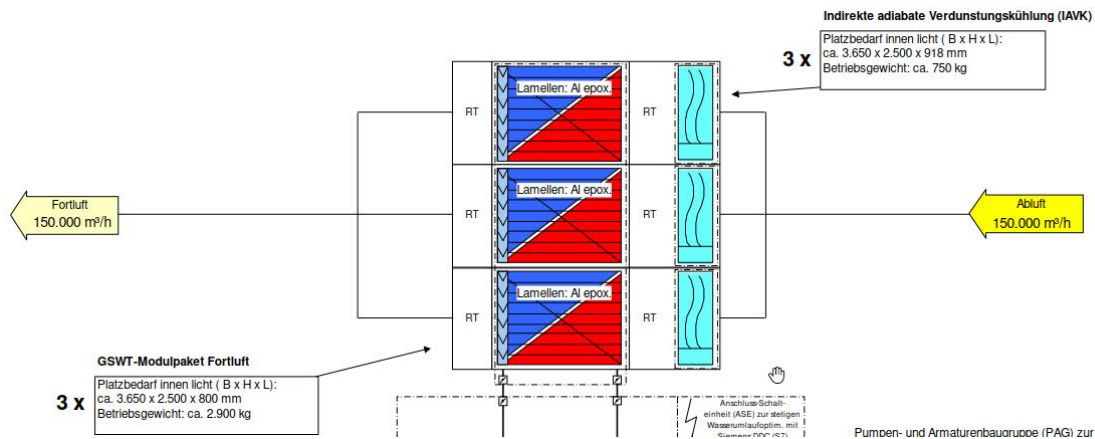
Wetterdaten: TRY München extrem Winter (Stand 2015, Quelle: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst)

Im Wetterdatensatz für München wird die Aussentemperatur leider nur bis – 14 °C dargestellt. Daher kann die Leistung für die avisierten – 16 °C nur hochinterpoliert werden. Daraus ergeben sich etwa 400 kW. Aus der Differenz der WRG zur aktuell angesetzten Leistung von 2.000 kW liegen etwa 565 kW. Für die Nennlast muß eine entsprechende Zusatzleistung eingeplant werden. Die Wärmerückgewinnung erbringt eine Rückwärmeleistung von 1435 kW.

Schema des GSWT-Systems mit integrierter Nacherwärmung



4.2 Variante 2 – Wärmerückgewinnung im Kreislaufverbundsystem mit Gegenstromschichtwärmetauschern mit adiabater Kühlung



Mit einem Kostenmehraufwand von etwa 100.000 € netto, könnte die Option ‚Adiabate Kühlung‘ realisiert werden.

Dazu kommen noch die Kosten für die Installation der VE-Wasserversorgung und die laufenden Kosten für die Wasseraufbereitung.

Die adiabate Kühlung kann sein Potential jedoch wegen der hohen Abluftfeuchte und relativ tiefen Fortlufttemperatur nicht gut entwickeln. Eine Wirtschaftlichkeit für diese Zusatzmaßnahme lässt sich kaum darstellen. Wir empfehlen die Adiabate Kühlung nicht zu realisieren.

5. Kosten

Kostenprognose	PSB-Technik GmbH
Bauherr: Helmholtz Zentrum München	Bearbeiter: L .Stich
Projekt : Zentrale WRG Gebäude 35	Stand: 12.08.2022

Kostengruppe		€ o. MWSt.	€ MWSt.	€ mit MWSt.
Summe 410				
420	Wärmeversorgungsanlagen			
421	Wärmeerzeugungsanlagen			
422	Wärmeverteilnetze	262.951,94	49.960,87	312.912,81
423	Raumheizflächen			
429	Wärmeversorgungsanlagen, sonstiges			
Summe 420		262.951,94	49.960,87	312.912,81
430	Lufttechnische Anlagen			
431	Lüftungsanlagen - WRG - Geräte	770.270,00	146.351,30	916.621,30
431	Lüftungsanlagen - WRG - Fortluftgerät	119.000,00	22.610,00	141.610,00
431	Lüftungsanlagen - WRG - Systemaufteilung	141.730,00	26.928,70	168.658,70
431	Lüftungsanlagen - WRG - Demontagen, Montagen	72.800,00	13.832,00	86.632,00
431	Lüftungsanlagen - WRG - Option adiabate Kühlung			
439	Lufttechnische Anlagen, sonstige	30.000,00	5.700,00	35.700,00
Summe 430		1.133.800,00	215.422,00	1.349.222,00
Summe 400		1.396.751,94	265.382,87	1.662.134,81

Gesamtübersicht				
Kostengruppen		€ o. MWSt.	€ MWSt.	€ mit MWSt.
Summe 300:	Bauwerk - Baukonstruktionen			
Summe 400:	Bauwerk - Technische Anlagen	1.396.751,94	265.382,87	1.662.134,81
Summe 500:	Außenanlagen			
Summe 700:	Baunebenkosten	290.000,00	55.100,00	345.100,00
Gesamtkosten		1.686.751,94	320.482,87	2.007.234,81

In den o.g. Kosten sind sämtliche Kosten für den Aufbau der beschriebene Anlagenteile enthalten. Die Kosten für bauliche Änderungen, Elektroinstallation, MSR-Technik, Provisorien sind nicht enthalten.

Die Option ‚adiabate Kühlung‘ wurde ebenfalls nicht eingerechnet.

Der Ersatz der Filteranlage im Aussenluftstrom wurde jedoch mitkalkuliert.

Wird die Anlage um eine indirekte adiabatische Abluftkühlung (Variante 2, 23,3 °C/12 g/kg tr.L.) ergänzt könnte die Kälterückgewinnung noch einmal um ca. 200 kW, d.h. 64 gesteigert werden.

Jährliche Einsparung mit adiabater Kühlung durch

die Kälterückgewinnung $172,68 \text{ MWh/a} \times 0,14 \text{ €/kWh} \rightarrow 24.176 \text{ €/a}$

Die zusätzliche Kosteneinsparung von etwa 15.448 € lässt sich aber ggü. Investitionskosten von mehr als 100.000 € nur schwer wirtschaftlich darstellen. Insbesondere auch weil die adiabate Kühlung hinsichtlich Wasserver- und Entsorgung auch zu einigen Bedienungs- und Wartungsaufwand führen würde.

CO2-Bilanz

Mit dem GSWT-System ist demnach eine Wärmeabdeckung von 98% verbunden mit einer CO2 Einsparung > 900.000 kg/Jahr möglich!

Die Werte für die CO2 Emissionen VDI 3803 Stand 2013, mit den aktuellen Emissionsfaktoren für den Strommix Deutschland. Kälterückgewinnung mit Faktor 3 angesetzt.

CO2-Reduktion durch

die Wärmerückgewinnung $3.736,4 \text{ MWh/a} \times 0,265 \text{ kg/kWh} \rightarrow 990.152 \text{ kg/a CO}_2$

die Kälterückgewinnung $21,4 \text{ MWh/a} \times 0,408 \text{ kg/kWh} \rightarrow 8.728 \text{ kg/a CO}_2 \text{ (Strom)}$

Zw.-Summe 998.880 kg/a CO2

Abzüglich der CO2-Emissionen der elektrischen Aufwendungen für z.B. Hilfsenergie

Elektrische Hilfsenergie $-196 \text{ MWh/a} \times 0,408 \text{ kg/kWh} \rightarrow -80.072 \text{ kg/a CO}_2$

Ergibt sich folgende Gesamteinsparung an CO2:

Summe CO2 Einsparung **918.808 kg/a CO2**

(CO2 Daten gemäß VDI 3803 / 2013 mit deutschem Strommix)

7. Empfehlung

Die beschriebenen Maßnahmen sind baulich und technisch mit überschaubarem Aufwand realisierbar. Die größte Schwierigkeit ist vermutlich der tatsächliche Umbau im Betrieb, bzw. evtl. erforderliche Betriebsunterbrechungen. Aber dies müsste durch eine Planung zunächst genauer untersucht werden.

Aufgrund der oben dargestellten Ergebnisse mit einer

Energieersparnis von nahezu 3.800 MWh/a, einer

Kosteneinsparungen von knapp 525.000 €/a und einer

CO2-Einsparung von circa 918.000 kg/a CO2

empfehlen wir den Einstieg in eine Detailplanung für diese Energieeinsparungsmaßnahme.

Abensberg,

Lothar Stich, Dipl.-Ing. (FH)