

Antrag im Rahmen  
„Nachhaltigkeit, energetischer Umbau und Sanierung“

Förderlinie A – Energetische Sanierung und  
Umbau von Bestandsgebäuden

**Errichtung einer zentralen Wärmerückgewinnung für die  
Lüftungsanlagen im Gebäudekomplex 35**



# 1. Übersicht

## Antragsteller und Eckdaten

Antragsteller	Helmholtz Munich
Projektleitung	Dr. Draženka Schmitt Ingolstädter Landstr. 1 85764 Neuherberg drazenka.schmitt@helmholtz-muenchen.de 089-31872616
Beantragtes Fördervolumen	5.656 TEUR
Einsparung an CO <sub>2</sub> -Äquivalenten/Jahr <sup>†</sup>	887.544 kg/a / 30.210 m <sup>2</sup> <b>29,379 kg/m<sup>2</sup> * a</b>
Betriebskosteneinsparungen/Jahr <sup>*</sup>	<b>598 TEUR</b>

## Finanzplanung

Jahr	2023	2024	2025	2026	2027ff	Summe
Investitionskosten [TEUR]	35	120	282	600	4.619	<b>5.656</b>

# 2. Maßnahmenbeschreibung

Im Rahmen der Förderlinie A für Anträge zu „Nachhaltigkeit, energetische Sanierung und Umbau“ beantragt das Helmholtz Munich die Errichtung einer zentralen Wärmerückgewinnung für die Lüftungsanlagen im Gebäudekomplex 35 am Campus Neuherberg.

Ziel der Maßnahme ist es, durch den Einsatz der Wärmerückgewinnung den Verbrauch an Primärenergie zu reduzieren. Somit ist die Wärmerückgewinnung eine nachhaltige und wirtschaftliche Effizienzmaßnahme, die zu einer maßgeblichen Minimierung der Betriebskosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen führt. Im Hinblick auf den Beitrag zum Klimaschutz und zur Entlastung bei der Finanzierung der steigenden Energiekosten nimmt diese Maßnahme für das Helmholtz Munich eine wichtige Bedeutung ein.

Der Hauptstandort des Helmholtz Munich mit derzeit 55 Gebäuden liegt in Neuherberg, im Norden Münchens auf einem circa 52 Hektar großen Forschungscampus. Das Zentrum der Liegenschaft wird durch einen großen, zusammenhängenden Gebäudekomplex, dem Gebäude 35 (s. Abb. 1) geprägt. Die Errichtung des dreigeschossigen Komplexes erfolgte in den 60er und 70er Jahren. Der Gebäudekomplex besteht aus 17 Einzelgebäuden mit verschiedenen Labor- und Büronutzungen und einer Versuchstierhaltung.

\* Hochrechnung über alle geplanten Maßnahmen

† Basierend auf dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)



Abb. 1. Gebäudekomplex 35 am Campus Neuherberg

Seit Errichtung erfolgt die Lüftungstechnische Versorgung von insgesamt 11 Einzelgebäude des Gebäudekomplexes über eine Hauptzu- und abluftanlage im Kellergeschoss des Gebäudeteils 3511. Dabei wird die Hauptzuluft über eine Heizungsvorwärmung vorkonditioniert und dann in den Einzelgebäuden von dezentralen Lüftungsanlagen entsprechend den jeweiligen Anforderungen weiter aufbereitet. Die Abluft wird in einem Sammelabluftkanal im Dachgeschoss zusammengeführt und über den zentralen 60 m hohen Fortluftkamin abtransportiert. Keine der dezentralen Lüftungsanlagen ist mit einer Wärmerückgewinnung ausgestattet.

Im Gebäudekomplex 35 findet Forschung statt, deren Ergebnisse von konstanten Eingangsparametern wie Temperatur, Luftfeuchte und Luftqualität abhängig sind. Wissenschaftlich und materiell wertvolle Langzeitversuche sind im Gebäudekomplex 35 auf ideale Bedingungen angewiesen. Entsprechend dem Gesamtnutzungskonzept des Campus Neuherberg wird das Gebäude 35 weiterhin für modernste wissenschaftliche Arbeiten benötigt, so dass eine energetische Sanierung der Hauptlüftung unter dem Aspekt der Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung nachhaltig sinnvoll und zukunftsfähig ist.

Insbesondere die Ausstattung von Lüftungsanlagen im Bestand mit einer Wärmerückgewinnung stellt ein erhebliches Einsparpotenzial dar. Durch den Einsatz der Wärmerückgewinnung kann bei Lüftungsanlagen die in der Abluft enthaltene Wärmeenergie erneut genutzt werden. So kann vor allem während der kalten Jahreszeit die durch Heizung erwärmte Abluft für die Erwärmung der kalten Außenluft wiederverwendet werden.

Mit der geplanten energetischen Sanierungsmaßnahme wird die durchschnittliche Fortluftmenge von 150.000 m<sup>3</sup>/h und einer über das Jahr relativ konstanten Fortlufttemperatur von 22°C über eine Wärmerückgewinnung im Kreislaufverbundsystem mit Gegenstrom-Schichtenwärmetauscher geführt. Die hierbei gewonnene Energie wird für die Vorerhitzung der Außenluft, die im Jahresdurchschnitt 210.000 m<sup>3</sup>/h beträgt, genutzt.

Im Winter sowie in den Übergangsjahreszeiten beträgt die Soll-Außentemperatur nach dem Vorerhitzer 9°C, die daraus resultierende Heizlast im Winterfall beträgt aktuell 2000 kW. Bei einer Außenlufttemperatur von -16°C im Winterfall kann die geplante Wärmerückgewinnung eine Rückwärmeleistung von 1435 kW erbringen, so dass eine Zusatzheizung von nur noch 565 kW gegenüber der bisherigen von 2000 kW notwendig wird. Bei diesem Konzept kann die Außenluftvorerwärmung bei Lufttemperaturen von mehr als -11°C sogar vollständig aus der Wärmerückgewinnung erfolgen. Die Zusatzheizung zum Erreichen der gewünschten 9°C Vorerhitzertemperatur ist dann nicht mehr notwendig. Neben der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird durch diese Maßnahme auch eine erhebliche Einsparung der Betriebskosten realisiert.



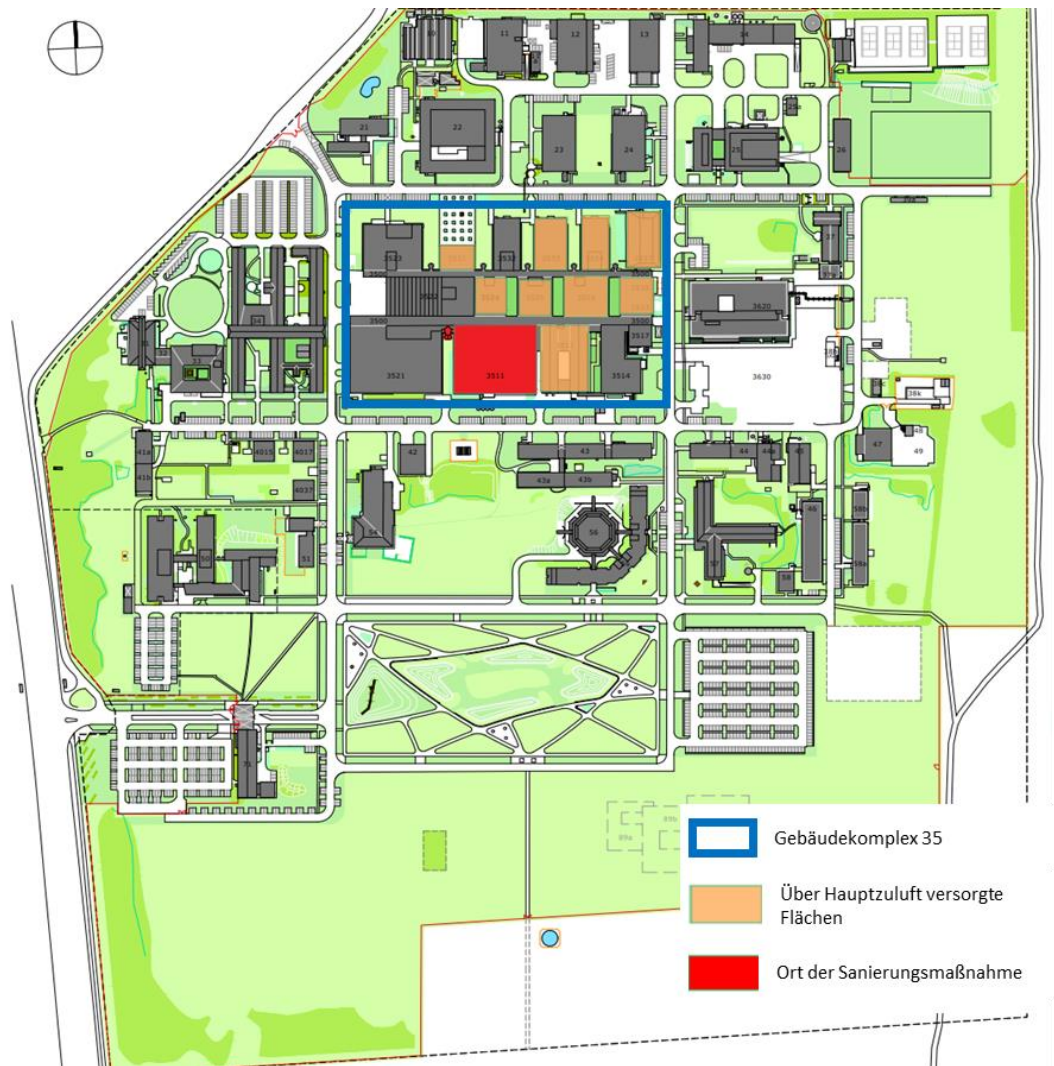


Abb. 2. Lageplan des Campus Neuherberg. Farblich markiert ist der Standort der beantragten Maßnahme.

In der Machbarkeitsuntersuchung zu dieser Maßnahme wurde als optimaler Standort für die Aufstellung eines Lüftungsgerätes mit dem Gegenstrom - Schichtwärmetauscher, Filtern und weiteren Einrichtungen das Dach des Gebäudekomplexes 35 festgestellt (s. Abb. 2). Um die Aufstellfläche für das benötigte Lüftungsgerät zu schaffen, muss die Dachfläche des Gebäudeteils 3511 im Rahmen dieser Maßnahme saniert werden. Die energetische Sanierung des genannten Dachbereichs schließt die Schadstoffsanierung, Regenentwässerung und Blitzschutzmaßnahmen mit ein. Im weiteren Umfang der Maßnahme wird ein Lastenaufzug für Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten im späteren Betrieb der Anlage, sowie die statische und brandschutztechnische Ertüchtigung der betroffenen Bereiche umgesetzt.

In den zu Grunde gelegten abgeschätzten Investitionskosten ist neben der Errichtung der notwendigen technischen Anlagen zur Wärmerückgewinnung auch die Schaffung der baulichen Voraussetzungen für deren Aufstellung berücksichtigt.

### 3. Beschreibung der baulichen Bestandssituation

Der Gebäudekomplex 35 hat hauptsächlich eine Bestandsstruktur aus den 60er und 70er Jahren. Es beherbergt neben Labor- und Büronutzung eine Versuchstierhaltung.

Gemäß der Sanierungsstudie aus dem Jahr 2020 sind die Gebäude des Komplexes 35 in gutem bis befriedigenden Zustand. Einzelne Gebäudeteile wurden in den vergangenen Jahren bereits baulich und technisch saniert. Fassaden sind energetisch großteils saniert, ebenfalls einige Labor- und Bürobereiche. Ebenfalls wurde die Sanierung einzelner Teil-Dachflächen umgesetzt. Die energetische Sanierung weiterer Dachflächen, so auch der vom Gebäude 3511, welche für die Aufstellung der Wärmerückgewinnung notwendig ist, muss in den kommenden Jahren dringend erfolgen, da immer mehr Probleme mit der Dichtigkeit der Dächer auftreten. Die meisten Lüftungsanlagen der einzelnen Gebäude sind ebenfalls aus der Zeit der Errichtung des Gebäudes. Auch hierfür sind Sanierungen notwendig. Eine energetische Sanierung mit Wärmerückgewinnung jeder einzelnen Zu- und Abluftanlage ist jedoch baulich auf Grund der räumlichen Trennung nicht realisierbar. Daher ist die hier beschriebene zentrale Wärmerückgewinnung sinnvoll und wirtschaftlich.

### 4. Einbindung der Maßnahme in das energetische Konzept des Zentrums

Der Energieeinsatz an Heizwärme zur Konditionierung der Luftmengen für Laborflächen und Tierhaltungsbereiche ist aufgrund der Anforderungen mit erhöhten Luftwechselraten (8-fach, bzw. bis zu 15-fach für die Tierhaltung) der maßgebliche Einsatz an Nutzenergie am Campus Neuherberg. Die Erzeugung der Heizwärme erfolgt für die Liegenschaft zentral im Heizkraftwerk, dem Gebäude 14. Dort wird Wärme durch die Verbrennung von Erdgas über Heizkesselanlagen und mittels Kraftwärme-Kopplung durch Gasturbinen erzeugt und über ein Fernheiznetz an alle daran angeschlossenen Gebäude verteilt.

Das bisherige Energieversorgungskonzept von Helmholtz Munich basiert auf dem Einsatz von Erdgas und dem Bezug von Strom aus den Netzen der öffentlichen Versorgung aufgrund der historischen Entwicklung des Campus Neuherberg. Auf dem Pfad der Energiewende in Deutschland und zur Erreichung der gesteckten Einsparziele ist neben der Einbindung regenerativer Energien vor allem die Effizienzsteigerung bei allen Energieanwendungen die zweite tragende Säule. Die historische Campusversorgungsstruktur kann nur in einem langen Transformationsprozess zur Nutzung erneuerbarer Energien in erheblichen Anteil überführt werden. Die hier beschriebene Maßnahme bietet die Chance zeitnah eine große Effizienzsteigerung zu verwirklichen und somit einen deutlichen Beitrag zur Einsparung von Primärenergie zu leisten.

Der Gebäudekomplex 35 bildet den Schwerpunkt des Energieverbrauchs (s. Abb. 3) am Campus Neuherberg. Die dort historisch vorhandene Versorgungsstruktur wurde zentralisiert aufgebaut. Über eine Technikzentrale im Gebäudeteil 3511 ist der Komplex an die Campusversorgung angebunden. Damit wird der wesentliche Teil der Medienversorgung mit Heizwärme, Kühlwasser, Druckluft, Dampf und Strom an die nachgeschalteten, angeschlossenen Gebäude vom Gebäudeteil 3511 aus verteilt. Eine geringere Anzahl an Gebäudeteilen, die baulich zum Gebäudekomplex 35 gehören, besitzt eigene Medienübergabestellen. Einen wesentlichen Kern der zentralen Medienversorgung bildet die Zuluftversorgung für die Raumluftech-

nischen Anlagen aller angeschlossenen Gebäude. Von einer zentralen Außenluftaufbereitungsanlage im Untergeschoss des Gebäudes 3511 aus, wird vorgefilterte und vorkonditionierte Zuluft weiter verteilt. Der Bedarf, vor allem an Heizenergie, aber auch an Kühlenergie für die Konditionierung der Luftmengen bildet neben dem Betrieb eines zentralen Dampferzeugungs- und Verteilsystems den Schwerpunkt des Energieverbrauchs im Gebäudekomplex 35.

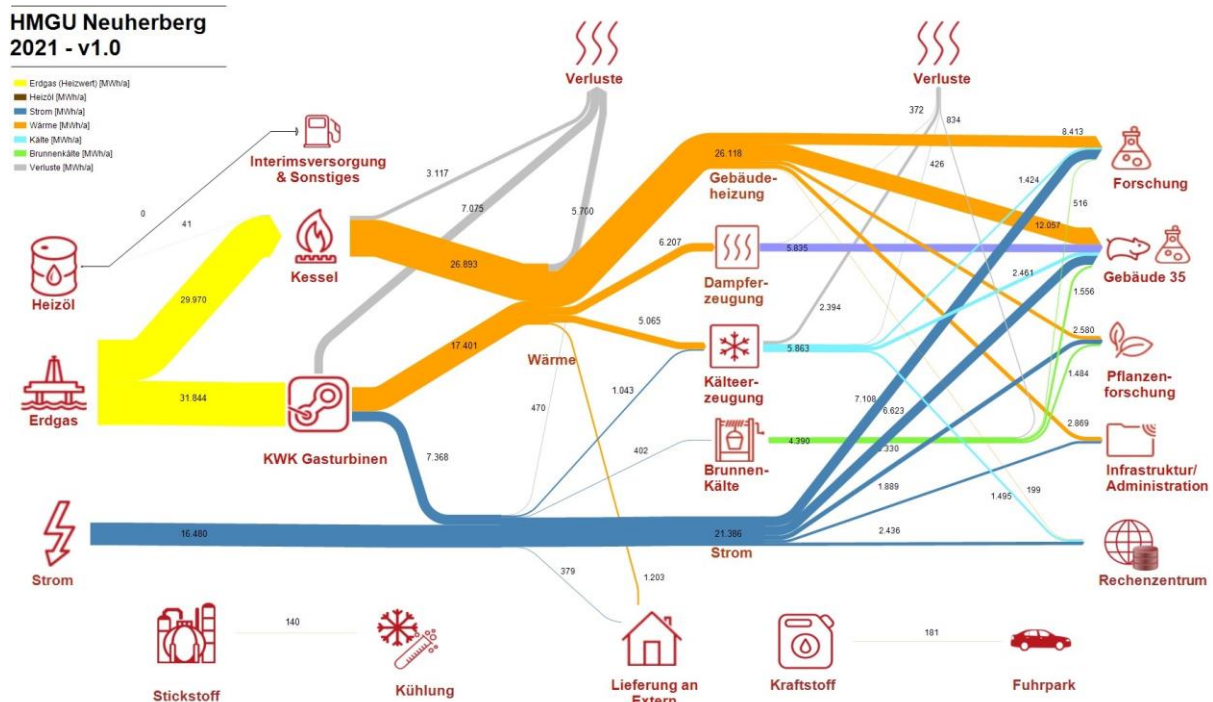


Abb. 3. Darstellung des Energieflussdiagramms am Campus Neuherberg (2021)

## 5. CO<sub>2</sub>- und Betriebskosteneinsparungen

Der langfristig ökologische und wirtschaftliche Effekt der geplanten Maßnahme ist die Einsparung direkter CO<sub>2</sub>-Emissionen und Betriebskosten durch die Minderung des bisherigen Einsatzes von Erdgas.

Die beschriebene Maßnahme führt zu einer dauerhaften Betriebskostenreduzierung, insbesondere der Heizwärmekosten für die Lüftungsversorgung. Ein Großteil hiervon betrifft die Tierhaltungsbereiche des Zentrums, da die Tierhaltungen gemäß Tierschutzverordnung ganzjährig klimatisiert werden müssen. Hier ist der Einspareffekt durch die beschriebene Effizienzsteigerung sehr deutlich und dauerhaft nachhaltig, aufgrund des über das Jahr gleichmäßigen Wärmeverbrauchs in den Tierhaltungsbereichen.

Mit der hier zur Förderung beantragten Maßnahme könnte man ca. 3.800 MWh/a an Heizwärme aus der zentral abgeführten Fortluft rückgewinnen und der zentral über das Gebäude 3511 zugeführten Außenluft zur Vorkonditionierung zuführen. Dies entspricht einem Einsparpotenzial, also einer Reduktion an Heizenergie von mehr als 30% für das Gebäude 35. Verglichen mit der gesamten Liegenschaft läge der Einsparung an Wärmeenergie für Gebäudeheizung im Vergleich des hier dargestellten Verbrauchsjahres 2021 bei beachtlichen 14,5%.

Wie die Machbarkeitsuntersuchung (s. Anlage 1) anhand der gegebenen Betriebsverhältnisse gezeigt hat, bietet die Errichtung einer zentralen Wärmerückgewinnungsanlage für das Gebäude 35 neben dem errechneten Wärmerückgewinnungsanteil von 68% an Heizenergie auch Einsparpotentiale für Kühlenergie im Sommer. Eine Detaillierung des Gesamtpotenzials dieser hier zur Förderung beantragten Maßnahme wird im anschließenden Planungsprozess erfolgen.

Aus dem Wärmeeinsatz von 3.800 MWh Wärme/Jahr ergibt sich nach Maßgaben der BNB-Zertifizierung eine **Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission von 980.000 kg/Jahr**. (s. Anlage 2). Dies kann laut einer aktuellen Studie des Umweltbundesamtes vom Mai 2022 mit Kosten von mindestens 180 €/t<sub>CO<sub>2</sub></sub> bewertet werden. Mit Umsetzung der Maßnahme wird eine **Einsparung der Betriebskosten i.H.v. 598.000 €/Jahr** erzielt. Auch wenn sich die Lage am Europäischen Erdgasmarkt mittelfristig wieder entspannen sollte und die hier, mit den Werten für 2023 ermittelten Betriebskosten i.H.v. 598.000 €/Jahr wieder etwas absinken, so wird dennoch die langfristige Reduzierung von mindestens 176.000 €/Jahr an vermiedenen direkten CO<sub>2</sub>-Kosten dauerhaft erhalten bleiben. Die überwiegende Zahl der derzeit verfügbaren Zukunftsstudien, die das Thema der Emissionshandelspreise des Europäischen Zertifikatehandels für Treibhausgasemissionen betrachten, sehen mittelfristig deutlich ansteigende Zertifikatepreise.

Über einer üblichen Nutzungsdauer von 15 Jahren, gemäß Normwert gerechnet, könnte mit dieser Maßnahme eine **Emissionseinsparung von 13.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent** erreicht werden, wie die fachliche Einschätzung nach BNB-Maßstab ermittelt hat (Anlage 2).

Die zukünftig jährlich **eingesparte Energiemenge von absolut ~3.800 MWh** bzw. **campusweit 14,5% der Primärenergie** helfen einerseits den CO<sub>2</sub>-Footprint zu verbessern und andererseits den Finanzhaushalt beachtlich zu entlasten. Bei steigenden Energiepreisen und CO<sub>2</sub>-Umlagen wird der Effekt der Maßnahme jedes Jahr stärker.

## 5. Kostenermittlung

Die Kostenermittlung wurde anhand von Kennwerten und der Machbarkeitsuntersuchung (s. Anlage 1) erstellt.

Kostengruppe	Beschreibung	Summe KG netto
100	Grundstück	- €
200	Herrichten und Erschließen	397.000 €
300	Bauwerk – Baukonstruktionen	1.339.000 €
400	Bauwerk - Technische Anlagen	2.700.000 €
500	Außenanlagen und Freiflächen	100.000 €
600	Ausstattung und Kunstwerke	- €
700	Baunebenkosten	1.098.000 €
	<b>Gesamtsumme</b>	<b>5.656.000 €</b>

Anlagenverzeichnis:

Anlage 1: .....Machbarkeitsuntersuchung „Zentrale WRG für die RLT-Anlagen  
in Gebäude 35“, PSB-Technik GmbH, 11.08.2022

Anlage 2: .....Stellungnahme zur Ermittlung und Verifizierung der Reduktion der CO<sub>2</sub>-  
Emissionen, ee-concept GmbH, 31.08.2022



# **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 m³/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:  $\geq 9$  °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

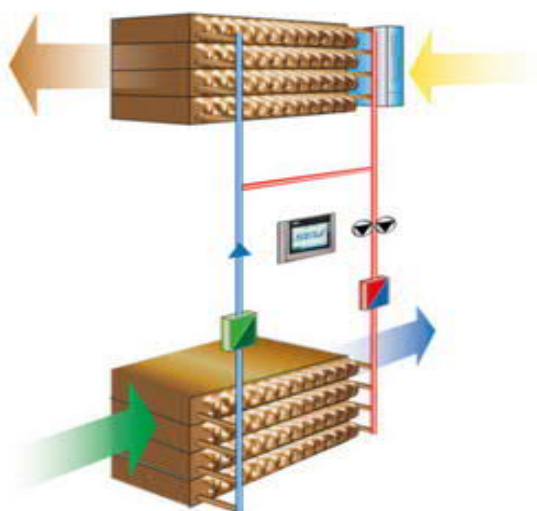
Es werden zwei Varianten untersucht und dem Ist-Zustand gegenübergestellt.

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

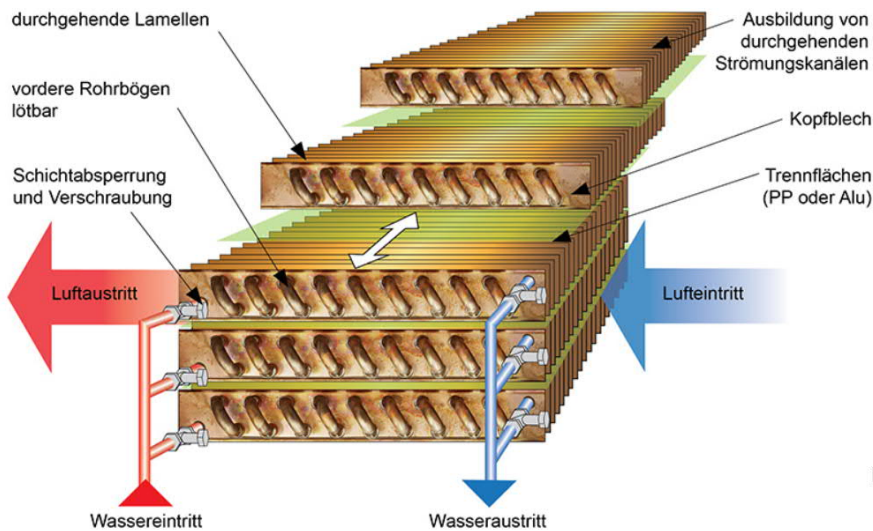
### 4.1 Variante 1 - Wärmerückgewinnung im Kreislaufverbundsystem mit Gegenstromschichtwärmetauschern

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.

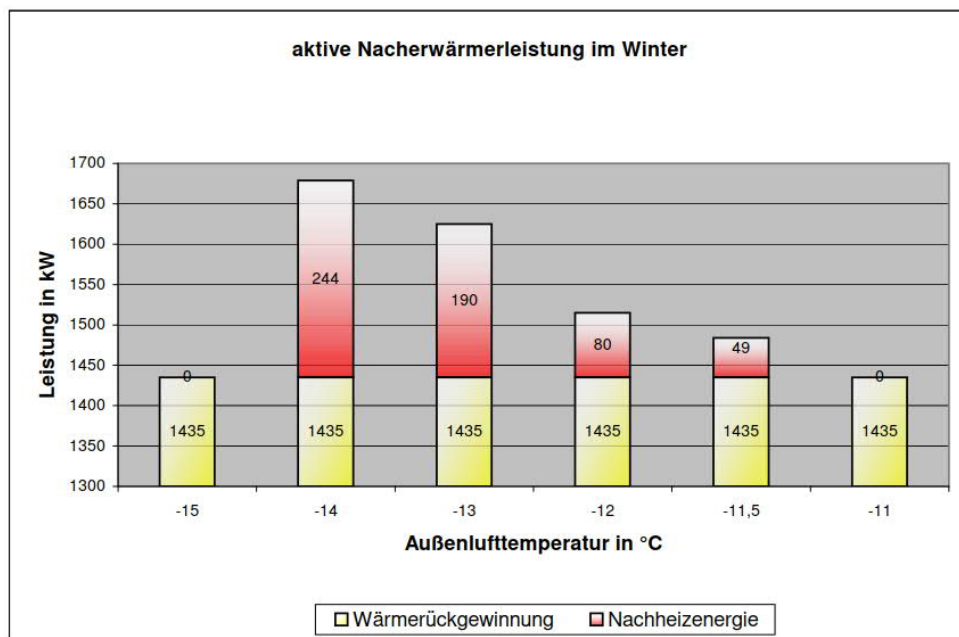
Die Rückwärmezahl der GSWT liegt bei 68 %. Die aktuellere Energieeffizienz liegt bei 65 % und die WRG-Klasse damit bei H3 (DIN EN 13053 /2020).

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.

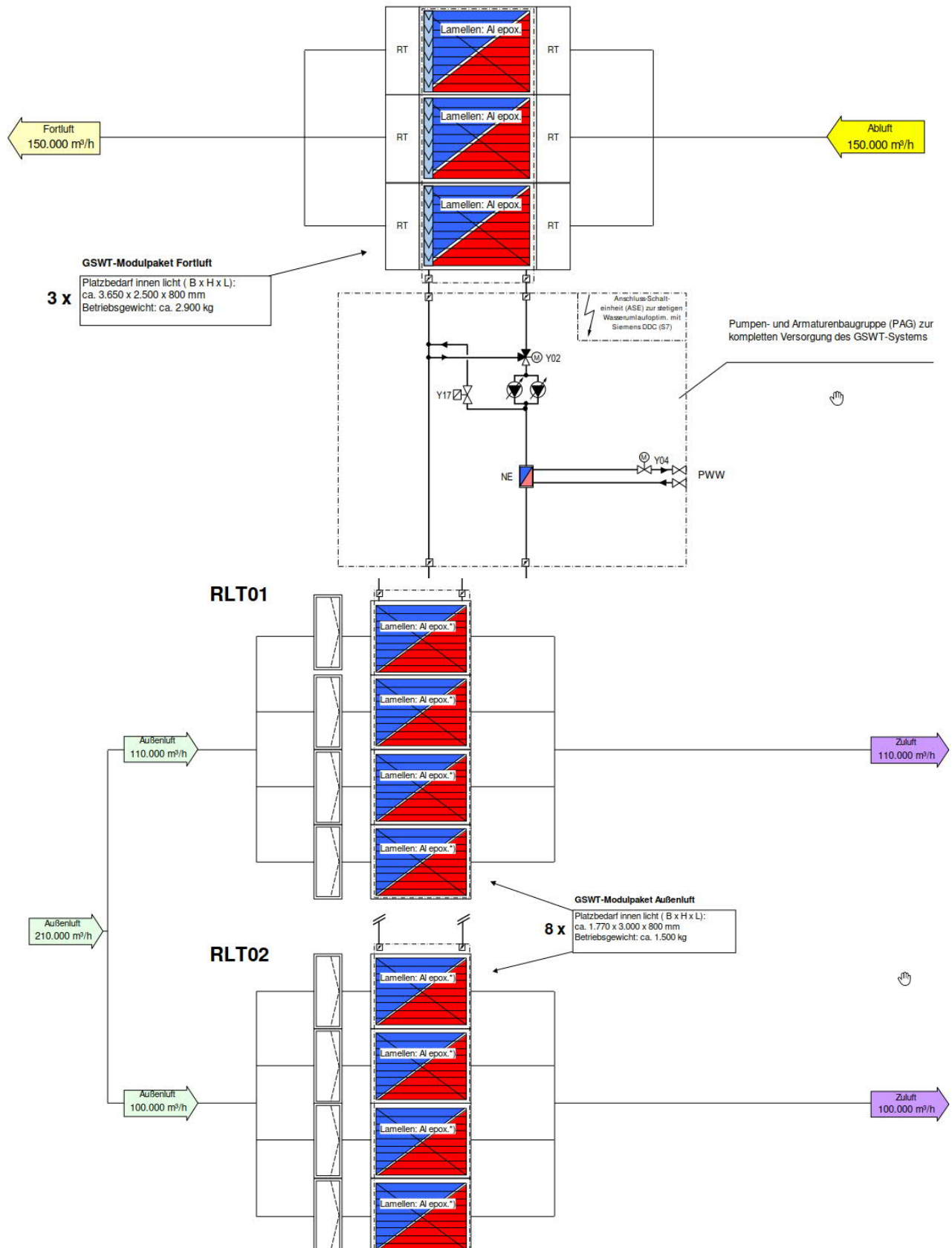
In diesem Kreislauf wird zwischen der Pumpe und AU-GSWT ein Wärmetauscher für die Restleistung der Vorerhitzung eingebaut. Der Wärmetauscher muß die von der WRG nicht zu schaffende Restleistung von 435 kW erbringen.



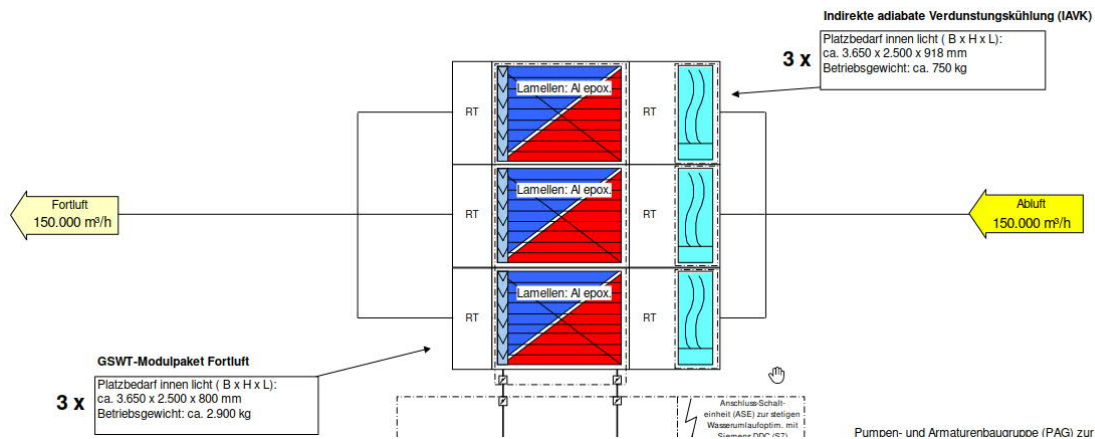
Wetterdaten: TRY München extrem Winter (Stand 2015, Quelle: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst)

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

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

<b>Kostengruppe</b>		<b>€ o. MWSt.</b>	<b>€ MWSt.</b>	<b>€ mit MWSt.</b>
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
<b>Summe 400</b>		<b>1.396.751,94</b>	<b>265.382,87</b>	<b>1.662.134,81</b>

<b>Gesamtübersicht</b>				
<b>Kostengruppen</b>		<b>€ o. MWSt.</b>	<b>€ MWSt.</b>	<b>€ mit MWSt.</b>
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
<b>Gesamtkosten</b>		<b>1.686.751,94</b>	<b>320.482,87</b>	<b>2.007.234,81</b>

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.

## 6. Ergebnisse der Varianten

In der Projektentwicklung haben wir unser Hauptaugenmerk auf eine zu gewährleistende Zulufttemperatur von mindestens **9°C** nach der WRG gelegt. Es ist grundsätzlich festzuhalten, dass aufgrund der deutlich geringeren Fortluftmenge (ca. 30% Unterdeckung) nicht die gesamte Wärme zur Verfügung steht, die für eine höhere Erwärmung der Aussenluft benötigt wird.

Darüber hinaus beschränkt die hohe Abluftfeuchte im Winter (im Mittel 8 g bei 22 °C) die WRG bei extremen Außentemperaturen (Stichwort: Vereisungsschutz). Aufgrund sämtlicher Parameter erscheint die Auslegung für ein WRG-System mit 68% Rückgewinnung am sinnvollsten. Es sollte jedoch weiter geprüft werden, an welcher Stelle im Gebäude noch separat dezentral Fortluftströme aus dem Gebäude herangeführt werden könnten – ggf. lassen sich diese Bereiche als zusätzlichen Zonen noch mit einbinden.

Sowohl für eine schnelle Anfahrschaltung nach Anlagenstillstand, als auch für den erforderlichen Restwärmebedarf bei extremen Temperaturen im Winter (< - 11°C) ist ein wasserseitiger Vorerwärmer in den hydraulischen Aussenluftkreislauf zu integrieren.

### Wärmerückgewinnung

Die herangeführte Leistung könnte dann von aktuell ca. 2.000 kW auf → 315 kW reduziert werden, um die Zuluft im Winter grundsätzlich auf 9°C vorzuwärmen.

Jährliche Einsparung durch

**die Wärmerückgewinnung**                      **3.736,4 MWh/a x 0,16 €/kWh → 597.828 €/a**

Interessant ist die Betrachtung, dass dieser Vorerwärmer erst bei Außentemperaturen < -11°C aktiv werden muß. Und das laut TRY für München nur insgesamt nur 31 Std im Jahr. Den Rest der Heizperiode kann der Wärmebedarf komplett aus dem WRG-Betrieb realisiert werden. Durch die hohe Betriebssicherheit und Redundanz des GSWT-Systems kann der aktuell bestehende zentrale Luft-Vorerwärmer demontiert werden.

Da es in allen Fällen zu einer Unterdeckung bei der Fortluft kommt, empfehlen wir auf jeden Fall die Einbindung weiterer Abluftquellen, soweit möglich.

Diese Einsparung allerdings abzüglich der Kosten für elektrischen Aufwendungen für z.B.

Hilfsenergie

Elektrische Hilfsenergie                      -196 MWh/a x 0,42 €/kWh →                      -82.427 kg/a CO<sub>2</sub>

### Kälterückgewinnung

Das GSWT-System wird im Sommer zur Kälterückgewinnung genutzt und kann hier bereits aufgrund der niedrigen Ablufttemperaturen (22 °C / 9 g) eine durchaus interessante Vorkühlung der Außenluft vornehmen (Außenluft wird von 32°C auf ca. 26°C gekühlt).

Jährliche Kälteenergie-Einsparung durch

**die Kälterückgewinnung**                      **64,18 MWh/a x 0,14 €/kWh →                      8.728 €/a**

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)



Sachstand 31.08.2022

## **Helmholtz Munich – Zentrale WRG für die RLT-Anlagen in Gebäude 35**

Ermittlung und Verifizierung der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen

### **Auftraggeber:**

Helmholtz Munich, Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg

### **Verfasser:**

Christina Werner, [werner@ee-concept.de](mailto:werner@ee-concept.de)

## A FRAGESTELLUNG

Helmholtz Munich beabsichtigt, eine zentrale Wärmerückgewinnung für Lüftungsanlagen in Gebäude 35 nachzurüsten. Es soll untersucht werden, wie hoch eine mögliche CO<sub>2</sub>-Reduktion durch die durchzuführende Ertüchtigung ausfallen wird.

## B ERMITTLUNG DER REDUKTION DER CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN

Bei Einbau neuer RLT-Anlagen ist der Einsatz von Wärme- und ggf. Kälterückgewinnung heute Stand der Technik. Durch die Nachrüstung einer Wärme- und Kälterückgewinnung wird Energie gespart und daraus resultierende CO<sub>2</sub>-Emissionen werden reduziert. Aufgrund der im betrachteten Bauvorhaben vorliegenden hohen Luftmenge von durchschnittlich 210.000 m<sup>3</sup>/h ist die zu erzielende Einsparung von großer Relevanz.

Für die Ermittlung der möglichen CO<sub>2</sub>-Reduktion werden die aktuell in der BNB-Zertifizierung anzusetzenden Emissionsfaktoren der entsprechenden Energieträger aus den Ökobaudat-Datensätzen (2021-II vom 25.06.2021) verwendet:

- Strom für Gebäudebetrieb 2018: **0,532 kg CO<sub>2</sub>-Äqu./kWh**
- Thermische Energie aus Erdgas: 0,2364 kg CO<sub>2</sub>-Äqu./kWh (auf unteren Heizwert bezogen) mit einem Umrechnungsfaktor von Heizwert auf Brennwert von 1,11 ergibt sich: **0,2624 kg CO<sub>2</sub>-Äqu./kWh**

Die Energieeinsparungen wurden von der PSB-Technik GmbH ermittelt und müssen im Rahmen einer vertieften Planung detailliert berechnet werden. Sie stellen sich wie folgt dar:

Anteil	Energie	Emissionsfaktor	Summe
Wärmerückgewinnung	3.736,4 MWh/a	x 0,2364 kg CO <sub>2</sub> -Äqu./kWh	= 980.431 kg CO <sub>2</sub> -Äqu./a
Kälterückgewinnung	21,4 MWh/a	x 0,532 kg CO <sub>2</sub> -Äqu./kWh	= 11.385 kg CO <sub>2</sub> -Äqu./a
Zwischensumme			991.816 kg CO <sub>2</sub> -Äqu./a
Abzgl. Elektrische Hilfsenergie	- 196,0 MWh/a	x 0,532 kg CO <sub>2</sub> -Äqu./kWh	= -104.272 kg CO <sub>2</sub> -Äqu./a
<b>Gesamt</b>			<b>887.544 kg CO<sub>2</sub>-Äqu./a</b>

Abb. 1: Berechnung der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen



## C VERIFIZIERBARKEIT – MÖGLICHE BEWERTUNGSKRITERIEN

Die Reduktion bzw. Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen wurde anhand von Qualitätsstandards (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen – BNB) mit den entsprechenden Emissionsfaktoren ermittelt.

Für kleine Bauvorhaben, Gebäude, die keiner der vorhandenen Systemvarianten des Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) zugeordnet werden können oder Teilsanierungen besteht die Möglichkeit der sinngemäßen Anwendung des BNB-Systems. Zu Beginn eines Projekts werden dafür die verschiedenen Kriterien-Steckbriefe hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit geprüft und, wenn notwendig, angepasst.

Für die Steckbriefe 1.1.1 – 1.1.5 und 1.2.1 (Ökobilanz – LCA) wäre z.B. eine vergleichende Betrachtung des ökobilanziellen Aufwands für den Einbau der WRG im Vergleich zu den möglichen Energie- und Umweltwirkungseinsparungen denkbar. Das vorhandene Ersatzverfahren für die Ökobilanz, das den Betrieb im Vergleich zum GEG-Anforderungswert und ökobilanzielle Vergleichsuntersuchungen repräsentativer Bauteile der KG 300 umfasst, ist für die geplante Maßnahme nicht zielführend anwendbar. Der Aufwand für eine EnEV- bzw. GEG-Bilanzierung allein zu diesem Zweck erscheint aufgrund der Größe des Gebäudekomplexes unangemessen.

Das Ersatzteilkriterium 2 des Steckbriefs 2.1.1 (Kosten im Lebenszyklus – LCC) fordert ökonomische Vergleichsbetrachtungen verschiedener Funktionsschichten und Techniken. Dies umfasst auch Maßnahmen zum Einsatz von Energierückgewinnungstechnik und könnte für diesen Teilaspekt angewendet werden. Das Ersatzteilkriterium 1 des vorhandenen Ersatzverfahrens ist nicht umfassend anwendbar, da auch hier zunächst der Betrieb im Vergleich zum GEG-Anforderungswert bewertet wird.

Außerdem umfasst der Steckbrief 4.1.7 Systemqualität der TGA ein Teilkriterium für RLT-Anlagen, das teilweise angewendet werden kann.

## D BEWERTUNG

Über die Lebensdauer der WRG gem. VDI 2067 von 15 Jahren ergibt sich eine mögliche Emissionsreduktion von über 13.300 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent.

Die Durchführung der Maßnahme wird daher aus ökologischen Gründen empfohlen.