



**Klinikum Ludwigsburg**

Im Verbund der RKH Regionale  
Kliniken Holding GmbH



# *Ökonomie und Ökologie bei der Sanierung von Lüftungsanlagen unter Einsatz eines hocheffizienten Wärmerückgewinnungssystems*

Dipl.-Ing. Jörg Kunz

Abteilungsleiter Technik der Regionalen Kliniken Holding RKH GmbH

Ing. Christian Henninger

Fachprojektleiter, Techn. Gebäudeausrüstung (Sonderbauten)



# Agenda

- Vorstellung
- Grundlagen zur Wärmerückgewinnung
- Optimierungsvarianten
- Konkretes Beispielprojekt
- Rückblick: Erste Ergebnisse zum Einsatz eines Eisspeichers



**Klinikum Ludwigsburg**

Im Verbund der RKH Regionale  
Kliniken Holding GmbH

**ESER  
DITTMANN  
NEHRING  
&PARTNER  
GMBH**

# Regionale Kliniken Holding

## Konzernstruktur Standorte

### Fürst-Stirum-Klinik Bruchsal:

370 Betten  
15.706 stationäre Fälle  
25.486 ambulante Fälle

### Rechbergklinik Bretten:

240 Betten  
8.092 stationäre Fälle  
14.886 ambulante Fälle

### Ger. Rehaklinik Mü:

65 Betten  
923 stationäre Fälle

### Krankenhaus Neuenbürg:

82 Betten  
4.004 stationäre Fälle  
11.942 ambulante Fälle

### Krankenhaus Mühlacker:

175 Betten  
8.539 stationäre Fälle  
11.289 ambulante Fälle

### Krankenhaus Vaihingen:

60 Betten  
2.700 stationäre Fälle  
10.259 ambulante Fälle

### Regionale Kliniken Holding RKH:

ca. 2.650 Betten  
ca. 112.500 stationäre Fälle  
ca. 260.000 ambulante Fälle  
ca. 7.500 Mitarbeiter

### Krankenhaus Bietigheim:

369 Betten  
15.296 stationäre Fälle  
30.052 ambulante Fälle

### Krankenhaus Marbach:

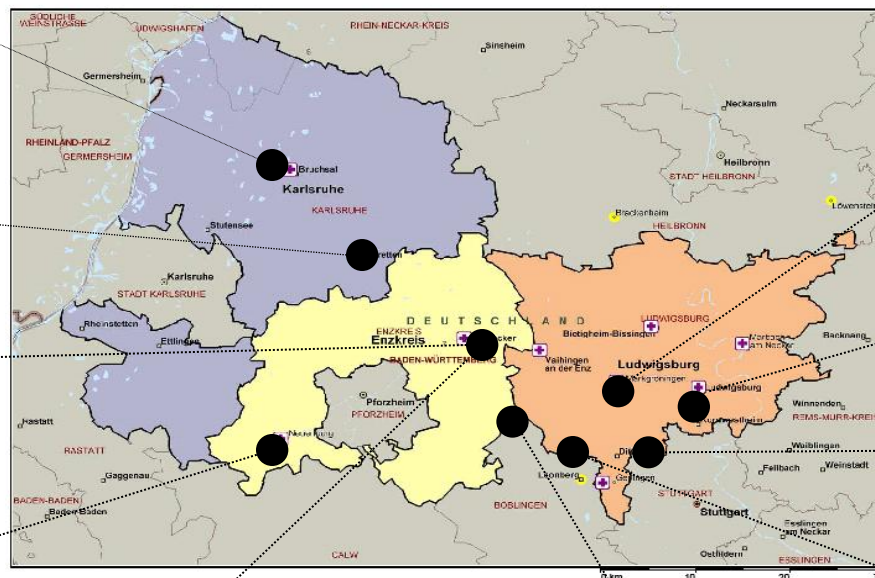
87 Betten  
2.868 stationäre Fälle  
7.438 ambulante Fälle

### Klinikum Ludwigsburg:

990 Betten  
40.824 stationäre Fälle  
117.389 ambulante Fälle

### Orth. Klinik Markgröningen

213 Betten  
7.010 stationäre Fälle  
37.722 ambulante Fälle



Copyright © 1998-2003 Microsoft Corporation und/oder deren Lieferanten. Alle Rechte vorbehalten.  
© 2002 Neugarten Technologies B.V. und deren Lieferanten. Alle Rechte vorbehalten. © Crown Copyright 2002. Alle Rechte vorbehalten. Lizenznummer 100029500.



**Klinikum Ludwigsburg**

Im Verbund der RKH Regionale  
Kliniken Holding GmbH

**ESER  
DITTMANN  
NEHRING  
&PARTNER  
GMBH**

# Eser, Dittmann, Nehring & Partner

- Planung Technische Gebäudeausrüstung  
(Heizung, Lüftung, Sanitär und Gebäudeautomation)
- Gegründet 1974
- 16 Mitarbeiter

## Referenzen

- Klinikum Ludwigsburg
- Bundeswehrkrankenhaus  
Ulm
- Medizinische Klinik  
Heidelberg
- Einsatzlazarett in  
Mazar-e-Sharif  
(Afghanistan)



Foto: [www.klinikum.uni-heidelberg.de](http://www.klinikum.uni-heidelberg.de)



# Warum eine Wärmerückgewinnung

- Verringerung des Energieverbrauchs für Heizung und Kühlung
- Verringerung der Schadstoffemissionen
- Vorgabe nach Energieeinsparverordnung (EnEV 2014 Anl. 2)
  - bei neu Anlagen mit einem Luftvolumenstrom  $> 4.000 \text{ m}^3/\text{h}$
  - Rückwärmzahl von min.  $> 0,6$





**Klinikum Ludwigsburg**

Im Verbund der RKH Regionale  
Kliniken Holding GmbH

**ESER  
DITTMANN  
NEHRING  
&PARTNER  
GMBH**

# Wärmerückgewinnungssysteme

- Rotationswärmetauscher
- Plattenwärmetauscher
- Kreislaufverbundsystem





# Rotationswärmetauscher

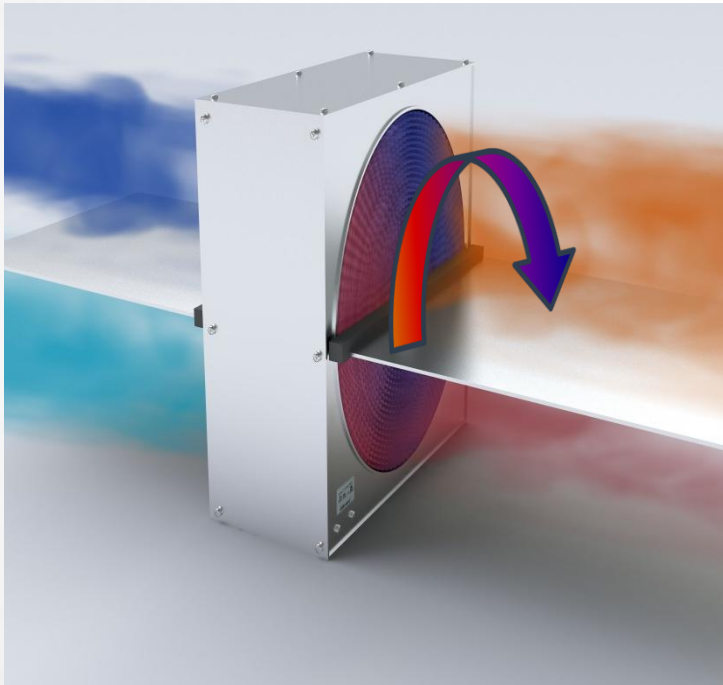


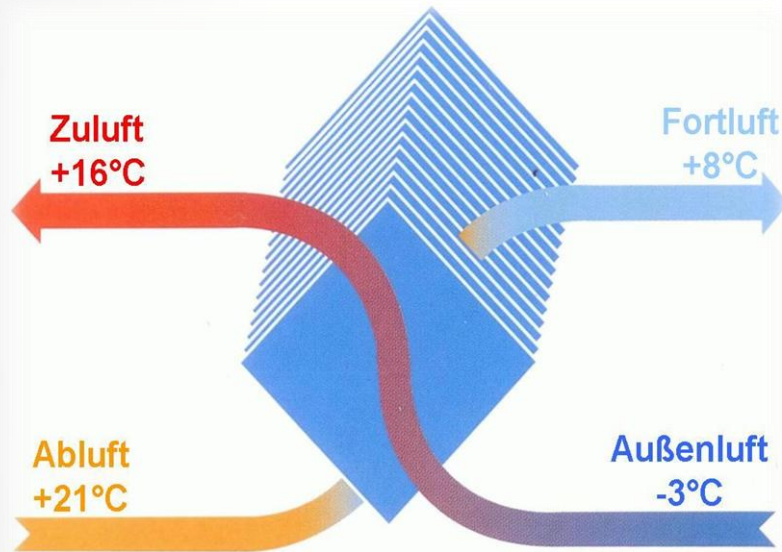
Foto: [www.e4-enervent.de](http://www.e4-enervent.de)

- Vorteil
  - Feuchterückgewinnung
- Nachteil
  - Gefahr der Übertragung von Keimen, Gerüchen etc. aus der Abluft in die Zuluft.

➡ Rückwärmzahl: 0,6 – 0,85



# Plattenwärmetauscher



Quelle: Systemair / TBAS

Foto: [www.wohnung-lueftung.de](http://www.wohnung-lueftung.de)

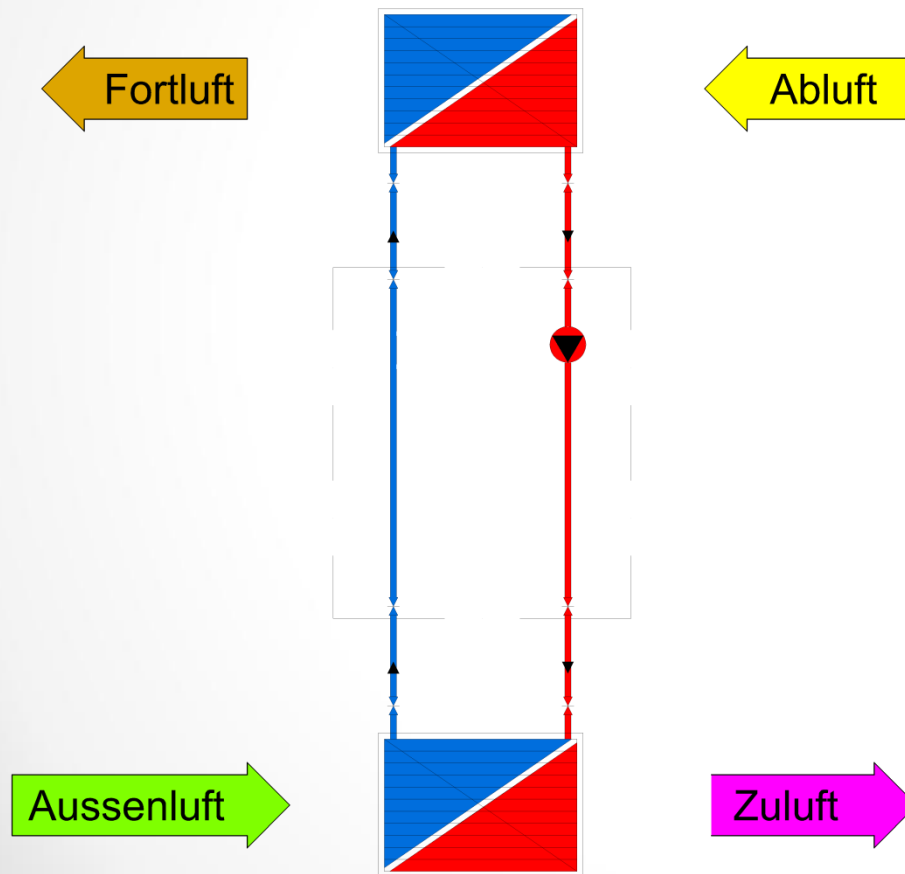
- Vorteil
  - Direkter Wärmeaustausch
- Nachteil
  - Alle Luftströme müssen an einem Punkt zusammengeführt werden.

➡ Rückwärmzahl: 0,4 – 0,7





# Kreislaufverbundsystem

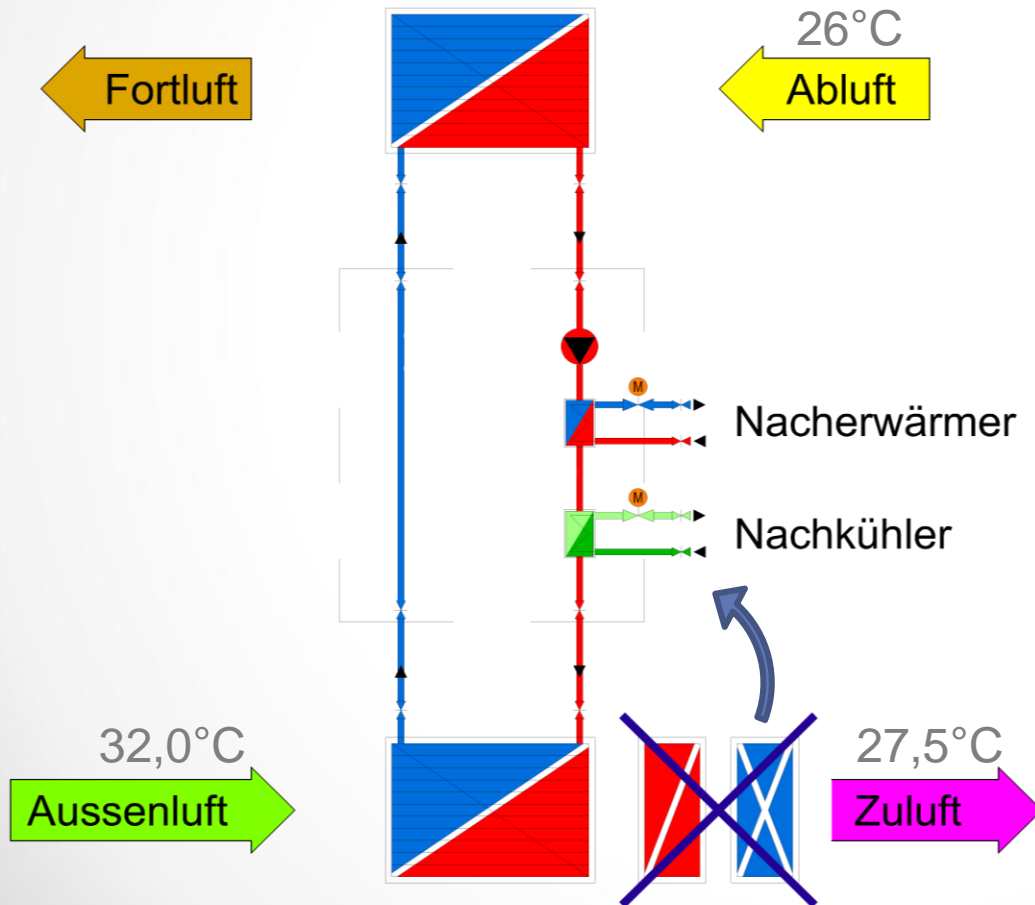


- Vorteile
  - Zu- und Abluftgerät können getrennt voneinander aufgestellt werden.
- Nachteile
  - Wasser-Glykol Rohrsystem erforderlich
  - Hohe Investitionskosten

➡ Rückwärmzahl:  
0,6 – 0,8



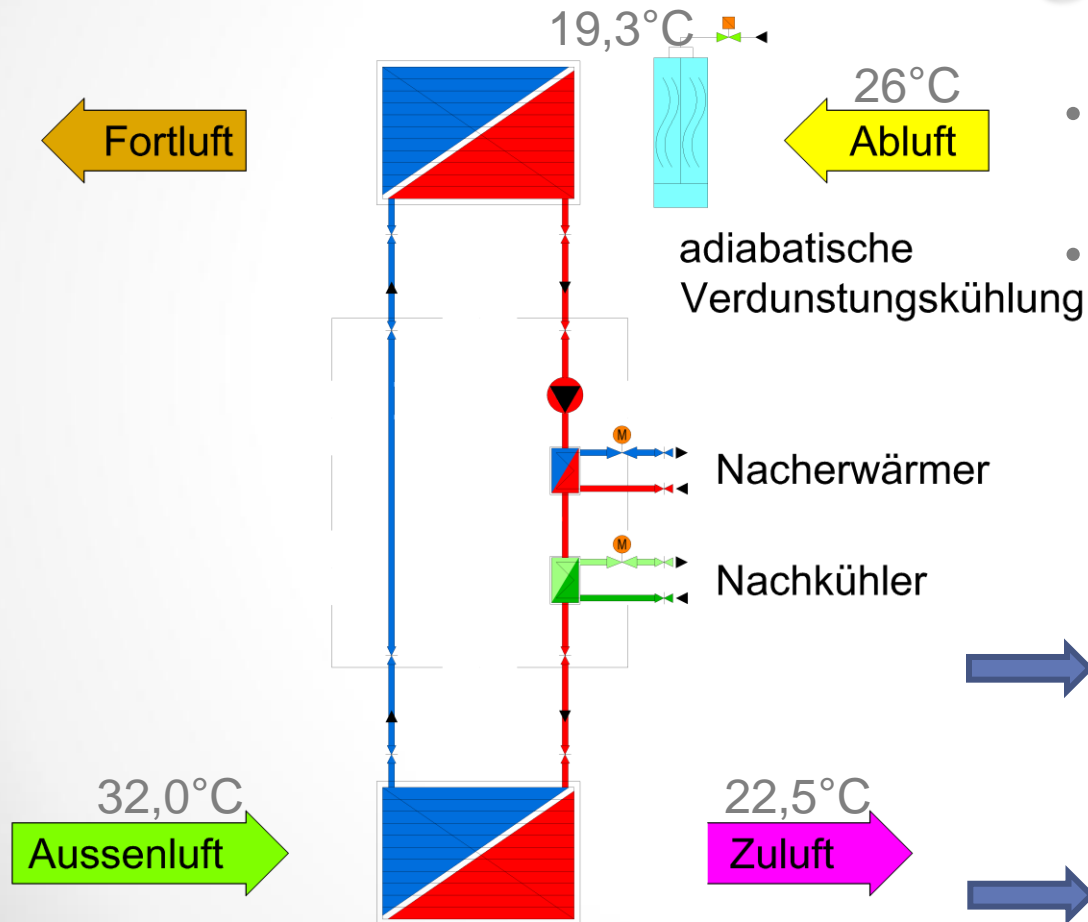
# Gegenstrom-Schicht-Wärmetauscher



- Nachkühler und Nacherhitzer können anstatt nach der WRG Luftseitig im Wasser-Glykolkreislauf integriert werden
- geringerer Druckverlust luftseitig  
→ geringerer Stromverbrauch



# Adiabate Verdunstungskühlung



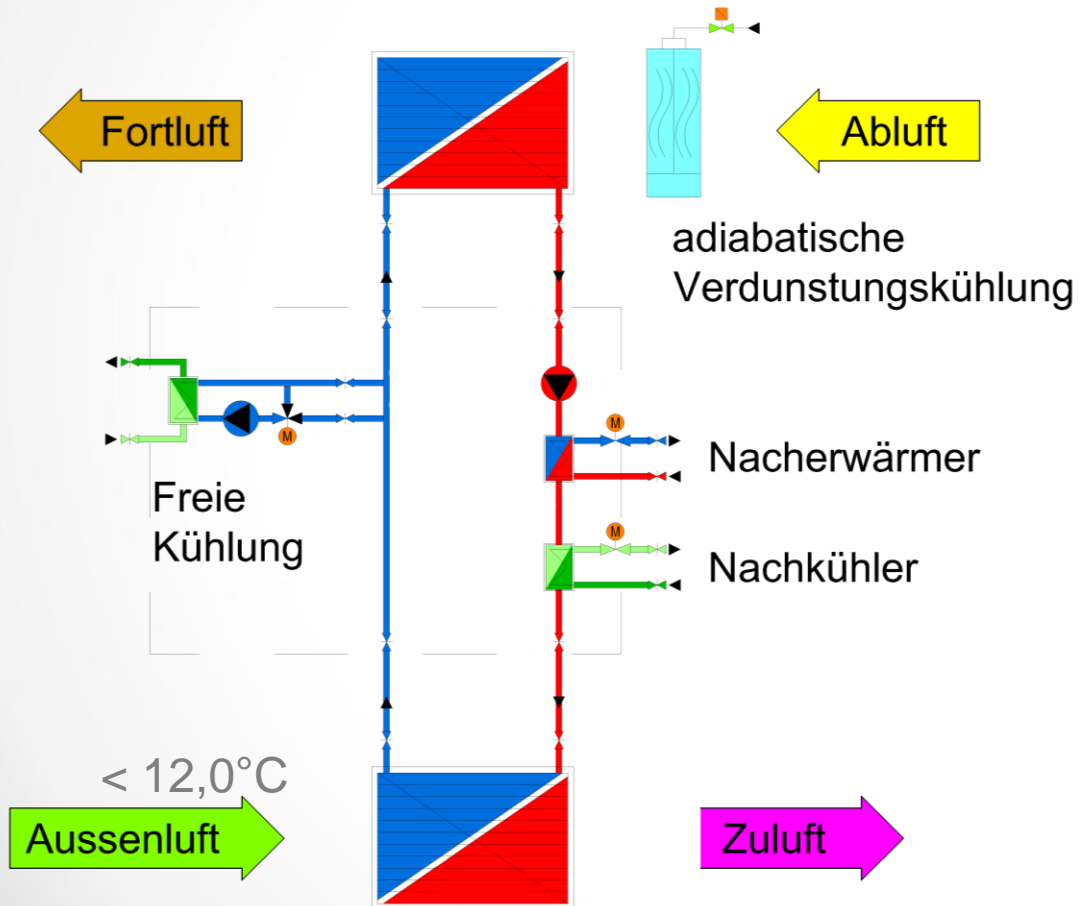
- Die Abluft wird durch Verdunstung gekühlt
- Durch die Wärmerückgewinnung kann die Zuluft weiter runtergekühlt werden.

Kühlung der Außenluft  
ohne Strom  
(CO<sub>2</sub>-Einsparung)

Späterer Einsatz der  
Kältemaschine



# “Freie Kühlung”



Bereits bei AU-Temp. unter  $12^{\circ}\text{C}$  übernimmt die „kostenlose“ Kälte der Außenluft einen Teil der Arbeit der Kältemaschine.

Gut geeignet für Krankenhäuser da Ganzjahresverbraucher wie

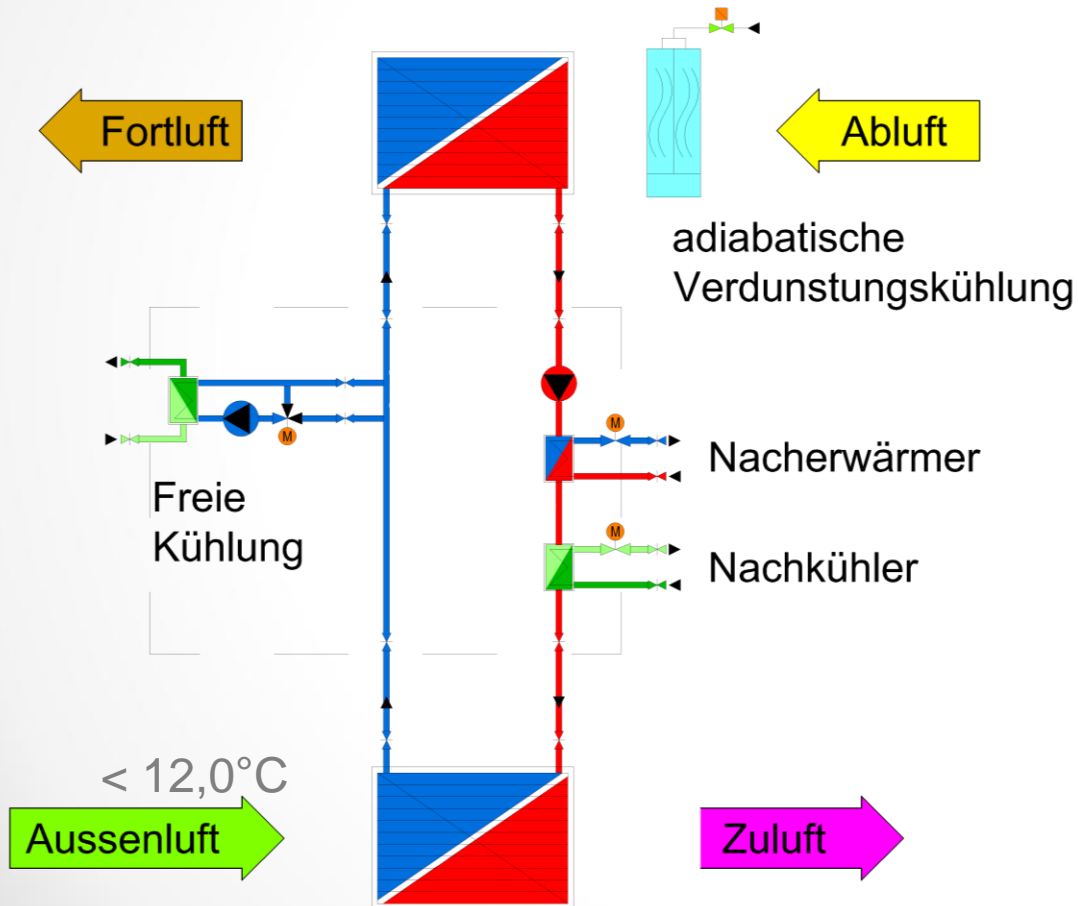
- Computertomographen
- Magnetresonanztomographen

vorhanden sind.

Bsp.: Systemtemperaturen  
Kältenetz: VL/RL  $10/16^{\circ}\text{C}$



# “Freie Kühlung”



- Geringe Investitionskosten
- Niedrigere Betriebskosten im Vergleich zur freien Kühlung mit der Kältemaschine
- Abwärme aus den Ganzjahresverbrauchern wird zur Erwärmung der Zuluft genutzt

Bsp.: Systemtemperaturen  
Kältenetz: VL/RL 10/ 16°C

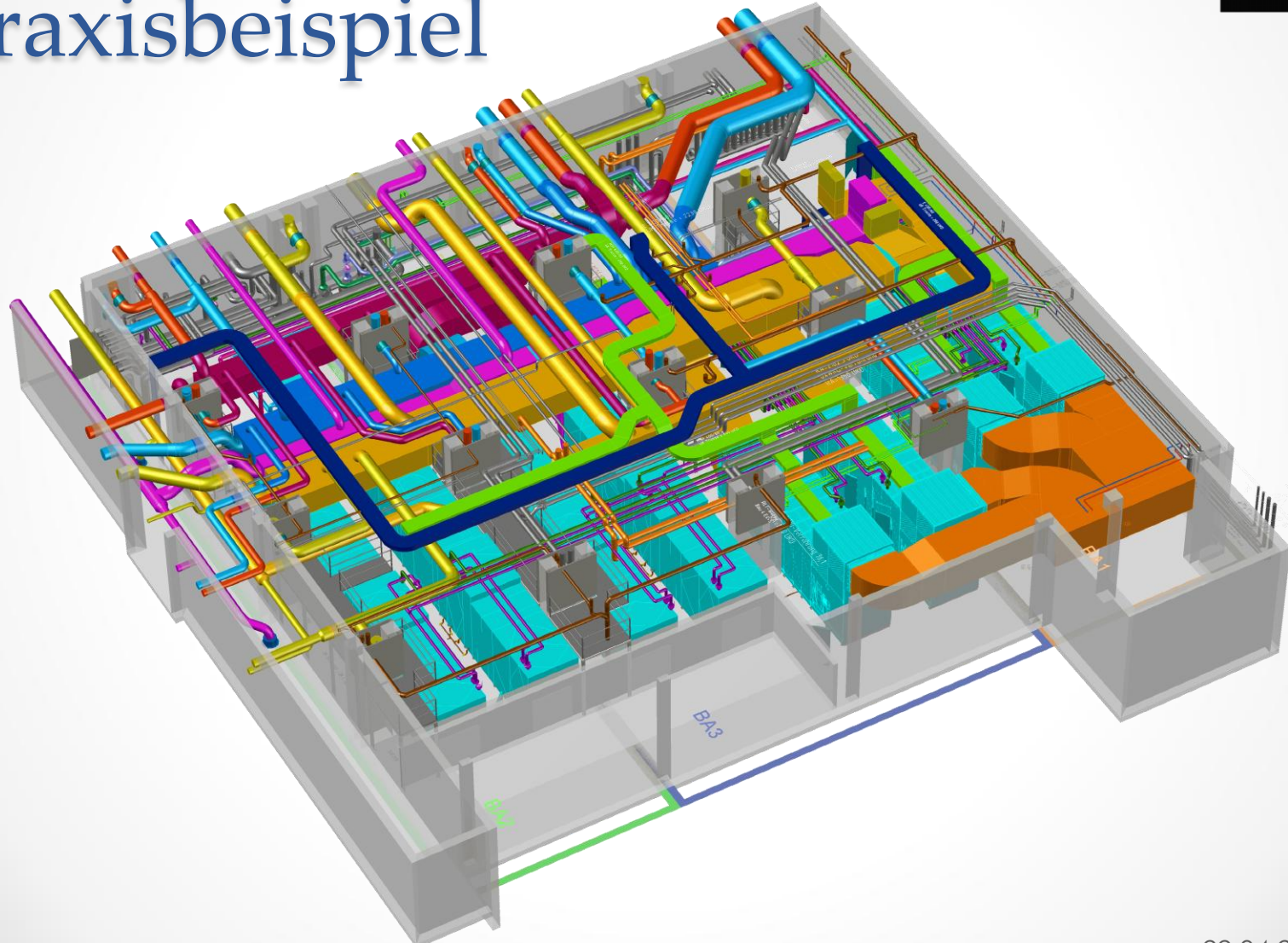


**Klinikum Ludwigsburg**

Im Verbund der RKH Regionale  
Kliniken Holding GmbH

**ESER  
DITTMANN  
NEHRING  
&PARTNER  
GMBH**

# Praxisbeispiel







# Praxisbeispiel

- Sanierung einer RLT-Anlage aus den 70er Jahren.
- Luftmenge ca. 4 x 32.000 m<sup>3</sup>/h

## Besonderheiten

- Zweikanalanlage (Warm- und Kaltluft)
- gemauertes Lüftungsgerät
- Bestandszentrale im Kern der Liegenschaft, erschwerte Einbringung etc.
- beengte Platzverhältnisse
- Sanierung im laufenden Betrieb, -> 3 Bauabschnitte

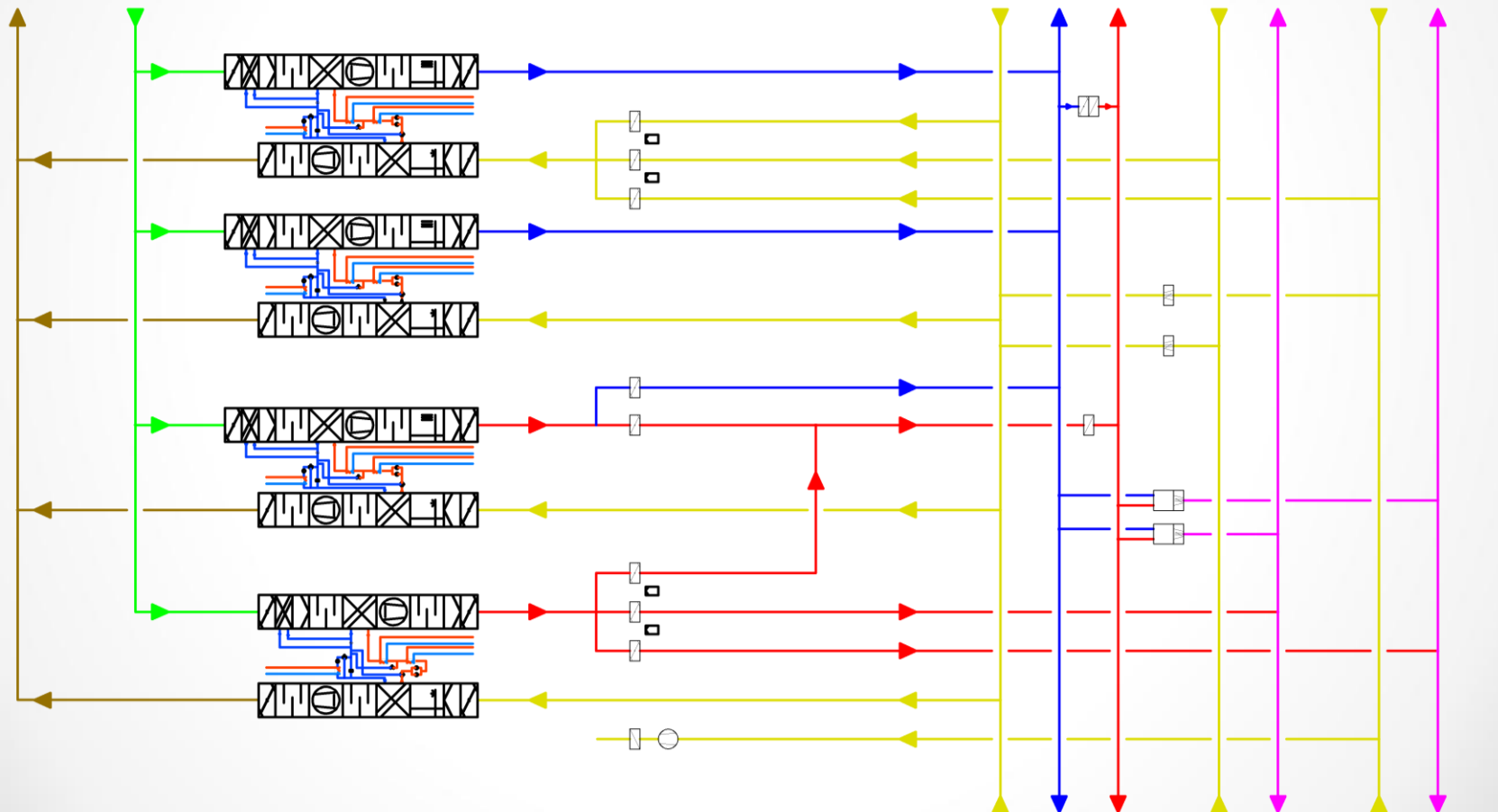


**Klinikum Ludwigsburg**

Im Verbund der RKH Regionale  
Kliniken Holding GmbH

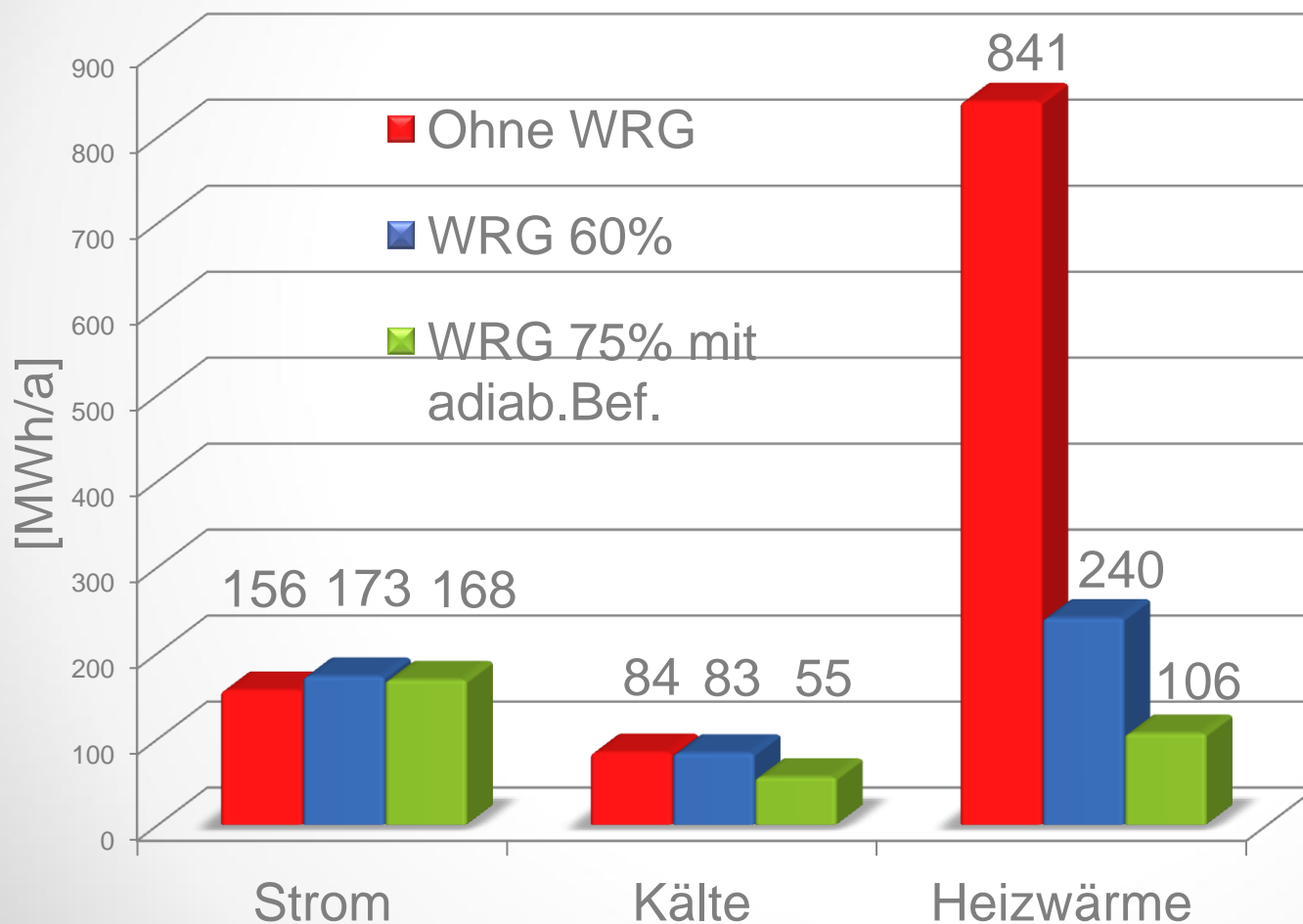
**ESER  
DITTMANN  
NEHRING  
&PARTNER  
GMBH**

# Anlagenaufbau





# Verbrauch Primärenergie



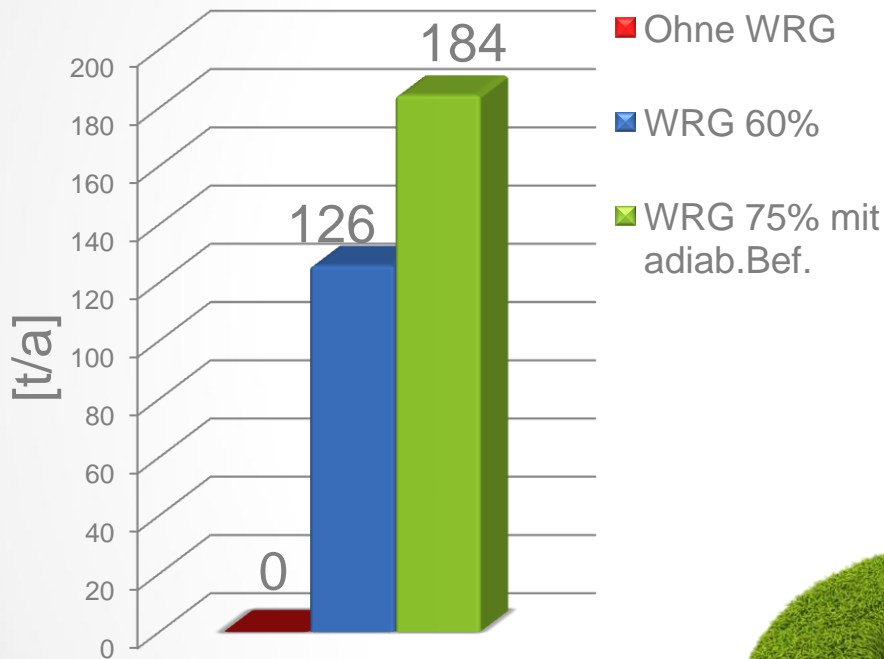
Einsparung an  
Energiekosten  
(75%- zu 60%-  
System)

ca. 13.500 €  
pro Jahr und  
Anlage

Höhere  
Investitionskosten  
rechnen sich  
bereits nach  
~ 4 Jahren



# Einsparung an Kohlenstoffdioxid



Im Vergleich zu einer WRG nach  
EnEV 2014 ergeben sich  
Mehreinsparung von



ca. 58,5 Tonnen CO<sub>2</sub>  
pro Jahr und Anlage





**Klinikum Ludwigsburg**

Im Verbund der RKH Regionale  
Kliniken Holding GmbH



# Bilder zum Bauablauf





## Klinikum Ludwigsburg

Im Verbund der RKH Regionale  
Kliniken Holding GmbH

**ESER  
DITTMANN  
NEHRING  
&PARTNER  
GMBH**







## Klinikum Ludwigsburg

Im Verbund der RKH Regionale  
Kliniken Holding GmbH

**ESER  
DITTMANN  
NEHRING  
& PARTNER  
GMBH**





## Klinikum Ludwigsburg

Im Verbund der RKH Regionale  
Kliniken Holding GmbH

**ESER  
DITTMANN  
NEHRING  
&PARTNER  
GMBH**







## Klinikum Ludwigsburg

Im Verbund der RKH Regionale  
Kliniken Holding GmbH

**ESER  
DITTMANN  
NEHRING  
&PARTNER  
GMBH**





## Klinikum Ludwigsburg

Im Verbund der RKH Regionale  
Kliniken Holding GmbH

**ESER  
DITTMANN  
NEHRING  
& PARTNER  
GMBH**







## Klinikum Ludwigsburg

Im Verbund der RKH Regionale  
Kliniken Holding GmbH

**ESER  
DITTMANN  
NEHRING  
&PARTNER  
GMBH**





# Rückblick: Einsatz eines Eisspeichers im Energiekonzept des Klinikums Ludwigsburg





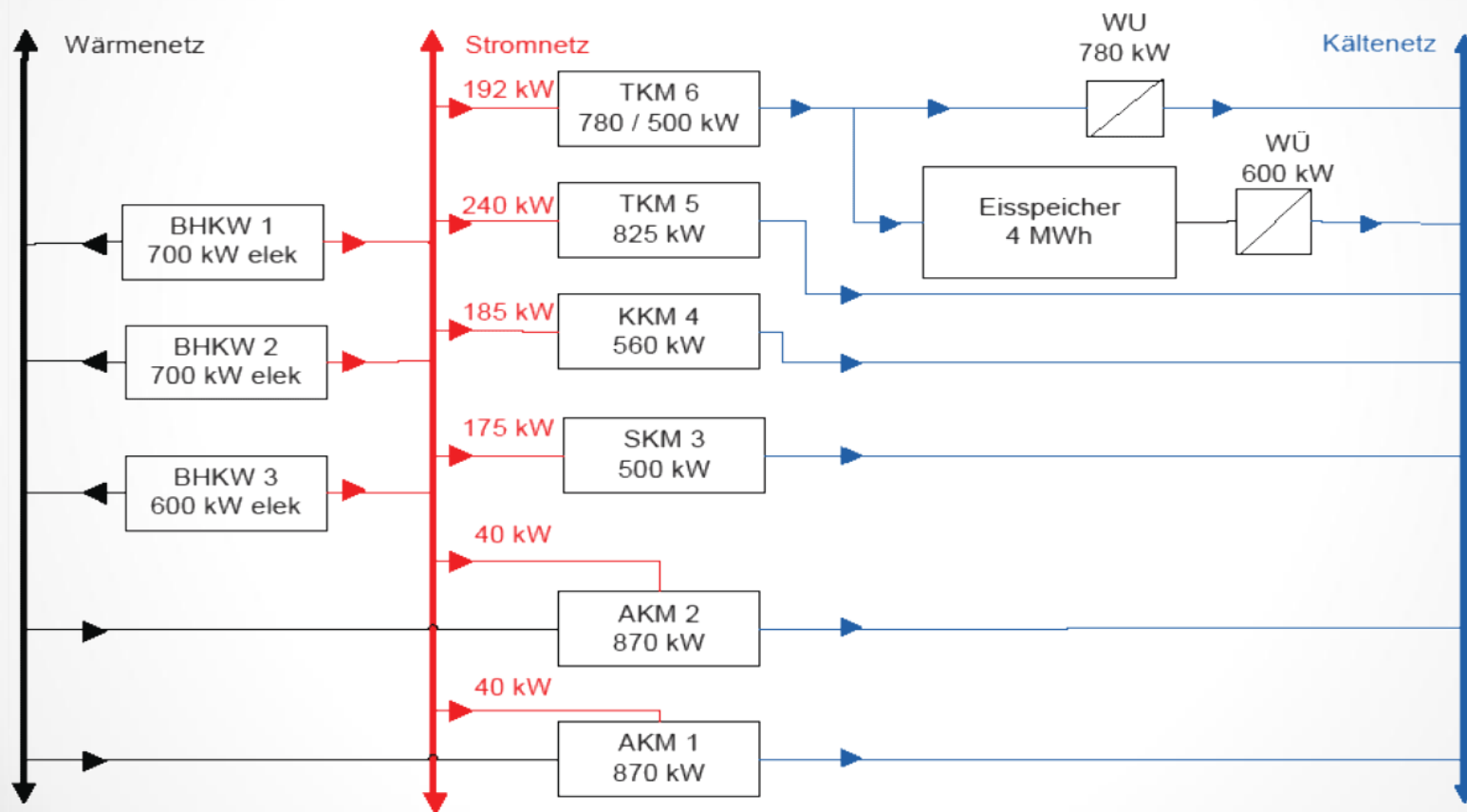


# Investition und Zielsetzung

- Derzeit kaufen wir im Jahr (2013) 2.476 MWh Strom für 479.698 € für die Versorgung des Klinikums zu.
- Wir produzieren zur Eigenverwendung im Jahr (2013) 14.956 MWh Strom.
- Die Gesamtinvestition für den Eisspeicher, Kältemaschine (alt Ersatzbeschaffung), Pumpen, Wärmetauscher, Verrohrung und Zubehör belaufen sich auf 942.000 € mit einer Lebensdauer von 15-20 Jahren.
- Ziel ist es, den Stromverbrauch im Klinikum annähernd gleichmäßig zu gestalten, Stromspitzen zu vermeiden und die Eigenstromerzeugung auf annähernd 100% zu bringen.



# Strom- und Kälteschema





# Erste Ergebnisse

Die Anlage ist am 02.06.2014 in den störungsfreien Automatikbetrieb gegangen.

Im Zeitraum von Juni bis Dezember 2014 wurden mit der Turbokältemaschine im Eisspeicher 461,55 MWh Kälte erzeugt. Diese Leistung wurde in den Nachtstunden erzeugt und im Tagbetrieb an die Verbraucher abgegeben.

Zum Betrieb der Kältemaschine wurde selbst erzeugter Strom aus den BHKW verwendet. Hierbei entstand eine Kosteneinsparung von ca. 34.060 € bis 31.12.2014.



Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit  
und einen  
guten Appetit