

# Das Kühlsystem im DESY am Standort Zeuthen

---

## 1. Standortbesichtigung unseres Institutes



26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

1

**Physikalisches Institut mit diversen elektrotechnischen, elektronischen  
Geräten und umfangreicher Raumklimatisierung**

### Technische Kühlung

PITZ: GUN, BOOSTER, Magnete, Netzteile, Faraday Cup

Klystronhalle: Modulator, Klystron, Verstärker, Loads, Hohlleiter

Rechenzentrum: APC- Schränke

### Klimatisierung

PITZ: Tunnellüftung, Rackraumlüftung, Laserraumklima

Klystronhalle: Hallenklimatisierung, Rackkühlungen

Rechenzentrum: RC-Schrankregelung, HIROS1-3

USV- Kellen: Klimatisierung

Schalträume: Temperierung

### Split Kühlung

26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

2

## 2. Aufteilung der Kühlsysteme

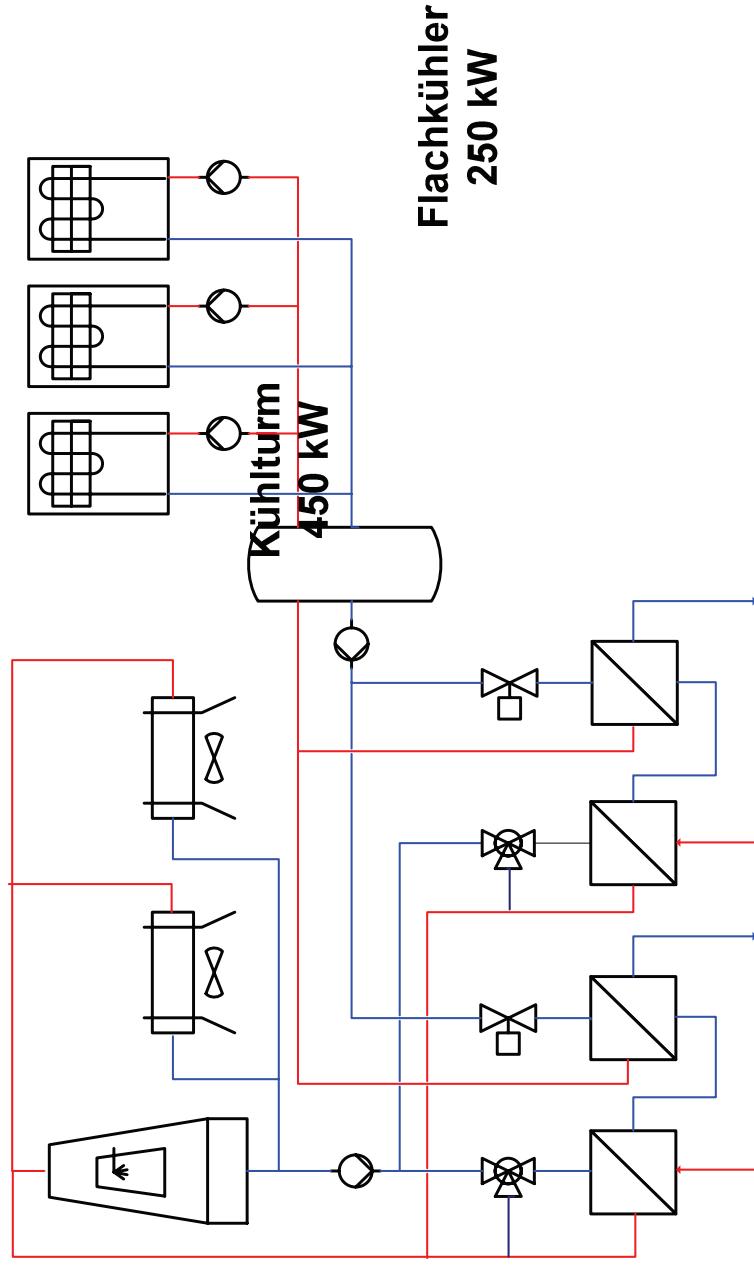
- Kühlwasser 27°C zur Kühlung aller technischen Systeme
- Kaltwasser 8°C Klimaanlagen
- Split Kühlung Klimaanlagen z.B. HIROS1-3, Labore, Einkauf

26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

3



26.01.2010

Technisches Seminar

4

J.Schultze

### 3. Erzeugung des Kühl- und Kaltwassers

- Kältemaschinen Fa. Rhoss
  - 2 x Kältemaschinen mit 440 kW Kälteleistung
  - 2 Stufen, 8 Ventilatoren , 2 Schraubenverdichter, 2 Kreisläufe
  - 167 kW elektrische Anschlussleistung
- 1 x Kältemaschine mit 120 kW Kälteleistung
  - 2 Stufen, 6 Ventilatoren , 2 Schraubenverdichter, 2 Kreisläufe
- Flachkühler
  - 2 x 250 kW Kälteleistung mit 10 Ventilatoren
  - 2 x 7 kW elektrische Anschlussleistung
- Kühlturn
  - 1 x 450 kW Kälteleistung mit Ventilator und Besprühung (Wasser)

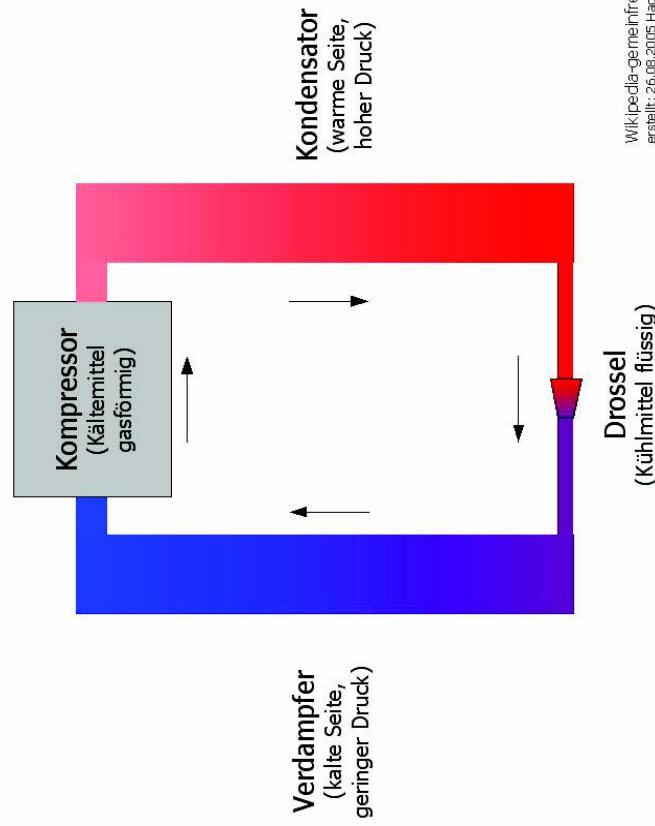
26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

5

### Kompressionskältemaschine



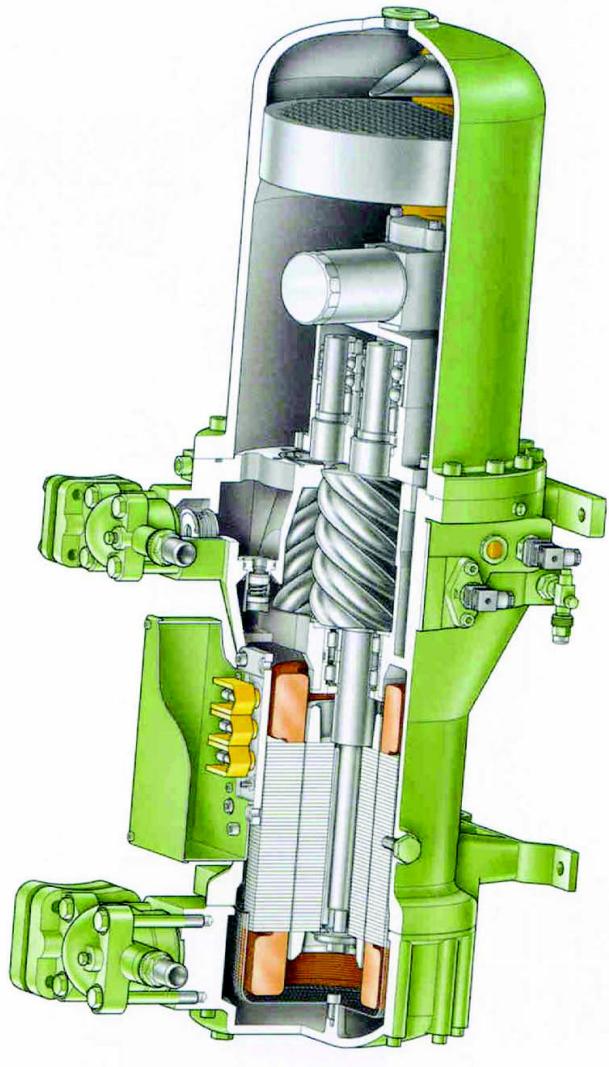
Wikipedia-Gemeinfrei  
erstellt: 26.08.2005 Hadhuey

26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

6



26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

7

#### 4. Verteilung des Kühl- und Kaltwassers

- Pumpen
  - Kühlwasserverbraucherkreis  $4 \times 18.5 \text{ kW}$  mit je  $64 \text{ m}^3/\text{h}$
  - 2 Pumpen im Parallelbetrieb
  - Kühlwassererzeugerkreis Flachkühler  $2 \times 7.5 \text{ kW}$  mit je  $96 \text{ m}^3/\text{h}$
  - Kühlwassererzeugerkreis Kältemaschinen  $2 \times 7.5 \text{ kW}$  mit je  $160 \text{ m}^3/\text{h}$
  - Frequenzumrichterbetrieb
  
- Wärmetauscher
  - Übertragungsleistung  $1000 \text{ kW}$ , bei Kühlwasserkreis  $3600 \text{ kW}$
  - aufgebaut aus Wärmetauscherplatten
  - Hergestellt mit Mehrfeldprägetechnik
  - hoher Wirkungsgrad
  - Differenz Eingang / Ausgang  $\Delta T = < 2^\circ\text{C}$

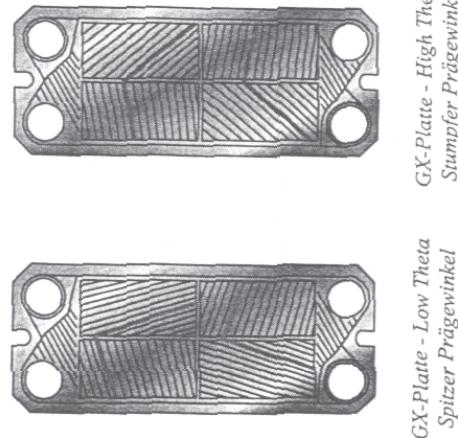
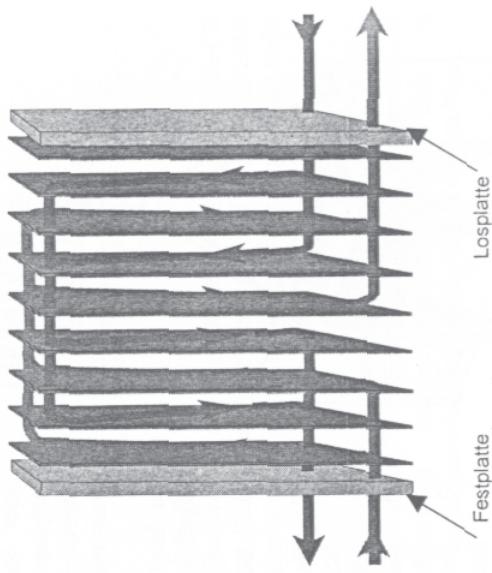
26.01.2010

Technisches Seminar

8

J.Schultze

Zweistufige Apparatur



26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

9

## 6. Wasseraufbereitung

- Enteisenung
  - Eisen verschlammt und verstopft Leitungen
  - Eisen liegt in der Form von Eisenhydrogencarbonat vor  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$
  - Ausfilterung durch Oxidation
  - Sauerstoffträger ist dabei Filtermaterial Manganese Greensand
  - Regenerierung mit Kaliumpermanganat
  - $4\text{Fe}^{2+} + 8\text{HCO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 8\text{CO}_2$  (Eisenocker)
- Entkalkung
  - Kalk setzt Leitungen und Tauscher zu
  - Wasserhärte ist abhängig von Calcium- und Magnesiumionen
  - Filtermaterial Harzkügelchen
  - Austausch von Ca und Mg- Salze durch Natriumsalze
  - Regeneration mit NaCl (Kochsalz)

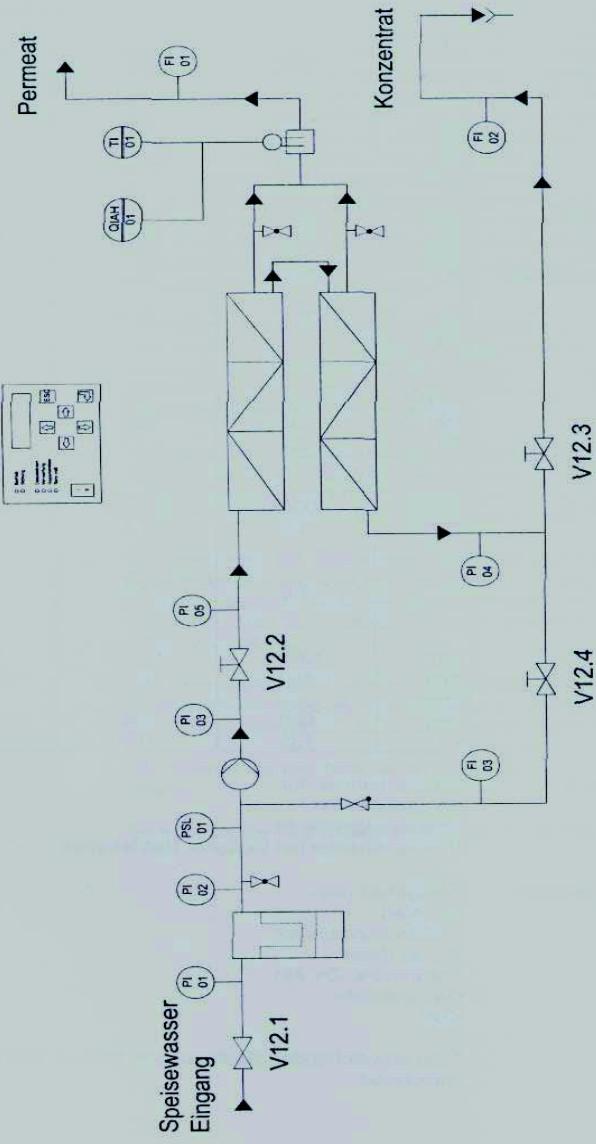
26.01.2010

Technisches Seminar

10

J.Schultze

## ■ Umkehrosmose



26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze 11

- Impfung gegen Korrasion, Antifouling im Kühlwasser für Kühlturn
- Sodium Hydroxide, Sodium Hydrochlorite
- Entgasung
- Gutachten AZBA, Zusammenarbeit BAM
- Probleme: Nachweis von Metallionen, Zersetzung von Kupferrohren ?

26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze 12

Seite: 2 von 2

Datum: 10.09.2008

Auftrag: AZBA 31462/2008

Probenart: Material

Bauvorhaben: Best.Nr. 839/4801030177

Probenbezeichnung: Identifizierung Rückstände aus Filter

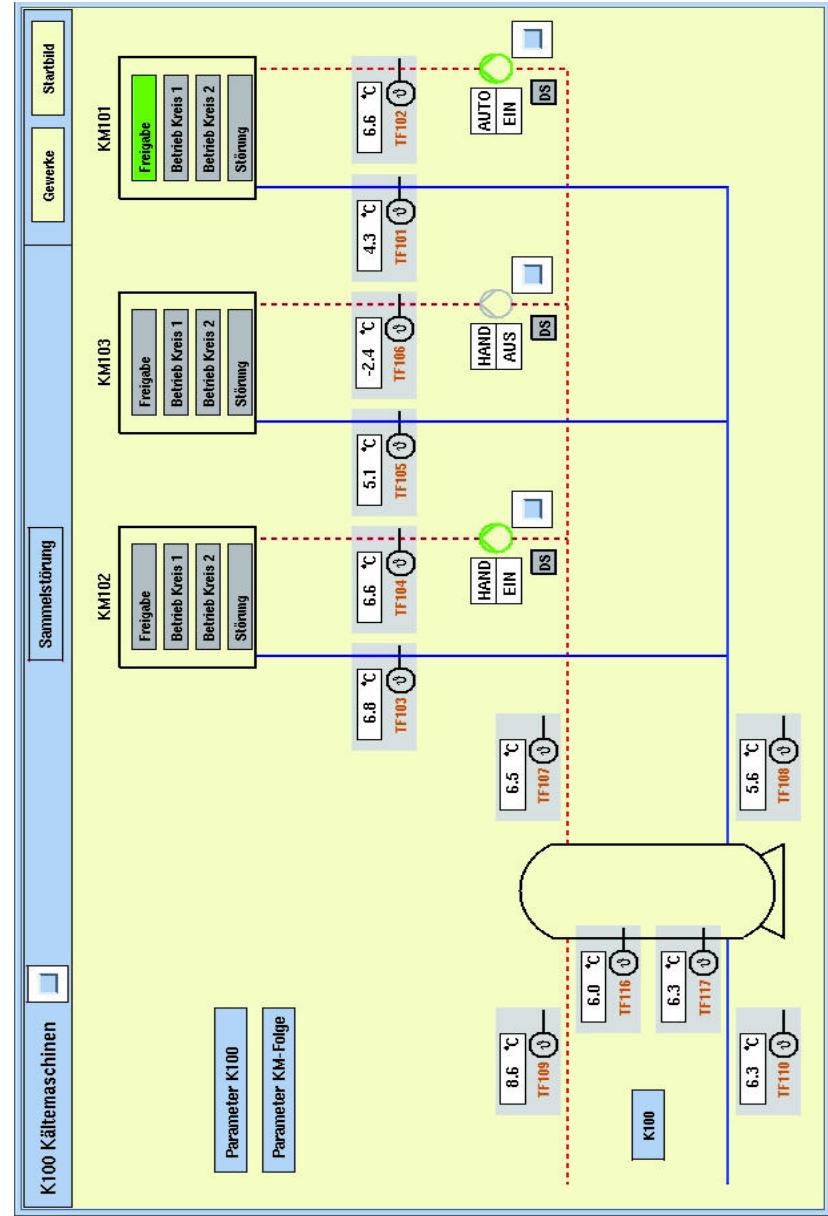
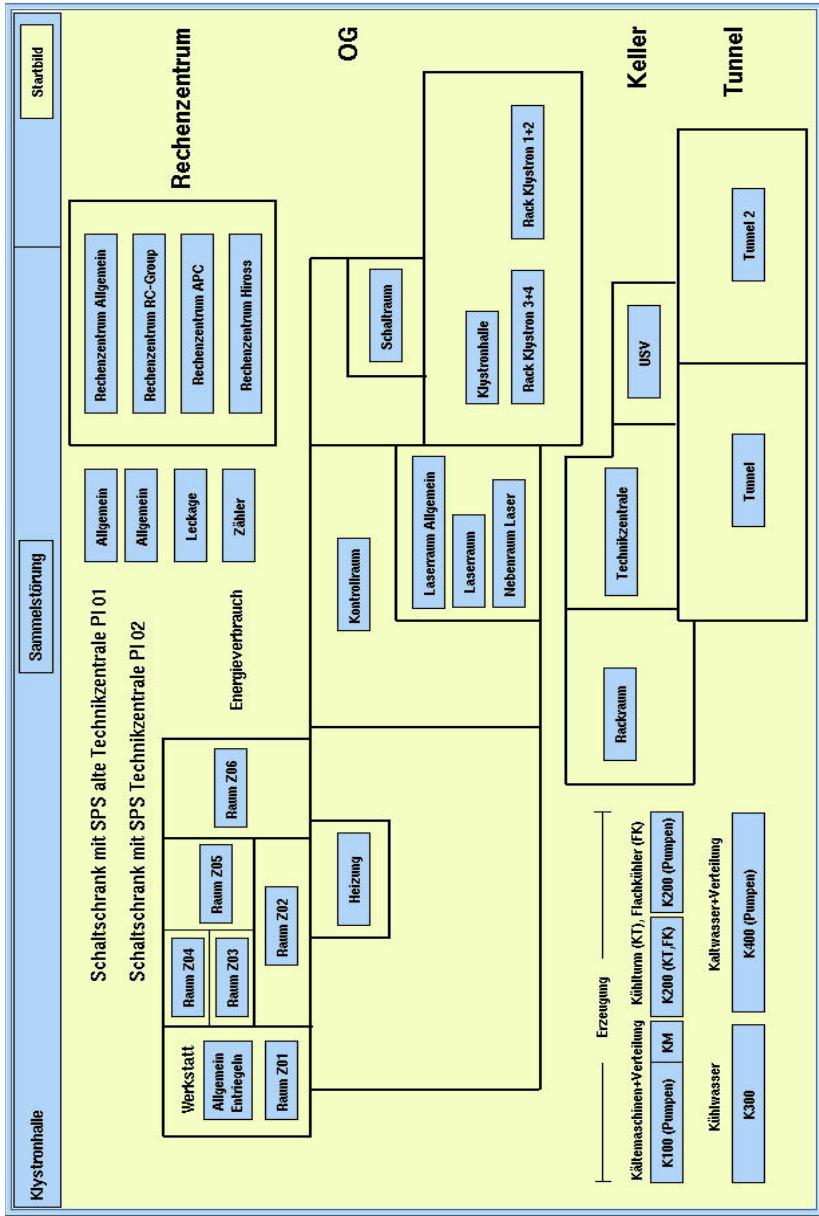
| Parameter    | Methode          | Einheit | BG     | Meßwert               |
|--------------|------------------|---------|--------|-----------------------|
| Feststoff    |                  |         |        | Feststoff/Flüssigkeit |
| Glühverlust  | DIN 38414 S 3    | Ma % TS | 0,1    | 31,51                 |
| Aufschluß    | DIN ISO 11466    | Ma % TS | 0,001  | 1,20                  |
| Chrom gesamt | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,002  | 0,72                  |
| Nickel       | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,002  | 0,21                  |
| Zink         | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,002  | 4,60                  |
| Calcium      | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,02   | 0,97                  |
| Magnesium    | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,001  | 7,30                  |
| Eisen        | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,003  | 35,0                  |
| Kupfer       | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,001  | 0,06                  |
| Blei         | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,002  | 0,30                  |
| Mangan       | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,0001 |                       |

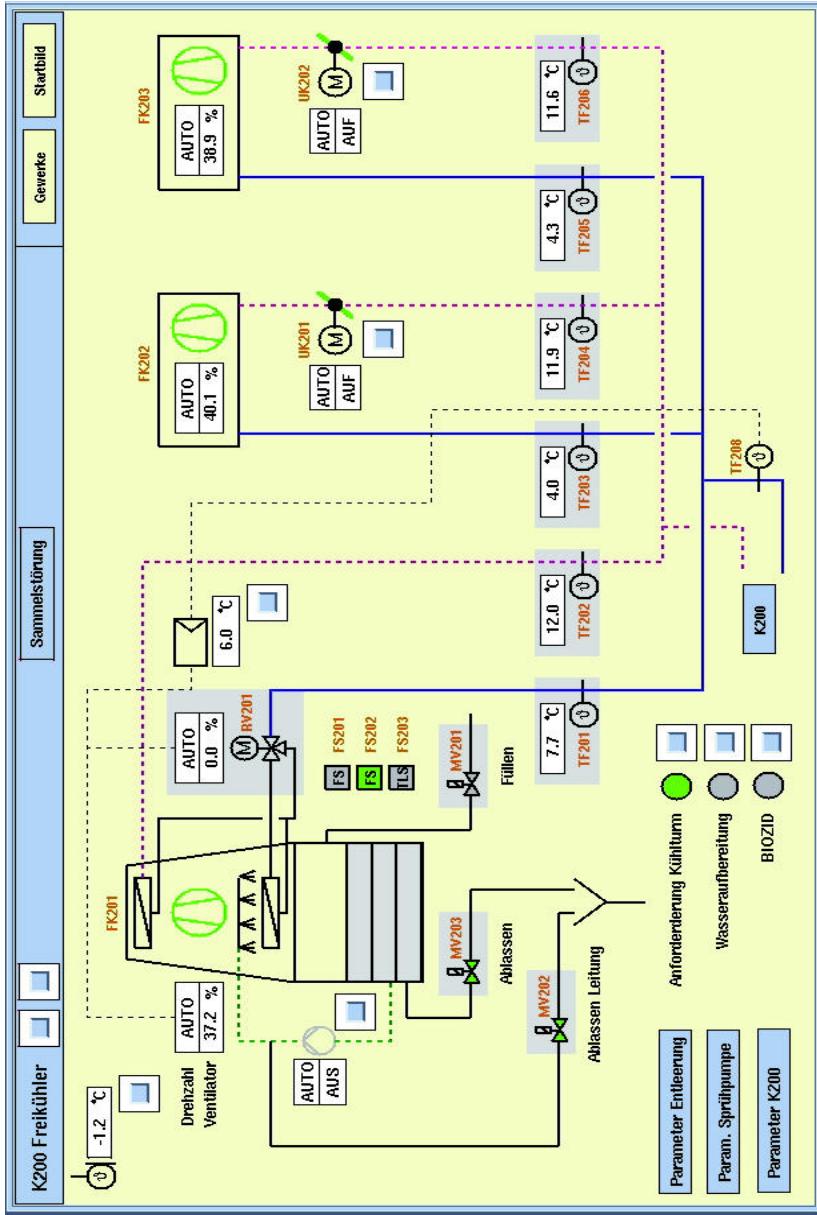
| Parameter    | Methode          | Einheit | BG     | Meßwert                  |
|--------------|------------------|---------|--------|--------------------------|
| Feststoff    |                  |         |        | Feststoff in Flüssigkeit |
| Glühverlust  | DIN 38414 S 3    | Ma % TS | 0,1    | 38,54                    |
| Aufschluß    | DIN ISO 11466    | Ma % TS | 0,001  | 1,00                     |
| Chrom gesamt | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,002  | 6,10                     |
| Nickel       | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,002  | 0,21                     |
| Zink         | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,002  | 3,80                     |
| Calcium      | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,02   | 0,84                     |
| Magnesium    | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,001  | 28,0                     |
| Eisen        | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,003  | 7,50                     |
| Kupfer       | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,001  | 4,50                     |
| Blei         | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,002  | 0,68                     |
| Mangan       | DIN EN ISO 11885 | Ma % TS | 0,0001 |                          |

Hauptbestandteil in der festen Probe sind neben organischer Masse (Glühverlust) vor allem Kupfer, während die wässrige Partikel in der wässrigen Probe neben organischer Masse vor allem Eisen und untergeordnete Kupfer, Nickel und Blei enthalten.

## 7. Steuerung

- SPS S7-400 Siemens
- Einführung Siclimat X im Jahr 2009, vorher WinCC
- -LINUX – Basis
- -Datenbasis ORACEL
- -umfangreiches Störmeldesystem
- -Raid- Controller (zwei Festplatten)
- -integrierte digitale Software PID- Regler
- -GUI im Siclimat X, Netzwerkversion (5 Arbeitsplätze)
- -Heizung integriert, witterungsgeführte Regelungen, Zeitsteuerung
- Vorteil: DESY kann selbst programmieren, Fehler schneller finden
- DOOCS- Kopplung für alle nutzbar, Verbrauchsanzeige (eigenes Fenster)

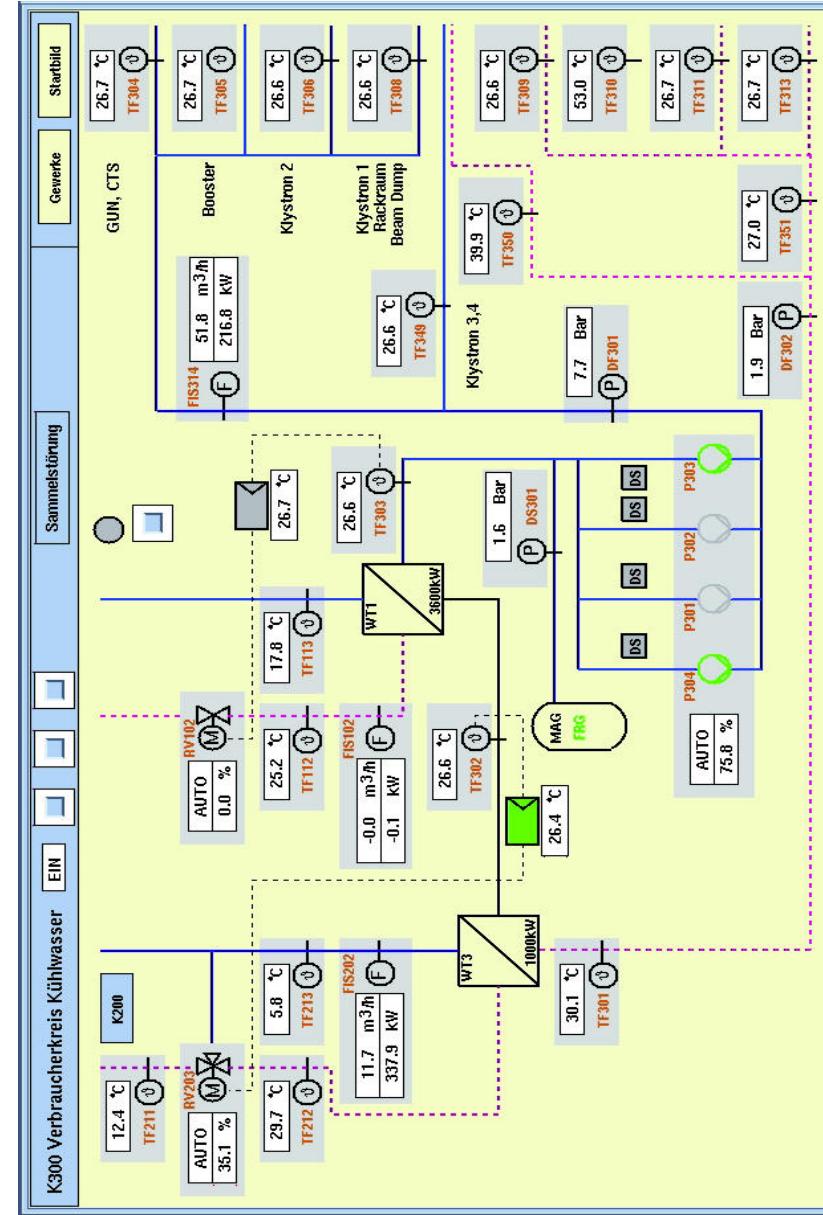




26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

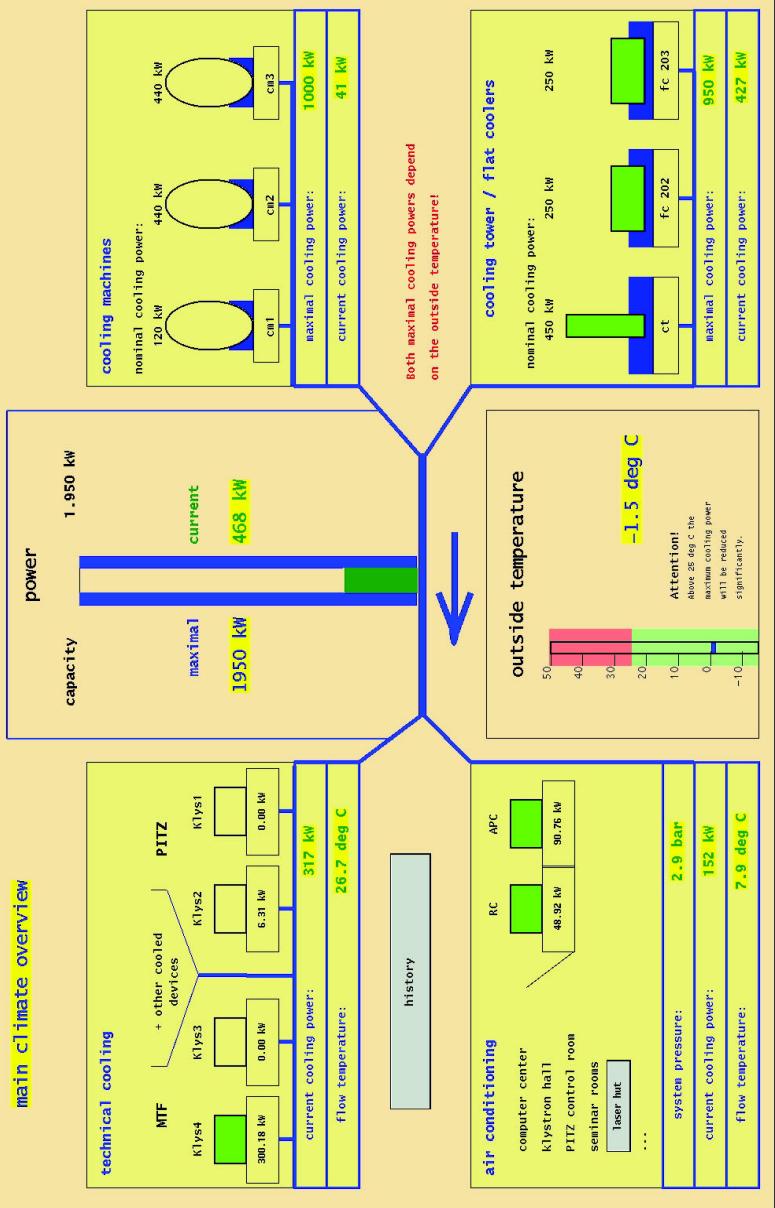


26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

18



19

26.01.2010 Technisches Seminar J.Schultze

## 8. Beispiele für technische Kühlung

### ■ GUN / BOOSTER - Regelung

-Bedarfserrechnung für Kühlung GUN

-Annahmen: peak power = 7,2 MW, repetition rate = 10 Hz  $\rightarrow$  period = 100ms

$$\begin{aligned} \text{-average power} &= \text{peak power} * \text{pulslength / period} \\ &= 7,2 \text{ MW} * 1,0 \text{ ms / 100 ms} \\ &\approx 70 \text{ kW} \end{aligned}$$

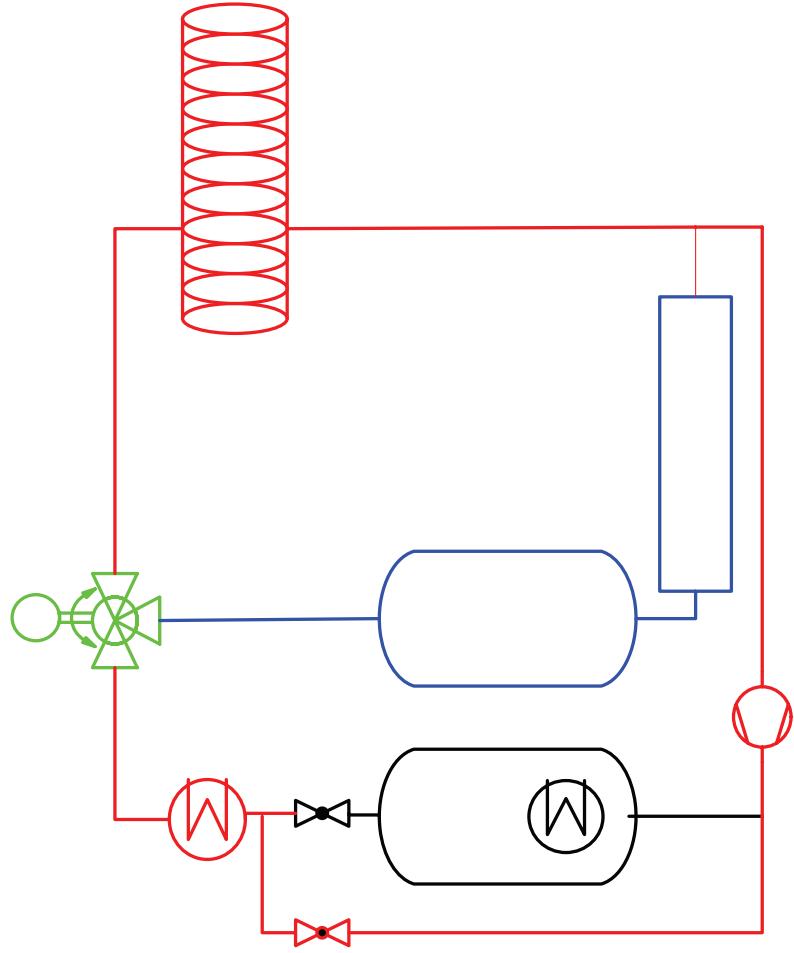
■ Abmessungen der Gun, Booster Kavitäten stark temperaturabhängig

-Resonanzfrequenz wichtiger Parameter

-Frequenzverschiebung / pro Kelvin  $\Delta f_c / K = 22 \text{ kHz}$

-Wasserregelung besser 0,1 K

- Ausgeführt mit 14 Kühlkreisläufen, Temperatur, Druck und Flussmessung pro Kanal
- Kommunikation DOOCS, Aufzeichnung im DAQ



26.01.2010

Technisches Seminar J.Schultze

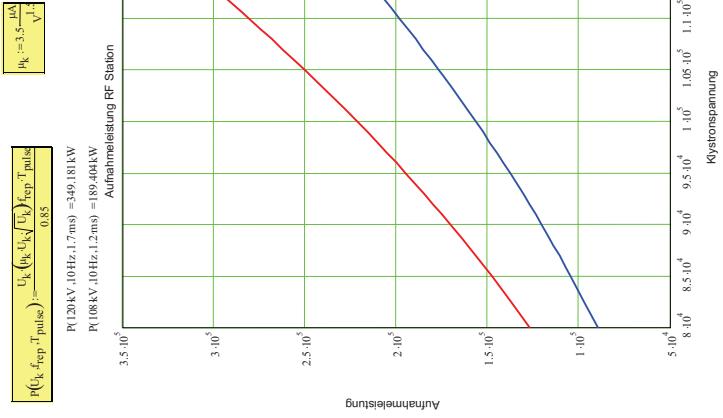
21

- Kühlungsbedarf beim Modulatorteststand, HF1, HF2
  - wichtige und große Komponente im Verbrauch
  - Gleichzeitigkeitsfaktor ist bei Auslegung der Kühlung zu berücksichtigen
  
- Aufteilung des Kühlsystems am Modulatorteststand
  - Modulator
  - Trafo
  - Solenoide
  - Loads
  - Klystron
  - Klystron body
  - Preamplifier

26.01.2010

Technisches Seminar J.Schultze

22



R.Wenndorf,  
W.Köhler,  
L. Jachmann,  
M.Grimmberg

23

J.Schultze

Technisches Seminar

26.01.2010

## 9. Energiebedarf Kühlung

- Wie viel Energie wird für Kühlung bei Desy gebraucht?

- Gesamtenergieverbrauch DESY im Jahr 2009: **7 185 642,4 kWh**
- davon Kältemaschine 1: **21252,0 kWh**
- davon Kältemaschine 2: **667373,0 kWh**
- davon Kältemaschine 3: **276196,0 kWh**
- Schaltschränke (Pumpen): **637382,0 kWh**
- ergibt Gesamtenergieverbrauch Kühlung PITZ: **1 602 203,0 kWh**
- davon Rechenzentrum HIROSS: **470 671,0 kWh**

**28,85 % der Energiekosten für Kühlung und Klima !!!**

+ Energie für Splitkühlung (Büro und Labor)

24

J.Schultze

Technisches Seminar

26.01.2010

## 10. Zukunftsvorhaben Rechenzentrum

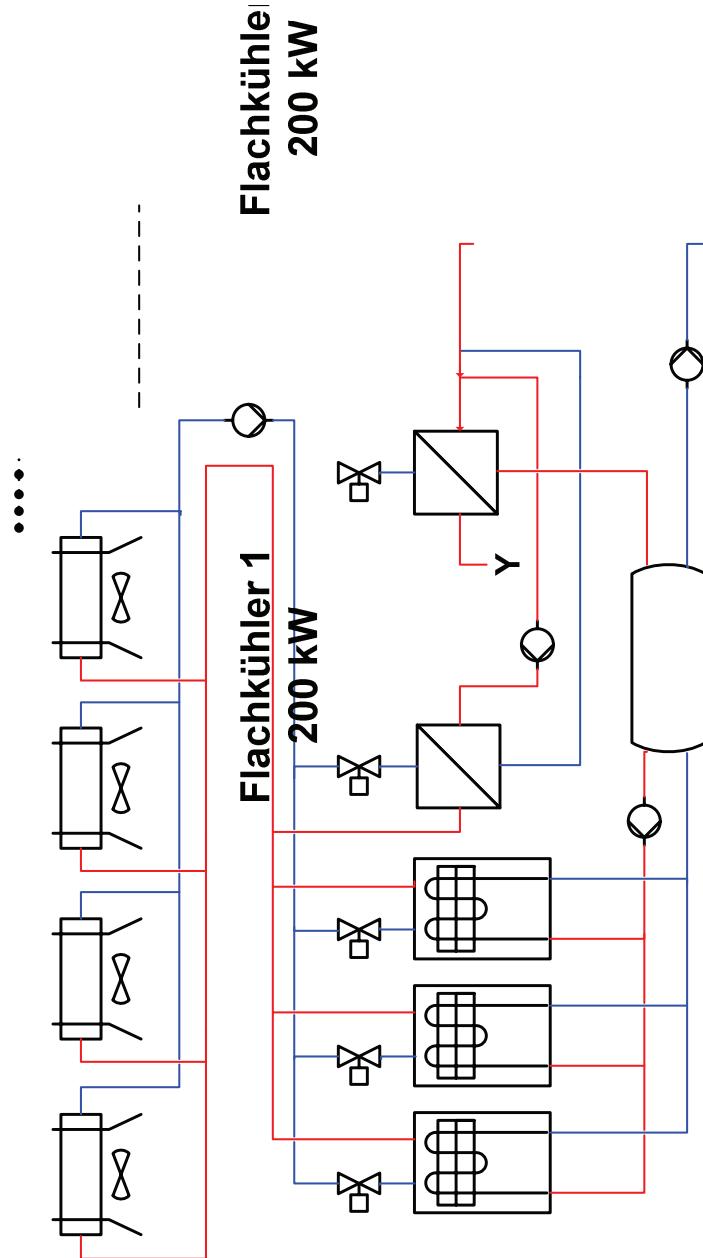
- 500 kW Leistung, 8°C Vorlauf, max. 18°C Rücklauf
- hohe Verfügbarkeit
- Notbetrieb mit Stadtwasserkühlung
- Absicherung des Betriebes durch großen Speicher und Generator
- erstmalsiger Einsatz von AXIMA- Kältemaschinen und EC- Motoren
- Umschaltung Sollwerte für Nachkühler
  - direkte Kühlung
  - Rückkühlung Kältemaschinen

26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

25



26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

26

## 11. Zukunftsvorhaben Seewasser

- kostengünstige Gewinnung von Kälteenergie aus Seewasser
- neues Gebäude am See mit umfangreicher Technik im Keller
- 1,5 MW Kälteleistung, 27°C Vorlauf, max. 47°C Rücklauf
- 6 Kältekreise, 4 davon sind notwendig für diese Leistung
- lange Leitungswände, müssen gut isoliert sein
- Probleme mit Baugenehmigung ergaben sich nach Beteiligung Träger öffentlicher Belange durch die negative Stellungnahme der Fischer vom Zeuthener See

26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

27

## 12. Gutachten

- Gutachten der Firma Aqualytis
- Annahmen und Feststellungen:
  - Zeuthener See ist Einzugsgebiet der Dahme, von Märkisch Buchholz kommend durchfließt die Dahme mehrere Seen bis sie in Köpenick in der Spree mündet.
  - Wassermenge von 13 m<sup>3</sup>/h, daraus ergibt sich eine Verweilzeit von 9 Tagen
  - geplante Abnahme 600 m<sup>3</sup>/h d.h. 0,01 % des Wasserkörpers
  - Uferausbildung anthropogen<sup>1</sup> überformt, natürliche Uferstrukturen sind nahezu nicht vorhanden
  - jahreszeitabhängiger starker Schiffs- und Bootsverkehr
  - Substrate am Gewässerboden bestehen am Ufer aus Sand, in Entfernung aus Faulschlamm
  - keine nennenswerten Makrophyten<sup>2</sup> vorhanden

1 durch Menschen veränderte Landschaft  
2 mit dem Auge erkennbare Pflanzen

26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

28

## 12. Gutachten

- Fischarten:
  - Aal, Aland, Blei, Güster, Karpfen, Plötz, Rapfen, Schleie, Ukelei, Hecht, Stint, Quappe, Barsch, Kaulbarsch, Zander.
- Fazit:
  - vorhandene Fischarten zahlenmäßig gering
  - tolerant in Bezug auf Lebensraum und Temperatur
  - kein bedeutendes Laichgebiet
  - Quappe und Stint als gefährdet nach FFH-Richtlinie eingestuft, laichen nicht im Zeuthener See
  - an Einleitposition Schlamm, kein geeigneter Laichort (z.B. Rotaug, Barsche)
  - 2008 eingesetzte Fische: 205 kg Aal, 310 Stck. Hecht, 25 Stck. Wels
  - keine große Bedeutung für Fischerei 1,7 – 1,9 t/a Speisefisch

26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

29

## 12. Gutachten

- Modellrechnung
  - Drei-dimensionales hydro-numerisches Modell
  - MIKE 3FM von DHI (Finite- Volumenverfahren)
  - max. Wassertemperatur 23°C, Differenz 5 K, Einleittemperatur 28°C
  - Tag- Nacht Schwankung 16°C – 26°C, max. Luftfeuchte 80%
  - Windlage, Strömung (Wasserdurchsatz)
- Auswertung
  - Wärmeausbreitung stark räumlich und zeitlich abhängig
  - schlimmster Fall: in Ufernähe 4,5 K Temperaturanstieg in 50 m Entfernung nur noch 2,5 K an der Sohle 1,6 K
  - in 75 m Entfernung 1 K
- prinzipiell ist zu bedenken:
  - Anhebung um 1 K --> keine wesentlichen Änderungen der Biozönose
  - Anhebung um 2 K --> wesentliche Änderungen der Biozönose
  - Anhebung >5 K --> irreversible Schäden der Biozönose

**keine Bedenken → kann genehmigt werden !!**

26.01.2010

Technisches Seminar

30

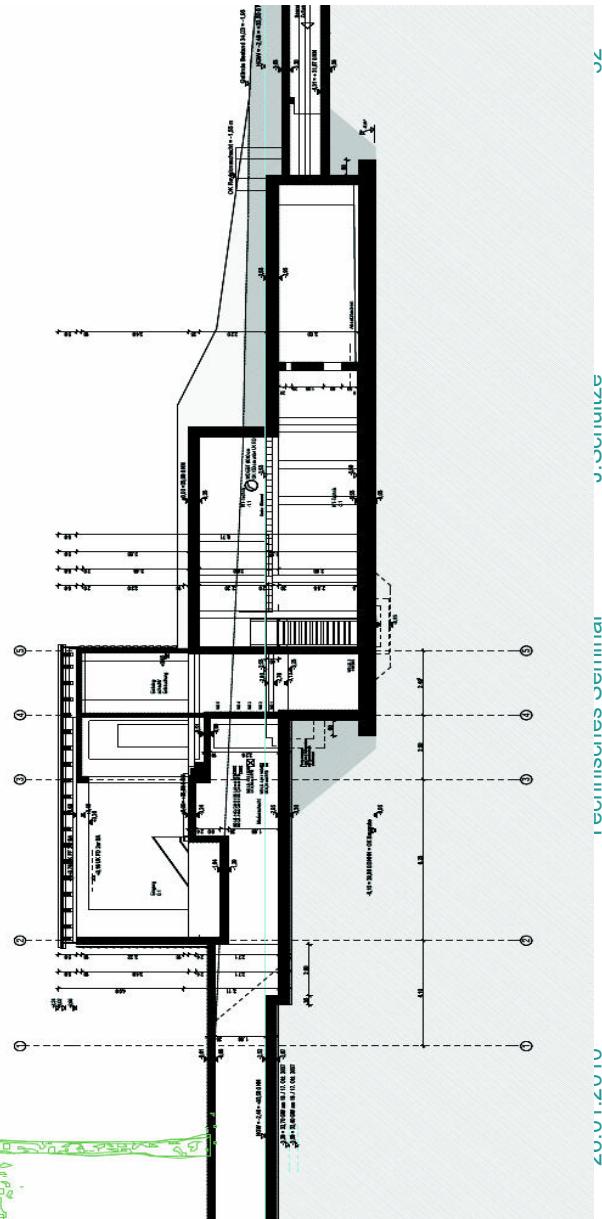
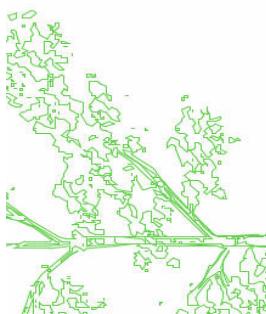
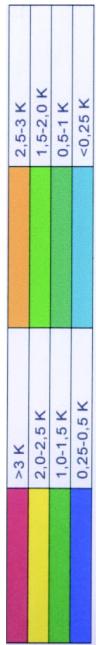
J.Schultze



26.01.2010

Technisches Seminar J.Schultze

31

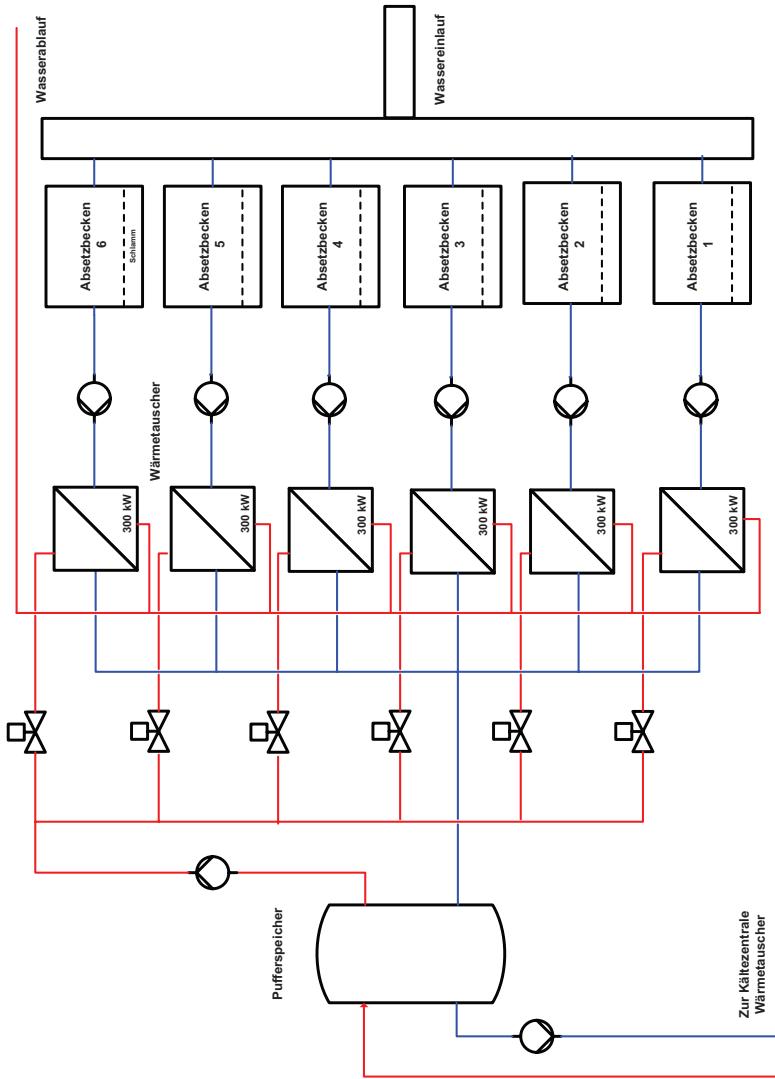


72

© 2010 J. Schultze

Technisches Seminar J. Schultze

31



26.01.2010 Technisches Seminar

33 J.Schultze

### 13. Zukunftsprojekt Erneuerung vorhandene Kältemaschinen, Kühlturm, Flachkühler

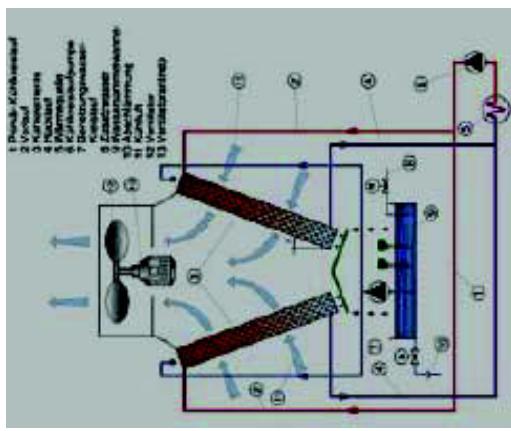
- totaler Austausch von Kühlturm, Flachkühler und Kältemaschinen
- kein Gardena Rasensprenger im Sommer auf dem Dach mehr notwendig !!!
- Größenordnung abhängig von Realisierung des Seewasserprojektes
- neue Maschinen vom Hersteller AXIMA  
(magnetgelagert, sehr leise, stufenlos von 0-100% regelbar)

26.01.2010

Technisches Seminar

34 J.Schultze

## ■ Hybridkühler



26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

35



26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

36

■ Wirtschaftlichkeitsprüfung durch Ing.-Büro Helm  
-Variantenvergleich

|  | 1        | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       |
|--|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  | Variante |         |         |         |         |         |         |         |
| Kaltwassererzeugungsleistung [kW]                | 600      | 600     | 600     | 600     | 600     | 600     | 600     | 600     |
| Kühlwassererzeugungsleistung [kW]                | 1700     | 1600    | 1500    | 1400    | 1300    | 1200    | 1100    | 1000    |
| Gesamtkühlleistung [kW]                          | 2.300    | 2.200   | 2.100   | 2.000   | 1.900   | 1.800   | 1.700   | 1.600   |
| Flächenbedarf für Kaltwassererzeugung [ $m^2$ ]  | 51       | 51      | 51      | 51      | 51      | 51      | 51      | 51      |
| Flächenbedarf für Kühlwassererzeugung [ $m^2$ ]  | 154      | 145     | 136     | 127     | 118     | 109     | 100     | 91      |
| Gesamtflächenbedarf [ $m^2$ ]                    | 206      | 196     | 187     | 178     | 169     | 160     | 151     | 142     |
| Investitionskosten für Kaltwassererzeugung [EUR] | 117.000  | 117.000 | 117.000 | 117.000 | 117.000 | 117.000 | 117.000 | 117.000 |
| Investitionskosten für Kühlwassererzeugung [EUR] | 156.000  | 147.000 | 138.000 | 129.000 | 120.000 | 110.000 | 101.000 | 92.000  |
| Gesamteinvestitionskosten [EUR]                  | 273.000  | 264.000 | 255.000 | 246.000 | 237.000 | 227.000 | 218.000 | 209.000 |
| Energiekosten für Kaltwassererzeugung [EUR]      | 44.000   | 44.000  | 44.000  | 44.000  | 44.000  | 44.000  | 44.000  | 44.000  |
| Energiekosten für Kühlwassererzeugung [EUR]      | 5.800    | 5.500   | 5.100   | 4.800   | 4.400   | 4.100   | 3.800   | 3.400   |
| Gesamternergiekosten [EUR]                       | 49.800   | 49.500  | 49.100  | 48.800  | 48.400  | 48.100  | 47.800  | 47.400  |

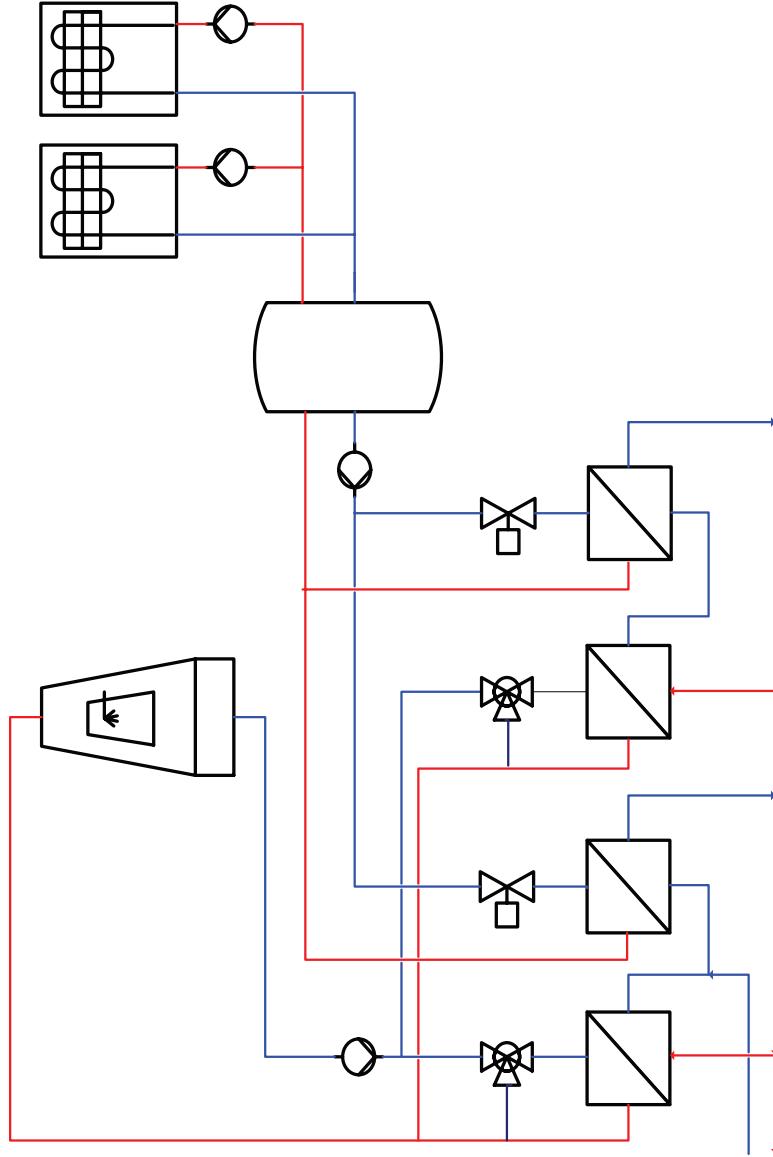
Eingabefelder  
Ergebnisfelder

26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

37



26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

38

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

26.01.2010

Technisches Seminar

J.Schultze

39