

Optimierungspotentiale bei der offenen Rückkühlung

12. Nov. 2013, Graz

Arbeitsziele

- Kostensenkung bei kleinen Nasskühltürmen
AKM: $Q_0 = 10 \text{ kW}$, $Q_{\text{RK}} = 26 \text{ kW}$
- Energieeffizienz durch geregelte EC – Technik
- Reduktion des Wasserverbrauches
- Vermeidung von Legionellen
- **Begrenzung der Wasserhärte**
- **Verbesserung der Systemverlässlichkeit**

12. Nov. 2013, Graz

Verfahrensprinzip

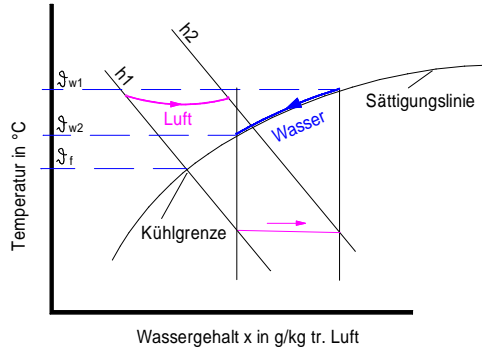
$$W * c * (\vartheta_{w1} - \vartheta_{w2}) = L * (h_2 - h_1)$$

W ... Wassermassefluss ... kg/h
 L ... Luftmassenflusskg/h

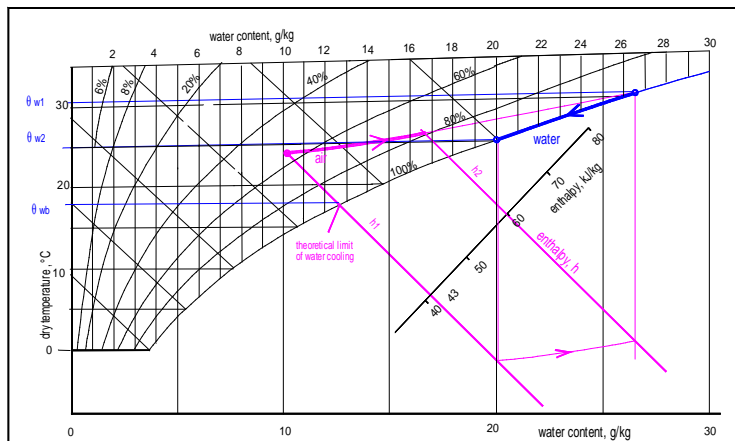
$$\eta = \frac{\vartheta_{w1} - \vartheta_{w2}}{\vartheta_{w1} - \vartheta_f}$$

η ... Abkühlungsgrad

12. Nov. 2013, Graz



h,x-(Mollier) Diagramm für feuchte Luft bei 1 bar



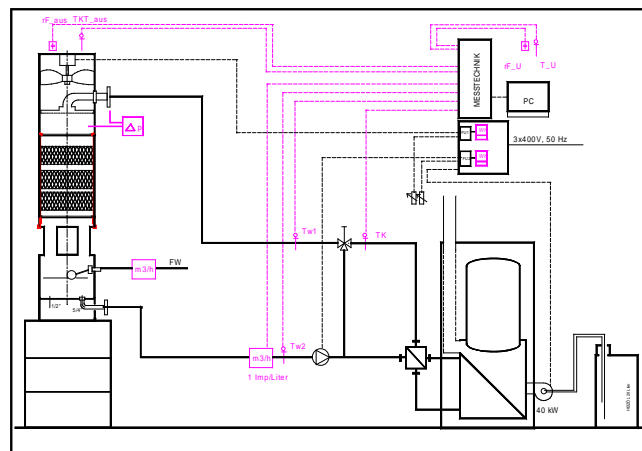
h,x-Diagramm mit Prozess "nasse Rückkühlung"

Basiswerte der Kühlleistung

- Kühlleistung: 30 kW, bei $t_f = 18\text{ °C}$
- Rückkühl-Wassermassenfluss: $W = 30.000 / (1,1607 \cdot 6) = 4.310\text{ kg/h}$
- Spez. Wasserverdunstung: $1/0,626 = 1,6\text{ kg Wasser/kWh Rückkühlung}$
- Stündlich verdunstete Wassermasse: $30 \cdot 1,6 = 48\text{ kg/h}$
(Zuzüglich Spritzverluste, Abschlammung)
- Stündliche Luftmassenfluss: $3.600\text{ m}^3/\text{h}$, d.s. 4.364 kg/h
- Differenz des abs. Wassergehaltes: $\Delta x = 11\text{ g/kg}$
- Ventilator: $3.600\text{ m}^3/\text{h}$ bei $\Delta p = 50\text{ Pa}$, 230 W_{el}

12. Nov. 2013, Graz

Verfahrenstechnische Arbeiten



12. Nov. 2013, Graz

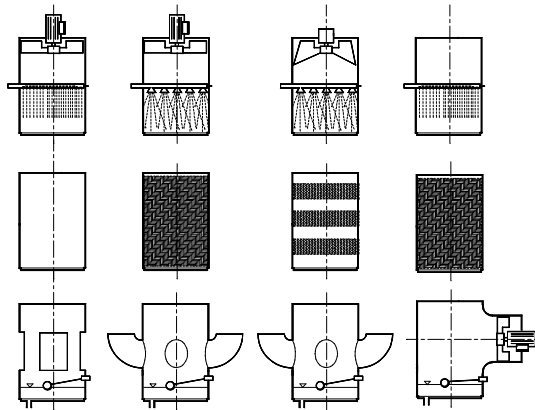
Verfahrenstechnik - Modulsystem

Material

- runde Rohre
- DM 400 – 500
- stapelbar
- austauschbar
- kostengünstig

Untersuchungsbereich

- Luft: 3.200 – 3.900 m³/h
- Wasser: 4000 – 4500 kg/h



12. Nov. 2013, Graz

Verfahrenstechnische Arbeiten



12. Nov. 2013, Graz



Messtechnik

- Gantermodule im Ritalschrank
- Datenbus mit Datenspeicherung am PC
- Datenexport nach EXCEL

12. Nov. 2013, Graz



**Verfahrenstechnische Arbeiten
August 2011**

- Beruhigungsstrecke
- Ventilator & Wasserauflage
- Kühlstrecke
- Luftzufuhr, Wasserstandregler
Wasserablauf
- Fuß

12. Nov. 2013, Graz

Projekt: Solar Cooling Opt

Podesser
Consulting

C



12. Nov. 2013, Graz

Projekt: Solar Cooling Opt

Podesser
Consulting

C



Verfahrenstechnische Arbeiten

Luftumlenkung gegen Spritzverluste
Ankopplung der Beruhigungsstrecke

12. Nov. 2013, Graz

Projekt: Solar Cooling Opt

Podesser
Consulting

C



Verfahrenstechnische Arbeiten 2012

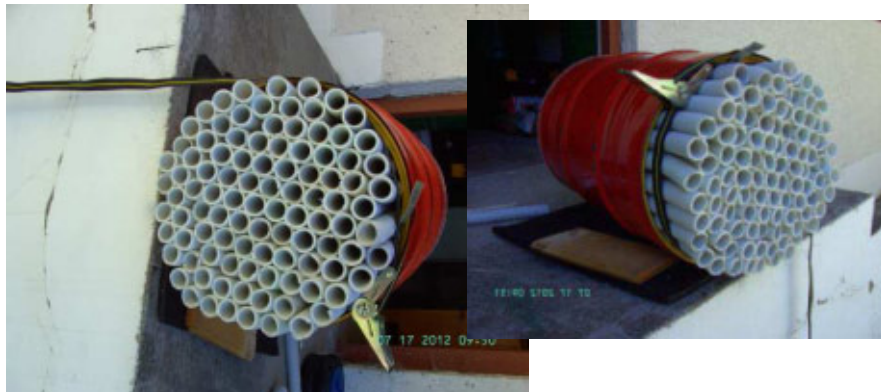
- EC-Motore mit höchsten Wirkungsgraden
- EC-Ventilator (Ziehl- ABEG)
- EC-Pumpe (WILO)
- 40 kW Wärmeerzeugung
- Messtechnik mit Ganter-Module
 - Pt 100 Vor/Rücklauf
 - Anzeige & Impulsgeber für Wassermenge
 - Anzeige & Impulsgeber Ventilatorarbeit
 - Anzeige & Impulsgeber für Pumparbeit
 - Temp. & rel. Feuchte Luft
 - Temp. & rel. Feuchte Abluft
 - Druckdifferenz Ventilator

12. Nov. 2013, Graz

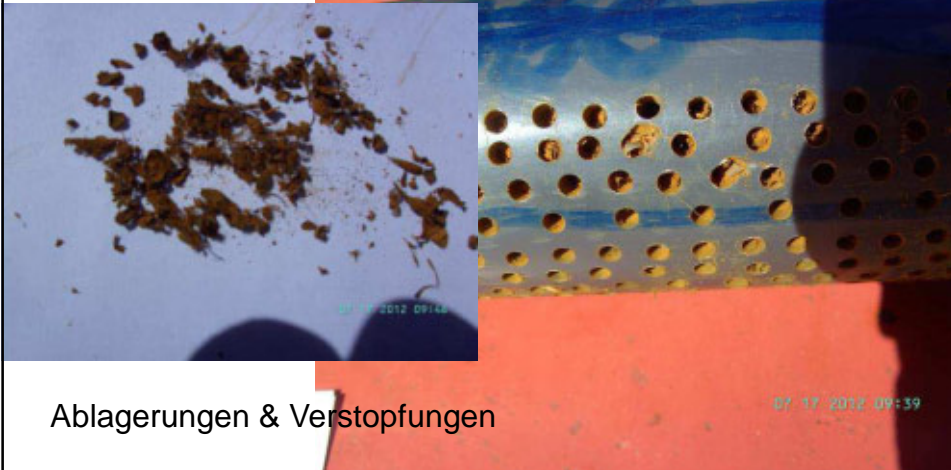
Projekt: Solar Cooling Opt

Podesser
Consulting

C



12. Nov. 2013, Graz



Ablagerungen & Verstopfungen

12. Nov. 2013, Graz

Ergebnisse der Entwicklungsphase 1 (bis August 2012)

Positiv

- ✓ Kostenziele werden erreicht
- ✓ Elektr. Energieaufwand entsprechend letztem Stand der Technik & Wirtschaft
- ✓ Wasserverbrauch & Hygiene: Elektronik in Arbeit

Negativ

- Kühlturmleistung zu klein (60%)
- Schlamm, Ablagerungen am Rieselkörper
- Druckverluste bei Luftmassenstrom hoch
- Verbesserungen bei Wasserverdüsung erforderlich

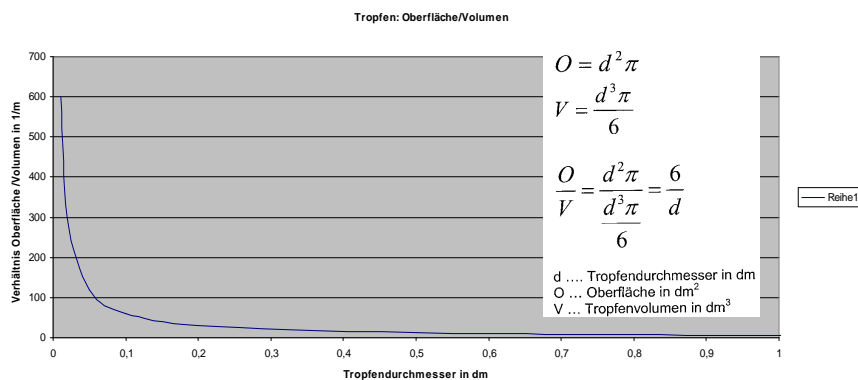
12. Nov. 2013, Graz

Geänderte Verfahrensziele (August 2012)

- Senkung der mittleren Luftgeschwindigkeit
- Kleinere Tropfendurchmesser
- Großflächiger, feinmaschiger Schmutzfänger
- Verbesserte Düsenteknik (Verstopfung, Tropfenform)
- **Keine Rieselkörper** (hygienische Gründe)
- Effizienter, kostengünstiger Tropfenabscheider
- Geänderte Gehäusekonstruktion

12. Nov. 2013, Graz

Tropfengröße: Verhältnis von Oberfläche zu Volumen



12. Nov. 2013, Graz

Projekt: Solar Cooling Opt

Podesser
Consulting

C

Düsentest



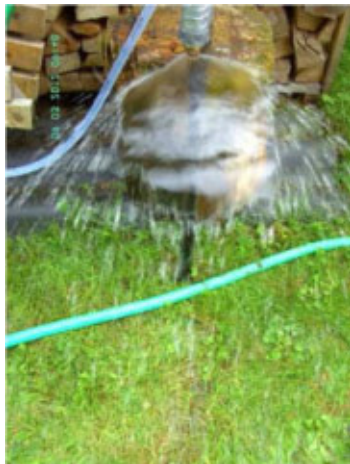
12. Nov. 2013, Graz

Projekt: Solar Cooling Opt

Podesser
Consulting

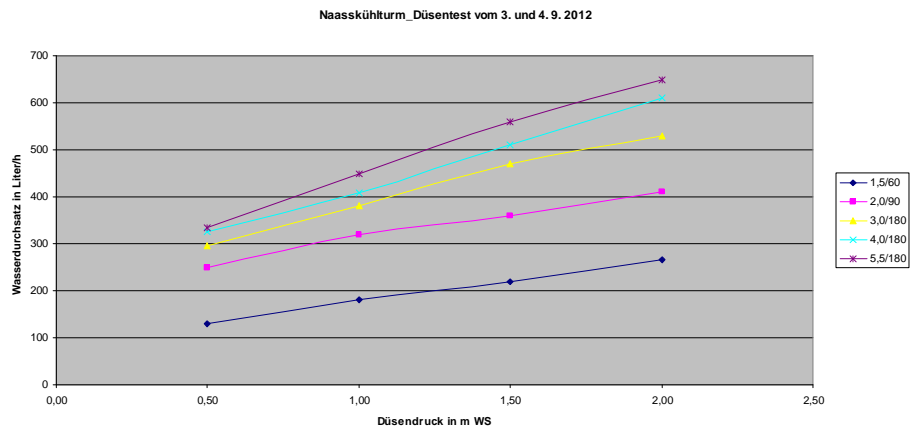
C

Düsentest



12. Nov. 2013, Graz

Ergebnisse aus Düsentest



12. Nov. 2013, Graz

Innenansicht

Korrosionsanstrich

Links:

Unterteil mit Ablauf,

Rechts:

Oberteil mit Düsen und
Tropfenabscheider



12. Nov. 2013, Graz

KT200, Testaufbau

- 200 Liter Ölfass
- einfache Ventilatormontage
- 2 " & ¾ " Auslass am Boden
- Korrosionsanstrich
- Teulfuge mit Schnapper
- Einmann-Montage



12. Nov. 2013, Graz

Ergebnisse vom September 2012

1. Messung

$q_1 = 29,5 \text{ °C}$; $q_2 = 23,2 \text{ °C}$, $q_{\text{Luft}} = 22,0 \text{ °C}$; $r_{\text{LF}} = 76,8\%$, $q_f = 18,6 \text{ °C}$

RK-Wasser: 10 Liter in 9,2s \rightarrow 3.913 L/h

$$Q = 1,16 * 3.913 * (29,5 - 23,2) = 28,5 \text{ kW}$$

2. Messung

$q_1 = 30,0 \text{ °C}$; $q_2 = 23,3 \text{ °C}$, $q_{\text{Luft}} = 22,0 \text{ °C}$; $r_{\text{LF}} = 76,8\%$, $q_f = 18,6 \text{ °C}$

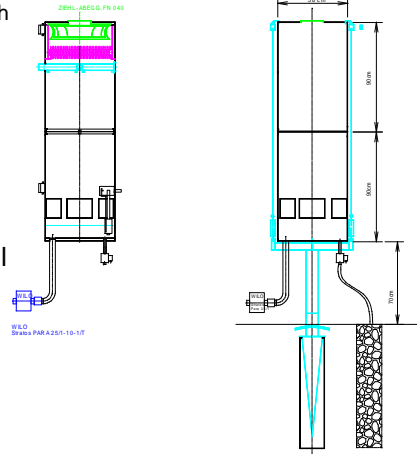
RK-Wasser: 10 Liter in 9,6 s \rightarrow 3.750 L/h

$$Q = 1,16 * 3.750 * (30,0 - 23,3) = 29,1 \text{ kW}$$

12. Nov. 2013, Graz

Offene Rückkühleinheit 30 kW_{th}

- 2 Stk 200 L Stahlblechfässer
- 1 Stk Ventilator mit EC-Motor
- 1 Stk Tropfenabscheider
- 1 Stk Düsenkreuz
- 8 Stk Düsen
- 1 Stk Schwimmerventil
- 1 Stk 3/4 " Auslass mit Magnetventil
- 1 Stk 2 " Auslass
- 4 Stk Elektro-Klemmdosen



12. Nov. 2013, Graz



12. Nov. 2013, Graz

**Reduktion von
Wasserverbrauch und der Wasserhärte**

Allgemeines

- Theoretisch ca. 1,6 Liter reines Wasser je kWh
- Eindicken der Härtebildner (Ca, Mg), Anstieg von dH °
- Leitwert ist Maß für die Gesamtzahl der Ionen ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
- Reinstwasser: 0,042 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dest. Wasser: 0,5... 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
Grundwasser: 100 ... 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Meerwasser: 45.000..55.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Methode

- Leitwertmessung & Leitwert-Begrenzung
- Sensor ist kommerziell verfügbar mit Kosten von ca. 500 €/Stück
- Absalzmengen: Grenz - Leitwert = 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
bei Regenwasser: ca. 10,5 L/h; bei Leitungswasser: ca. 34 L/h

Ziel

- Kostengünstige, kompensierte Leitwertmessung
- CE-Prüfzeichen

12. Nov. 2013, Graz

Betrieb des Ventilators

Ziel: Verlässlichkeit & Reduktion Energieverbrauch

- EC Motor-Drehzahlregelung über 0 ... 10 V= oder Potentiometer
- Hand/Automatik Betrieb
- Automatik für Teillast: Regelspannung ist Funktion der Rückkühltemperatur
- Handbetrieb: Potentiometer mit Skala (0 bis 100%)
- Maximale elektr. Leistungsaufnahme: 360 W bei $\Delta p_{aF} = 130 \text{ Pa}$, 4.100 m^3/h

12. Nov. 2013, Graz

Kühlturmhygiene (Vermeidung von Legionellen)

- Chemische Methoden
 - gut bekannte Technik (Schwimmbad)
 - bei großen Anlagen (Personaleinsatz)
- UV – Strahlen
 - kein Einfluss auf verborgene Bioschleime
 - fallweise Reinigung der Lampe erforderlich
- Metall – Ionen (Kupfer, Silber,...)
 - voll automatisierbar
 - Eigene Untersuchungen mit positivem Erfolg
 - Gute Ergebnisse bei JR-Projekt: INNOCOOL

12. Nov. 2013, Graz

Eigenuntersuchungen: Wirkung der Metall-Ionendesinfektion



12. Nov. 2013, Graz



Bestimmung der Gesamtkeimzahl

- a. Petrischalen
- b. Schnelltest



12. Nov. 2013, Graz

Vermeidung von Legionellen

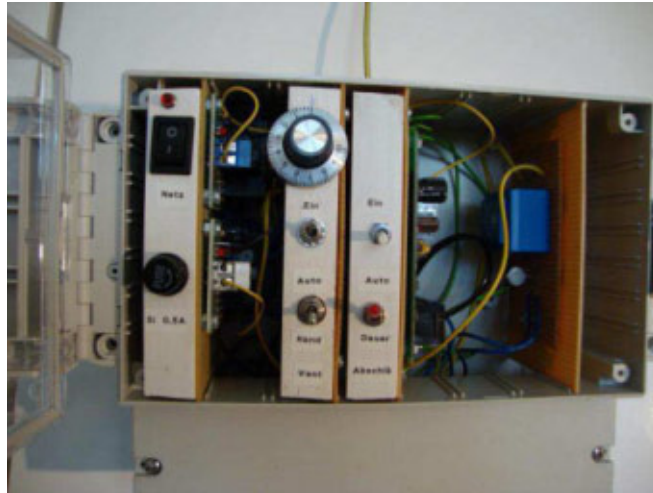
Integration in die elektronische Gesamtlösung



12. Nov. 2013, Graz

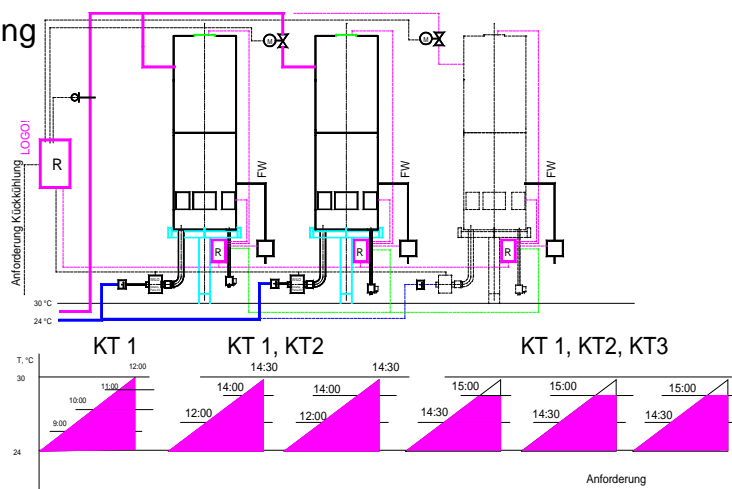
KT-Regelung

Im Standardgehäuse
 Einschub Netzadapter
 Einschub Drehzahlregler
 Einschub Leitwertregler
 Einschub Hygiene



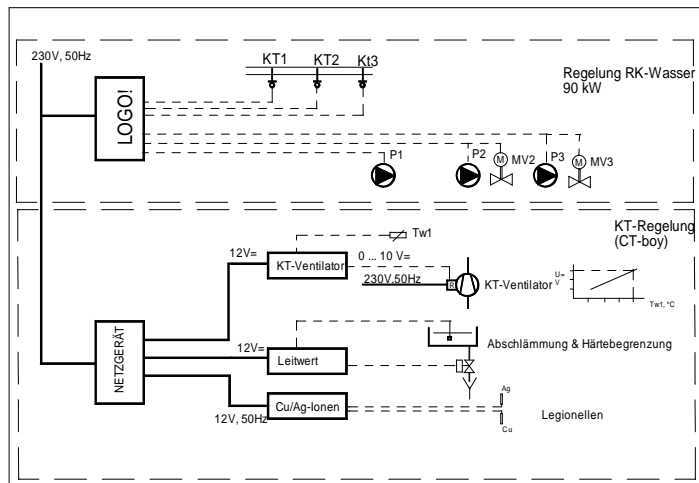
12. Nov. 2013, Graz

Rückkühlung
 60 kW
 (90 kW)



12. Nov. 2013, Graz

Regelung
Rückkühlung



12. Nov. 2013, Graz

Zusammenfassung

➤ **Verfahrensentwicklung**

- Leistungsnachweis (26 kW) & Kostenziel erreicht

➤ **Regelung** zu niedrigen Kosten

- EC-Motoren für Ventilator und Umwälzpumpe
- Ventilatorregelung (Hand/Automatik& Sensor)
- Leitwertmessung zur Abschlammung & Härtebegrenzung

➤ **Hygiene**

- Metallionen – Desinfektion
- Großflächige Schmutzsiebe
- Absetzflächen

➤ **Produkte:** Standardvariante 30 kW, Kunststoffvariante 60 kW

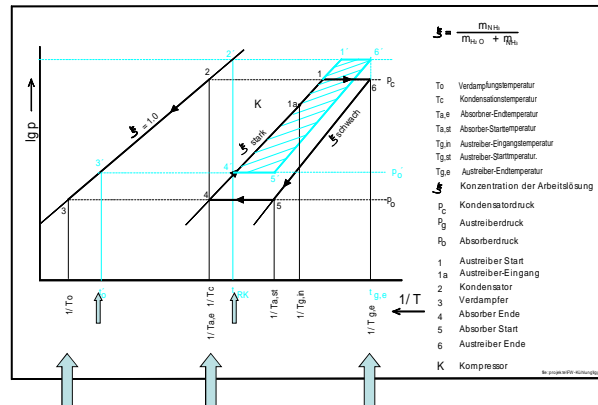
➤ **Weiter Entwicklung (?)**:

- Nasskühlturm ohne Ventilator
- Tropfenimpulse zur Luftbewegung

12. Nov. 2013, Graz

Rückkühlleistung
zu klein:

- Kond.- Druck steigt
- Verd.- Druck steigt
- Verd.-Temp. steigt
- Kälteleistung sinkt



12. Nov. 2013, Graz