

## Optimierungspotentiale bei der offenen Rückkühlung

12. Nov. 2013, Graz

### Arbeitsziele

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

12. Nov. 2013, Graz

Verfahrensprinzip

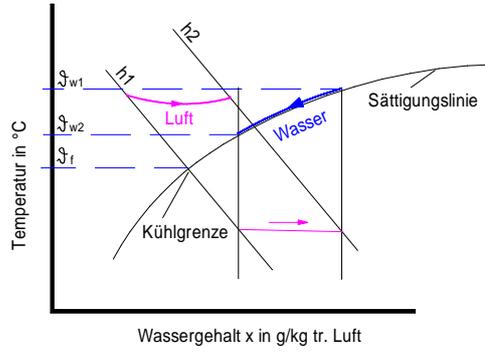
$$W * c * (\vartheta_{w1} - \vartheta_{w2}) = L * (h_2 - h_1)$$

W ... Wassermassefluss ... kg/h  
 L ... Luftmassenfluss .....kg/h

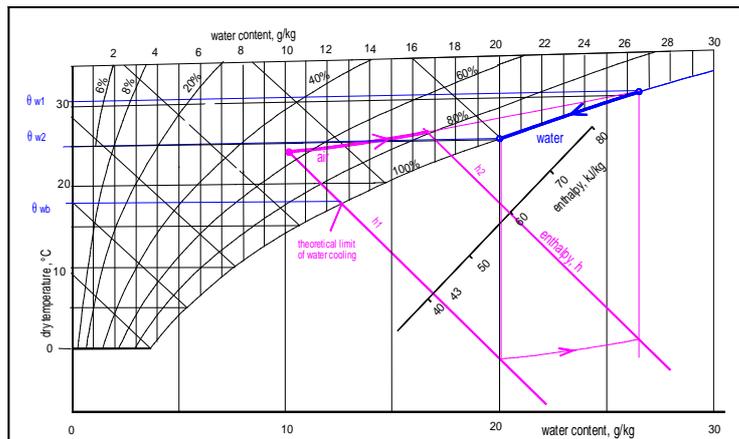
$$\eta = \frac{\vartheta_{w1} - \vartheta_{w2}}{\vartheta_{w1} - \vartheta_f}$$

η ... Abkühlungsgrad

12. Nov. 2013, Graz



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



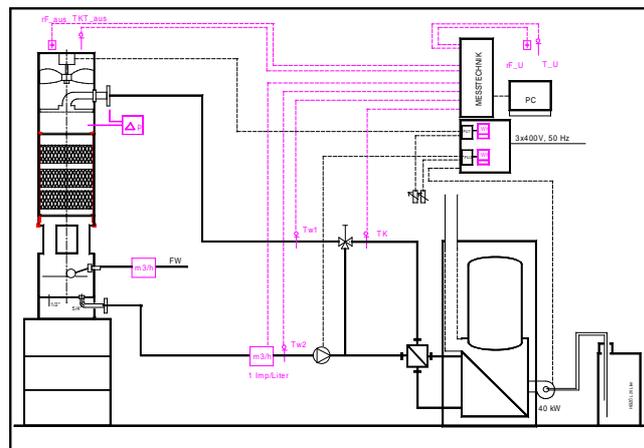
h,x-Diagramm mit Prozess "nasse Rückkühlung"

### 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.  $4.364\text{ kg/h}$
- Differenz des abs. Wassergehaltes:  $\Delta x = 11\text{ g/kg}$
- Ventilator:  $3.600\text{ m}^3/\text{h}$  bei  $\Delta p = 50\text{ Pa}$ ,  $230\text{ W}_{el}$

12. Nov. 2013, Graz

### Verfahrenstechnische Arbeiten



12. Nov. 2013, Graz

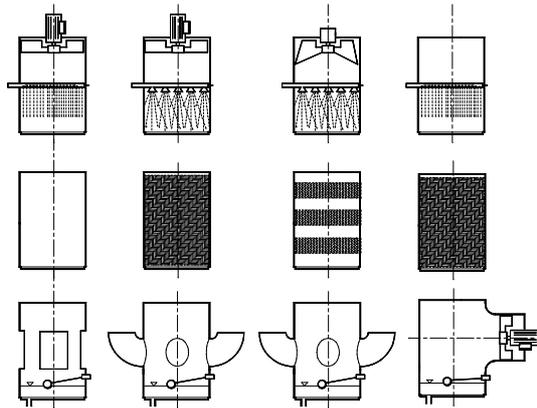
### Verfahrenstechnik - Modulsystem

Material

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

Untersuchungsbereich

- Luft: 3.200 – 3.900 m<sup>3</sup>/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



12. Nov. 2013, Graz

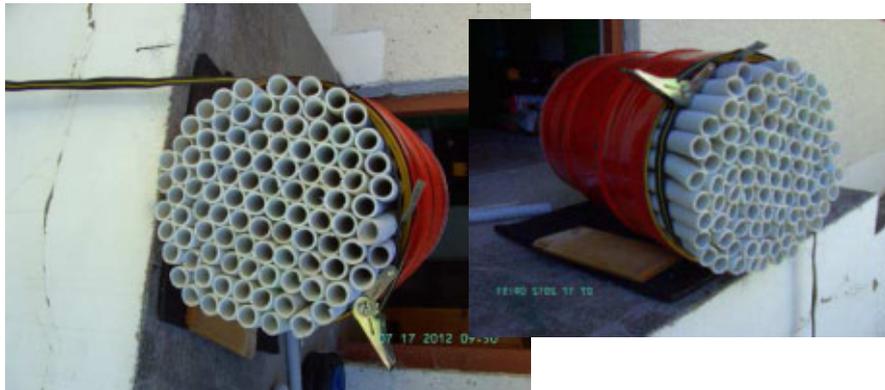
### Verfahrenstechnische Arbeiten 2012

- 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

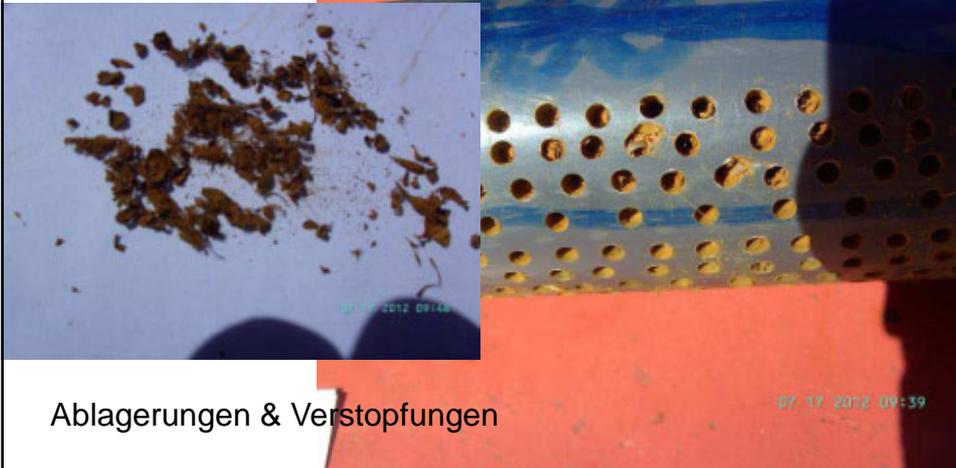
## Projekt: Solar Cooling Opt

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

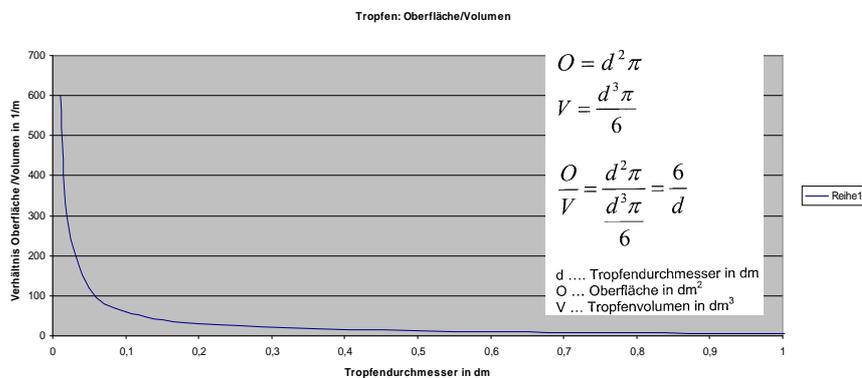
12. Nov. 2013, Graz

**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

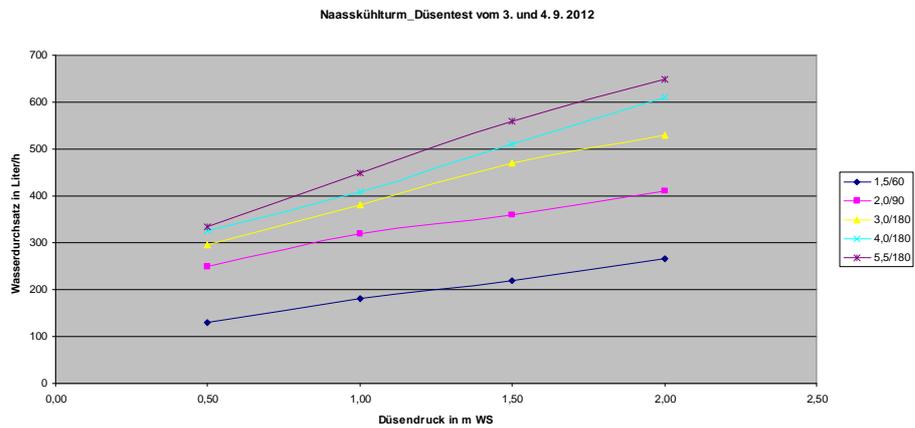
C

**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 → 3.913 L/h

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

#### 2. Messung

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

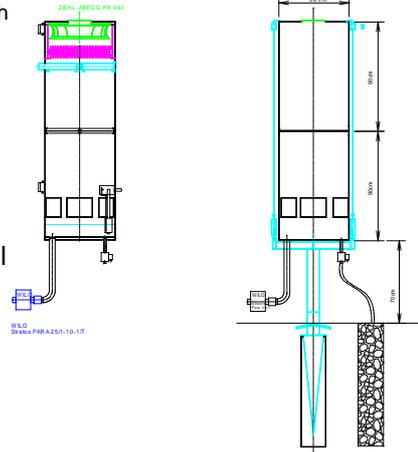
RK-Wasser: 10 Liter in 9,6 s → 3.750 L/h

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

12. Nov. 2013, Graz

Offene Rückkühleinheit 30 kW<sub>th</sub>

- 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  $\text{m}^3/\text{h}$

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**

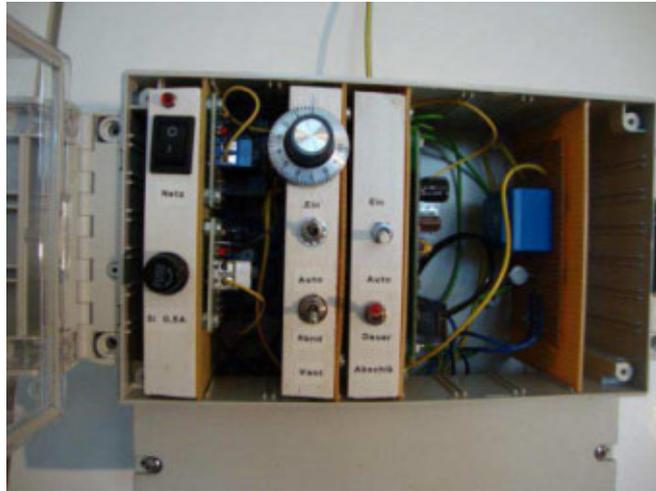
Integration in die elektronische Gesamtlösung



12. Nov. 2013, Graz

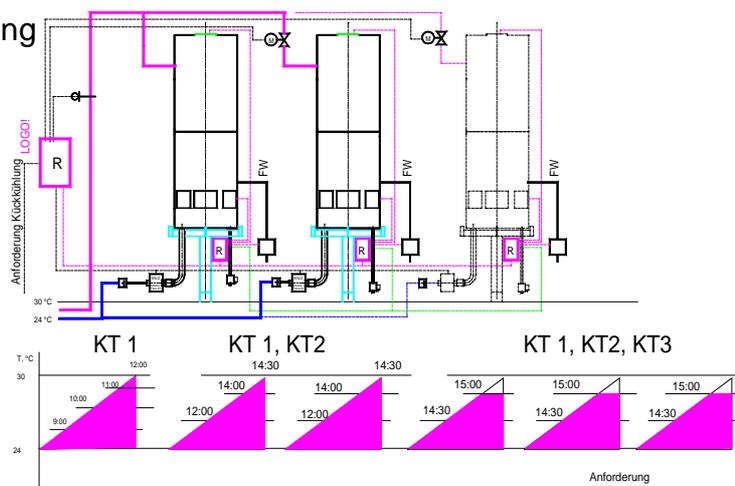
**KT-Regelung**

Im Standardgehäuse  
 Einschub Netzadapter  
 Einschub Drehzahlregler  
 Einschub Leitwertregler  
 Einschub Hygiene



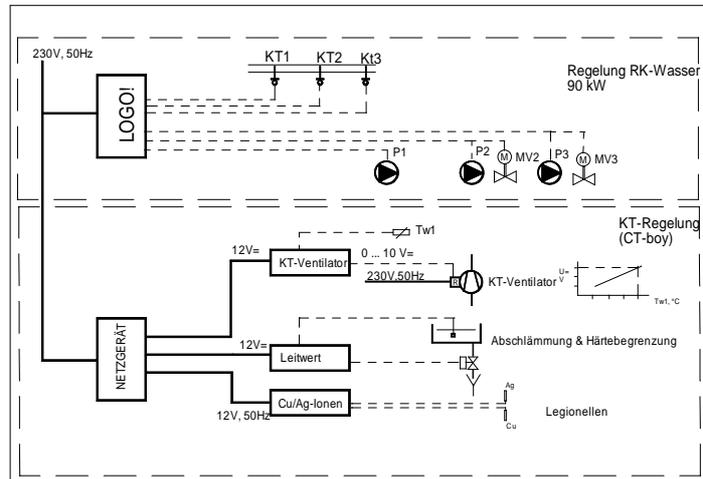
12. Nov. 2013, Graz

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

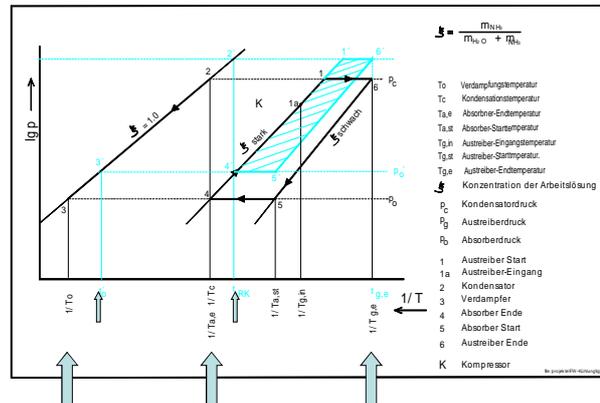
➤ **Weiter Entwicklung (?)**:

- 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