Kälteanlagenbranche im Umbruch

Umstellung oder Nachfüllung von R 404A Anlagen

Nicht nur eine Gewissensfrage?!

Kälteanlagenbranche im Umbruch

CoolTool Technology GmbH
Kruppstr. 184
D-47229 Duisburg
Info@cooltool-technology.de

- Planungs- und Berechnungssoftware
- Diagnose, Monitoring- und Messsysteme
- Effizienzmessungen
- Schulungen für natürliche Kältemittel
- Planungen für Anlagenbau und -sanierung

Kälteanlagenbranche im Umbruch

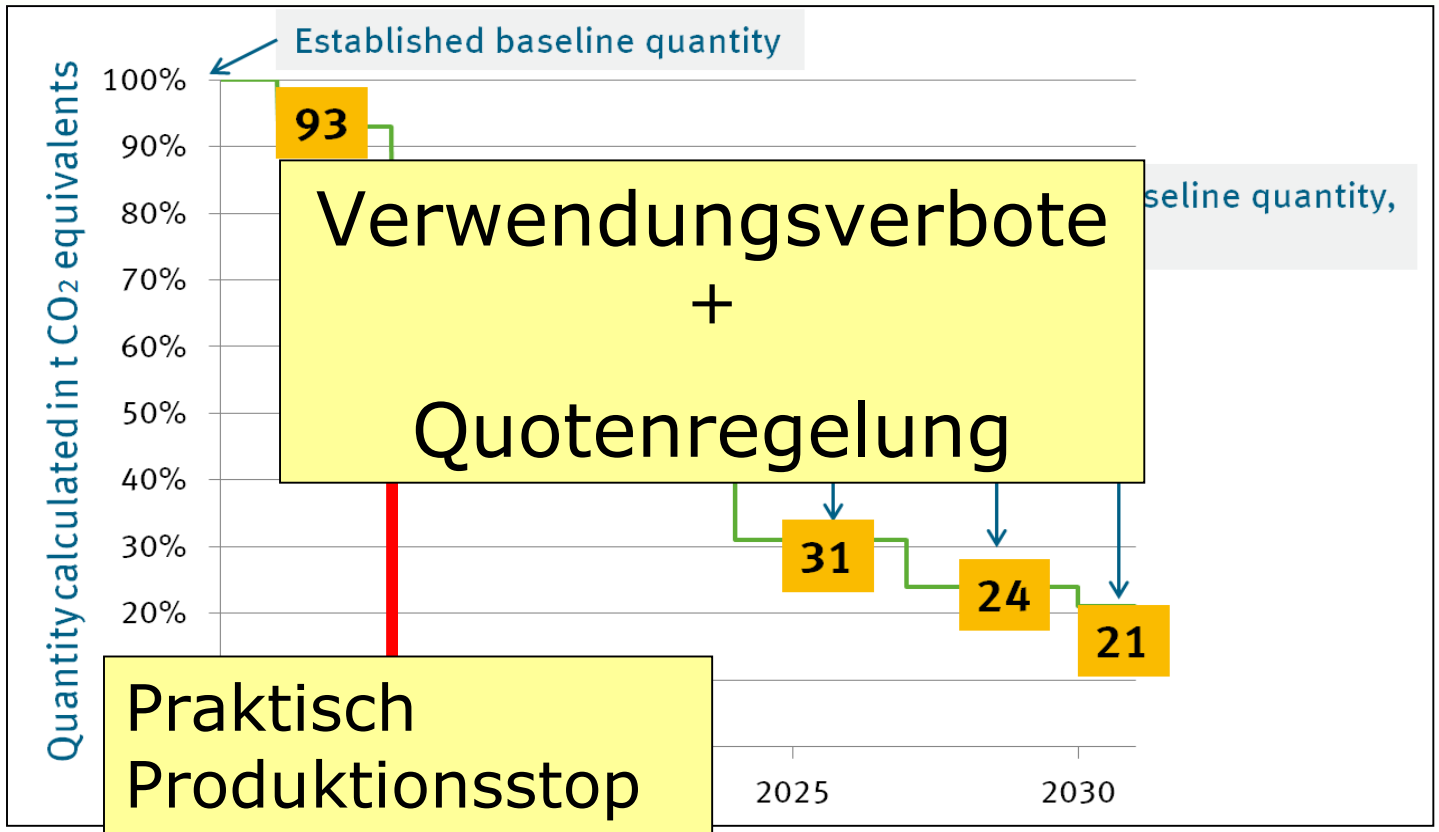
1. Einführung und Grundlagen
2. Umstellung im Anlagenbestand
3. Optimierung im Anlagenbestand
4. Technologien und Konzepte
5. Beurteilung Kosten/Nutzen

Kälteanlagenbranche im Umbruch

F-Gas-Verordnung 517/2014

- Veröffentlichung erfolgte im Frühjahr 2014
- Gültig ab 1.1.2015
- Betrifft vor allem R 404A und R 507
  da GWP über 2500
- Verwendungsverbote ab 2020/2022

Kälteanlagenbranche im Umbruch



Zukünftige Mengen an „GWP" Tonnagen die in den Markt gebracht werden dürfen.

Kälteanlagenbranche im Umbruch

Quotenregelung in der F-Gas-Verordnung 517/2014:

- ab 1.1.2018 darf nur noch 63% der GWP Tonnage in den Markt gebracht werden

- Macht Verwendungsverbote eigentlich überflüssig...

Kälteanlagenbranche im Umbruch

Es ist keine Gewissensfrage...

Betreiberpflichten:

- Regelmäßige Dichtheitskontrollen
- Reparatur von Leckagen
- Allgemeine Emissionsminderungspflicht
- Alternative Möglichkeiten:

Niedrig GWP Kältemittel

Aktuelle Situation, Umstellung auf niedrig GWP

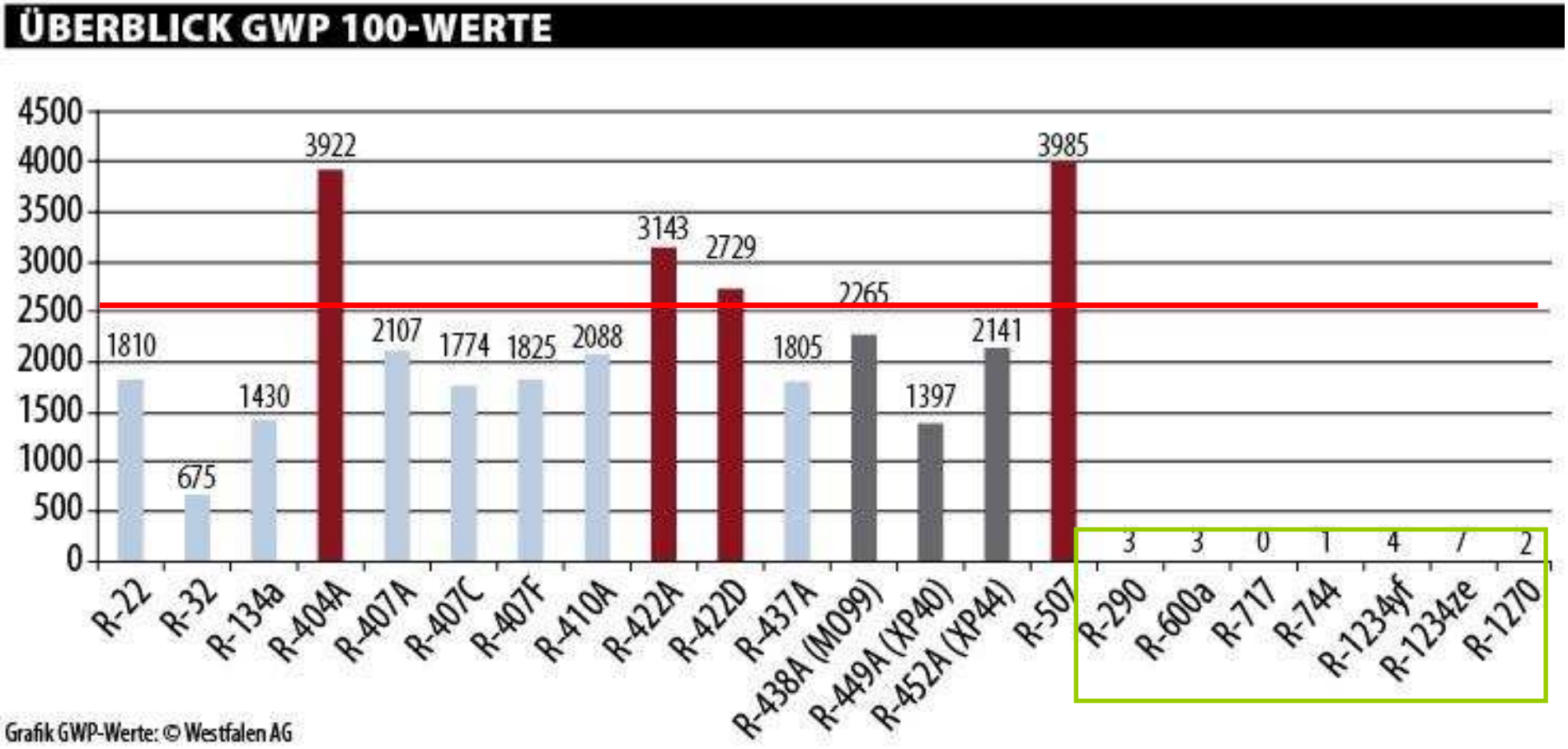
Was kann eingesetzt werden:

		GWP
- Bestandkältemittel	R 404A/R 507	3922
- Servicekältemittel mit GWP < 2500	R 407F	1825
	R 427A	1830
	R 448A	1386
	R 449A	1397
	R 452A	2140
	R 455A	148
	R 460A	2103

GWP Werte von aktuellen Kältemitteln
Vergleich der verfügbaren Tonnagen

Konsequenz der Limitierung der CO_2 Äquivalente,
Es darf in den Verkehr gebracht werden:

1.000 kg R404A oder **2.149** kg R 407F oder **2.807** kg R 449A oder **1.307.333** kg R 290



Aktuelle Situation, Umstellung auf niedrig GWP

Alternative:
Umstellung auf Niedrig GWP Kältemittel

Eigenschaften im Vergleich zu R 404A/R 507:

- Servicekältemittel R 407F/ R 427A/ R 448A...
  haben ähnliche Drucklagen

- Servicekältemittel R 407F/ R 427A/ R 448A...
  haben ähnliche volumetrische Kälteleistungen

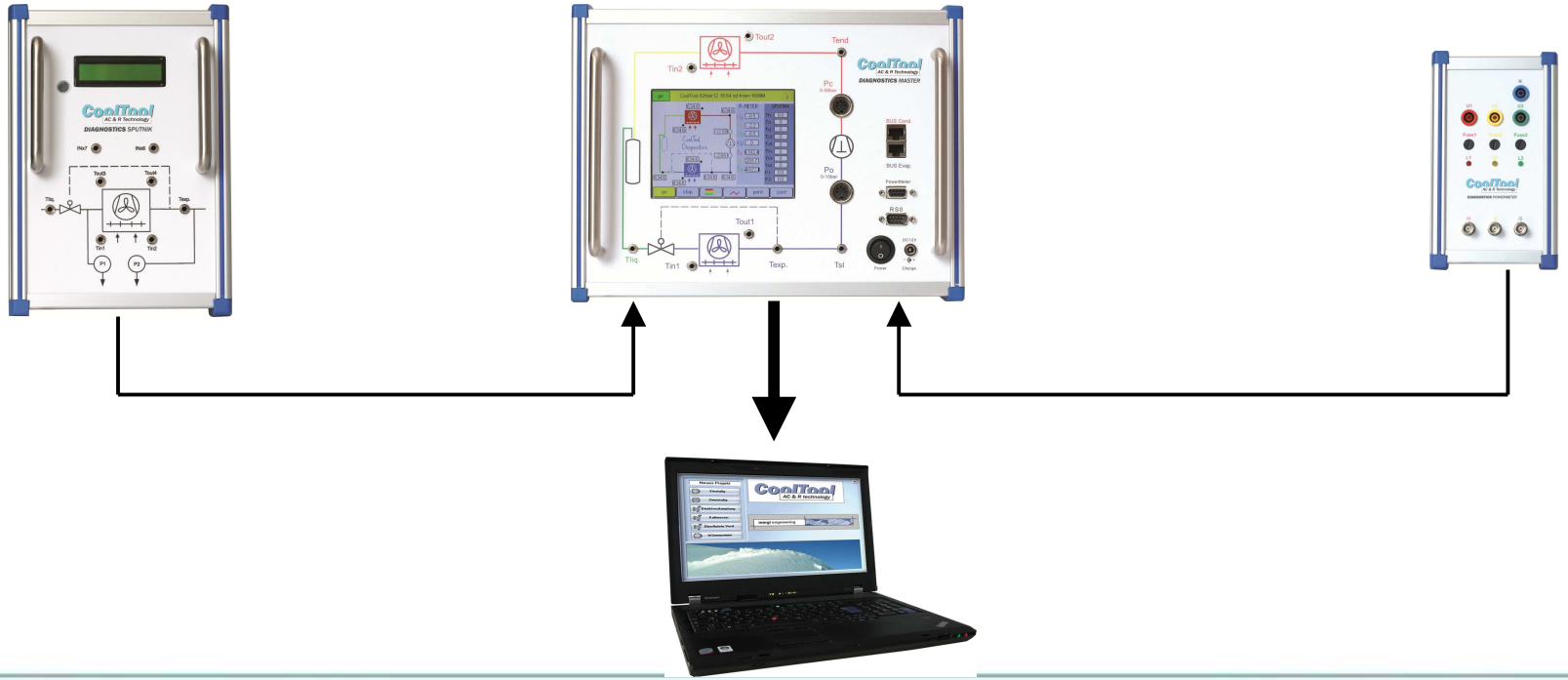
Also: Einfach austauschen!?

Systemaufbau „Plug and Play“

Satellit
2x Druck
6x Temperatur

Masterbox
2x Druck
8x Temperatur

Powermeter
3x Strom
4x Spannung



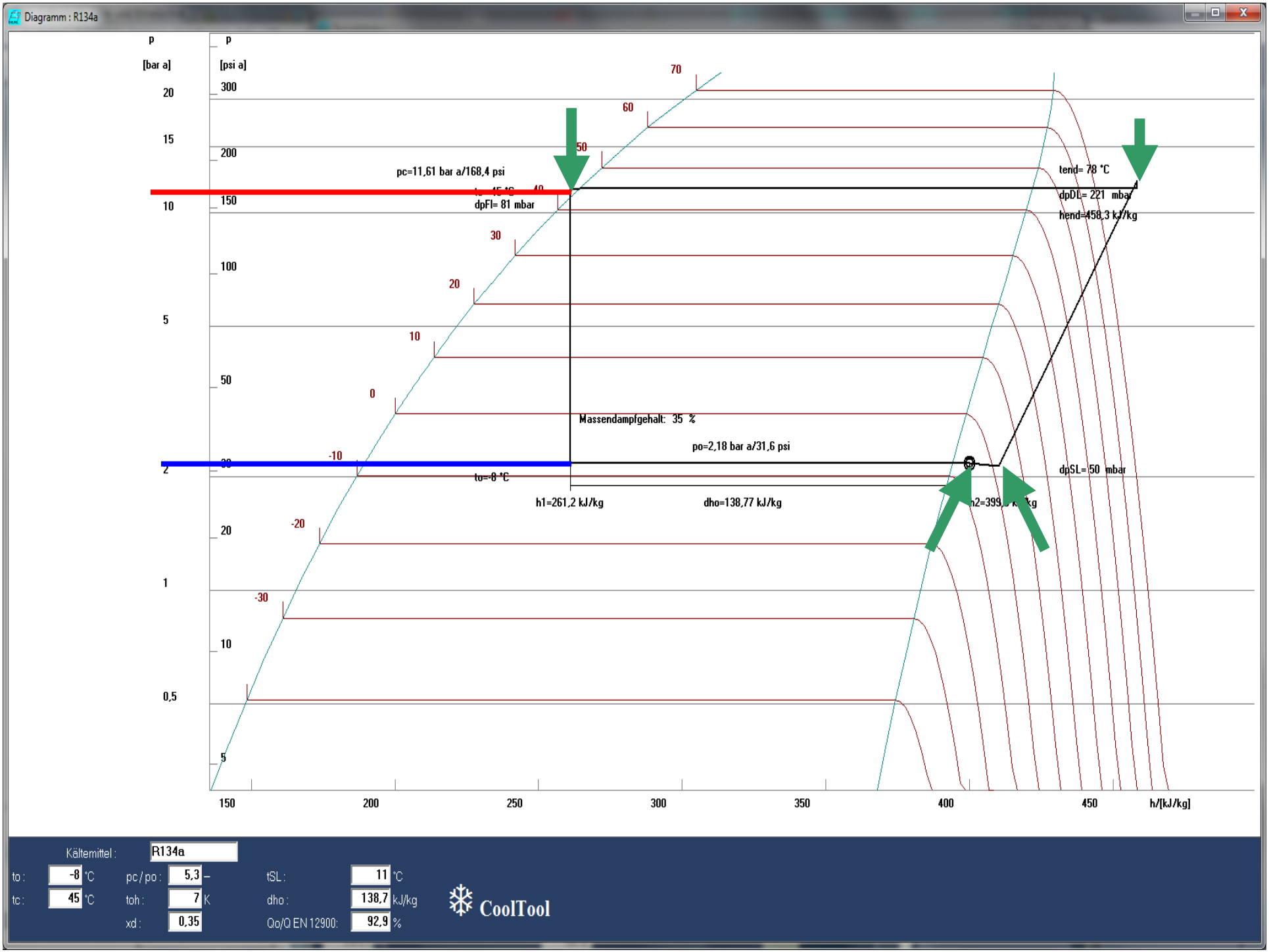
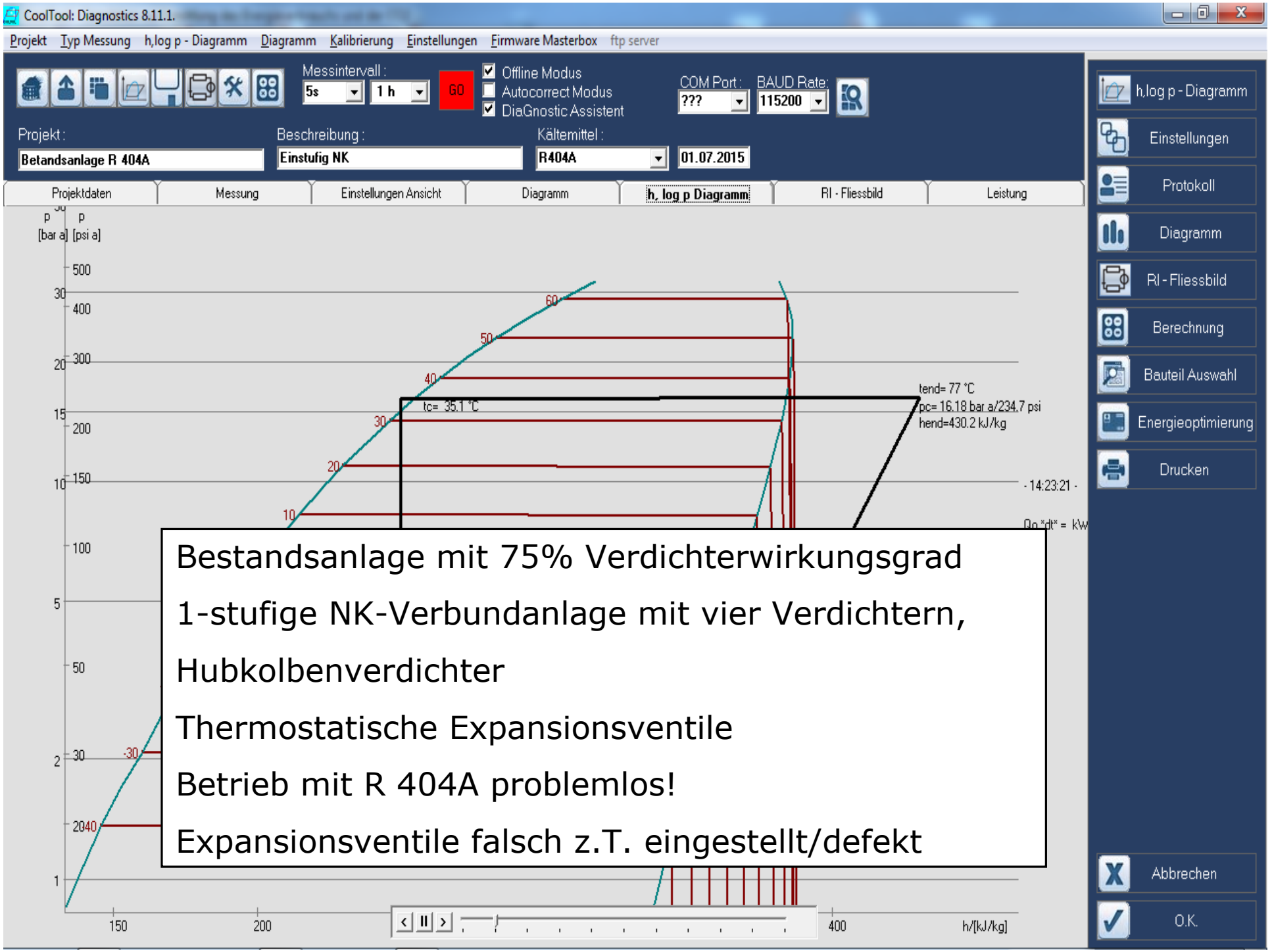


Diagramm : R134a
p
[bar a]
p
[psi a]
20
15
10
5
2
1
0,5
300
200
150
100
50
20
10
5
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
pc=11,61 bar a/168,4 psi
dpFl= 81 mbar
tend= 78 °C
dpDL= 221 mbar
hend=458,3 kJ/kg
Massendampfgehalt: 35 %
po=2,18 bar a/31,6 psi
dpSL= 50 mbar
to=-8 °C
h1=261,2 kJ/kg
dho=138,77 kJ/kg
150
200
250
300
350
400
450
h/[kJ/kg]
Kältemittel :
R134a
to :
-8
°C
tc :
45
°C
pc / po :
5,3
–
toh :
7
K
xd :
0,35
tSL :
11
°C
dho :
138,7
kJ/kg
Qo/Q EN 12900:
92,9
%
CoolTool



Bestandsanlage mit 75% Verdichterwirkungsgrad

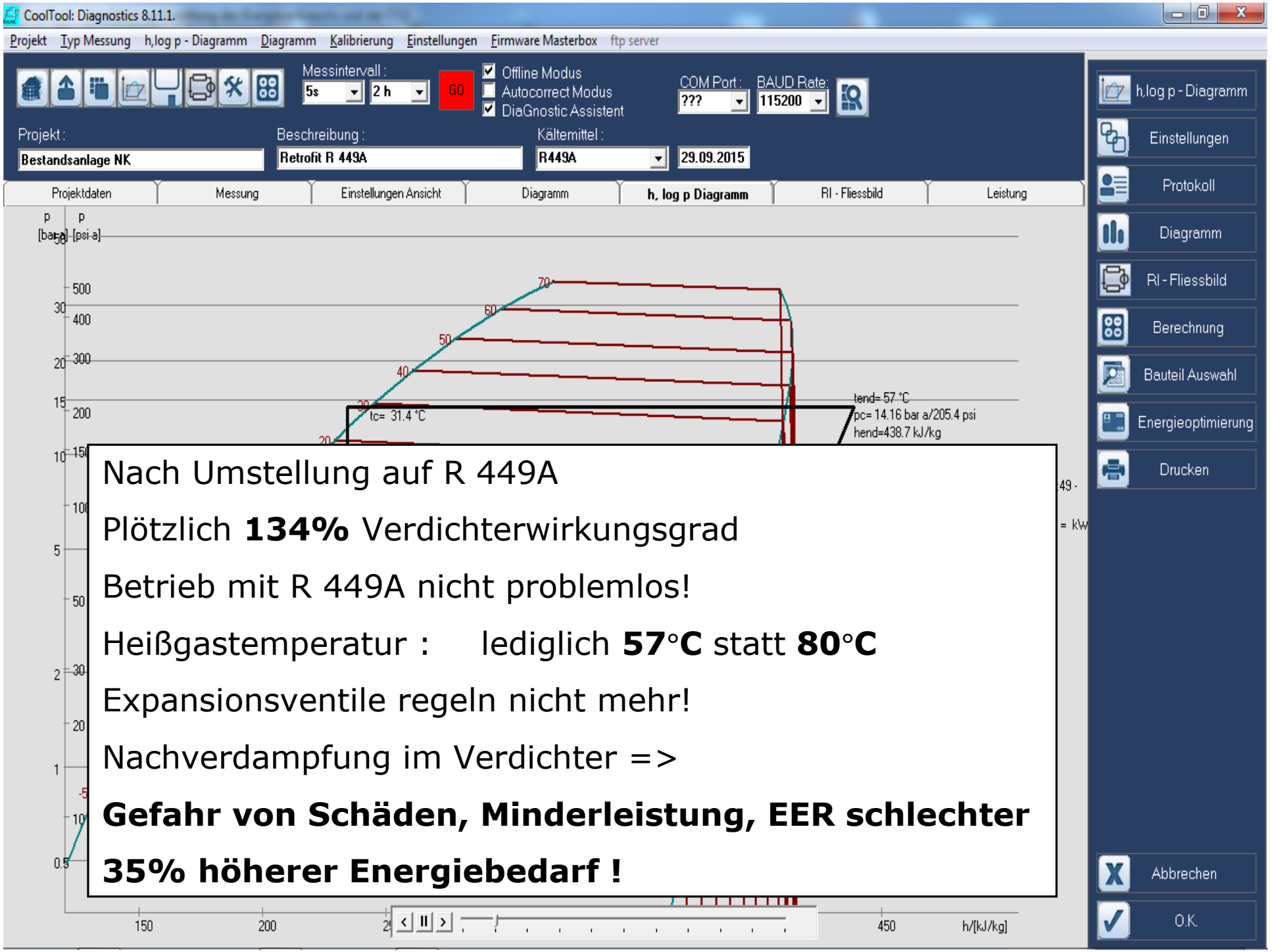
1-stufige NK-Verbundanlage mit vier Verdichtern,

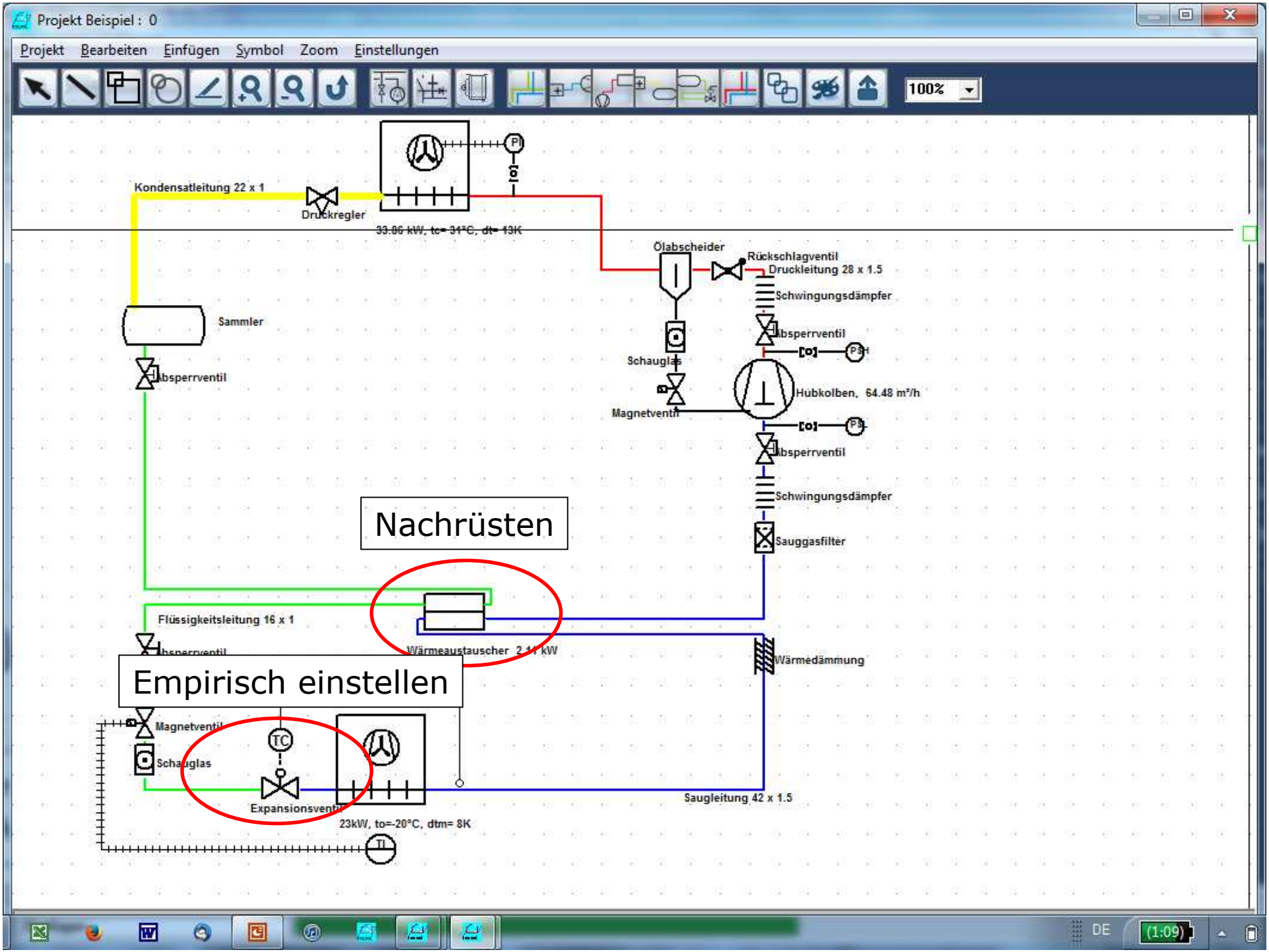
Hubkolbenverdichter

Thermostatische Expansionsventile

Betrieb mit R 404A problemlos!

Expansionsventile falsch z.T. eingestellt/defekt


CoolTool: Diagnostics 8.11.1.
Projekt Typ Messung h,log p - Diagramm Diagramm Kalibrierung Einstellungen Firmware Masterbox ftp server
Messintervall :
5s
2 h
GO
Offline Modus
Autocorrect Modus
DiaGnostic Assistent
COM Port :
???
BAUD Rate:
115200
Projekt :
Bestandsanlage NK
Beschreibung :
Retrofit R 449A
Kältemittel :
R449A
29.09.2015
Projektdaten
Messung
Einstellungen Ansicht
Diagramm
h, log p Diagramm
RI - Fliessbild
Leistung
h,log p - Diagramm
Einstellungen
Protokoll
Diagramm
RI - Fliessbild
Berechnung
Bauteil Auswahl
Energieoptimierung
Drucken
Abbrechen
O.K.
p [bar a]
p [psi a]
tc= 31.4 °C
tend= 57 °C
pc= 14.16 bar a/205.4 psi
hend=438.7 kJ/kg
h/[kJ/kg]
Nach Umstellung auf R 449A
Plötzlich 134% Verdichterwirkungsgrad
Betrieb mit R 449A nicht problemlos!
Heißgastemperatur : lediglich 57°C statt 80°C
Expansionsventile regeln nicht mehr!
Nachverdampfung im Verdichter =>
Gefahr von Schäden, Minderleistung, EER schlechter
35% höherer Energiebedarf !


Projekt Beispiel : 0
Projekt Bearbeiten Einfügen Symbol Zoom Einstellungen
100%
Kondensatleitung 22 x 1
Druckregler
33.86 kW, tc= 31°C, dt= 13K
Ölabscheider
Rückschlagventil
Druckleitung 28 x 1.5
Schwingungsdämpfer
Absperrventil
Schauglas
Magnetventil
Hubkolben, 64.48 m³/h
Absperrventil
Schwingungsdämpfer
Sauggasfilter
Sammler
Absperrventil
Nachrüsten
Flüssigkeitsleitung 16 x 1
Absperrventil
Wärmeaustauscher 2.11 kW
Wärmedämmung
Empirisch einstellen
Magnetventil
Schauglas
Expansionsventil
23kW, to=-20°C, dtm= 8K
Saugleitung 42 x 1.5
DE
(1:09)

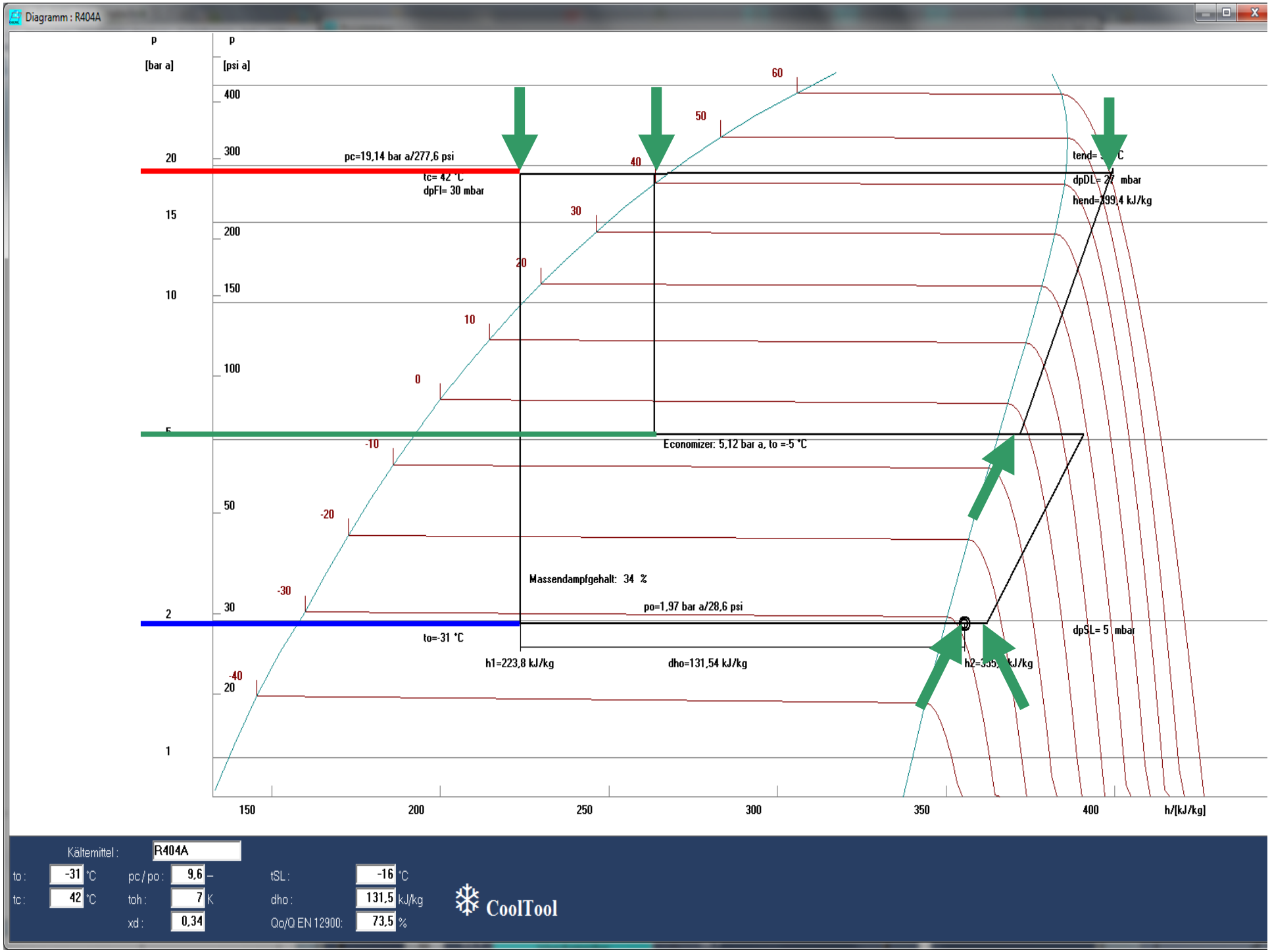
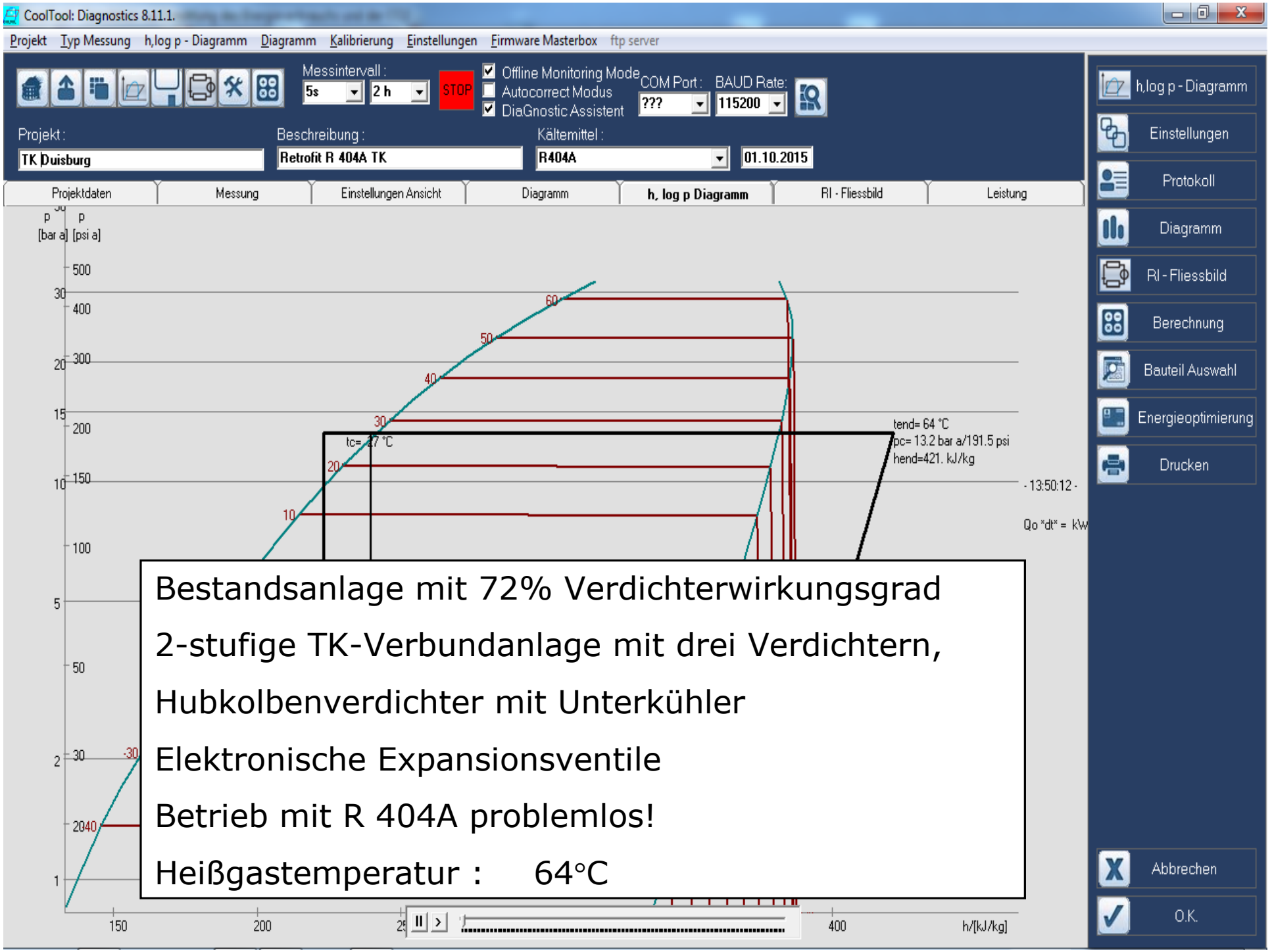


Diagramm : R404A
p
[bar a]
p
[psi a]
400
300
200
150
100
50
30
20
20
15
10
5
2
1
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
pc=19,14 bar a/277,6 psi
tc= 42 °C
dpFl= 30 mbar
tend=
C
dpDL= 27 mbar
hend=299,4 kJ/kg
Economizer: 5,12 bar a, to =-5 °C
Massendampfgehalt: 34 %
po=1,97 bar a/28,6 psi
dpSL= 5 mbar
to=-31 °C
h1=223,8 kJ/kg
dho=131,54 kJ/kg
h2=
kJ/kg
150
200
250
300
350
400
h/[kJ/kg]
Kältemittel :
R404A
to :
-31
°C
pc / po :
9,6
–
tSL :
-16
°C
tc :
42
°C
toh :
7
K
dho :
131,5
kJ/kg
xd :
0,34
Qo/Q EN 12900:
73,5
%
CoolTool



Bestandsanlage mit 72% Verdichterwirkungsgrad

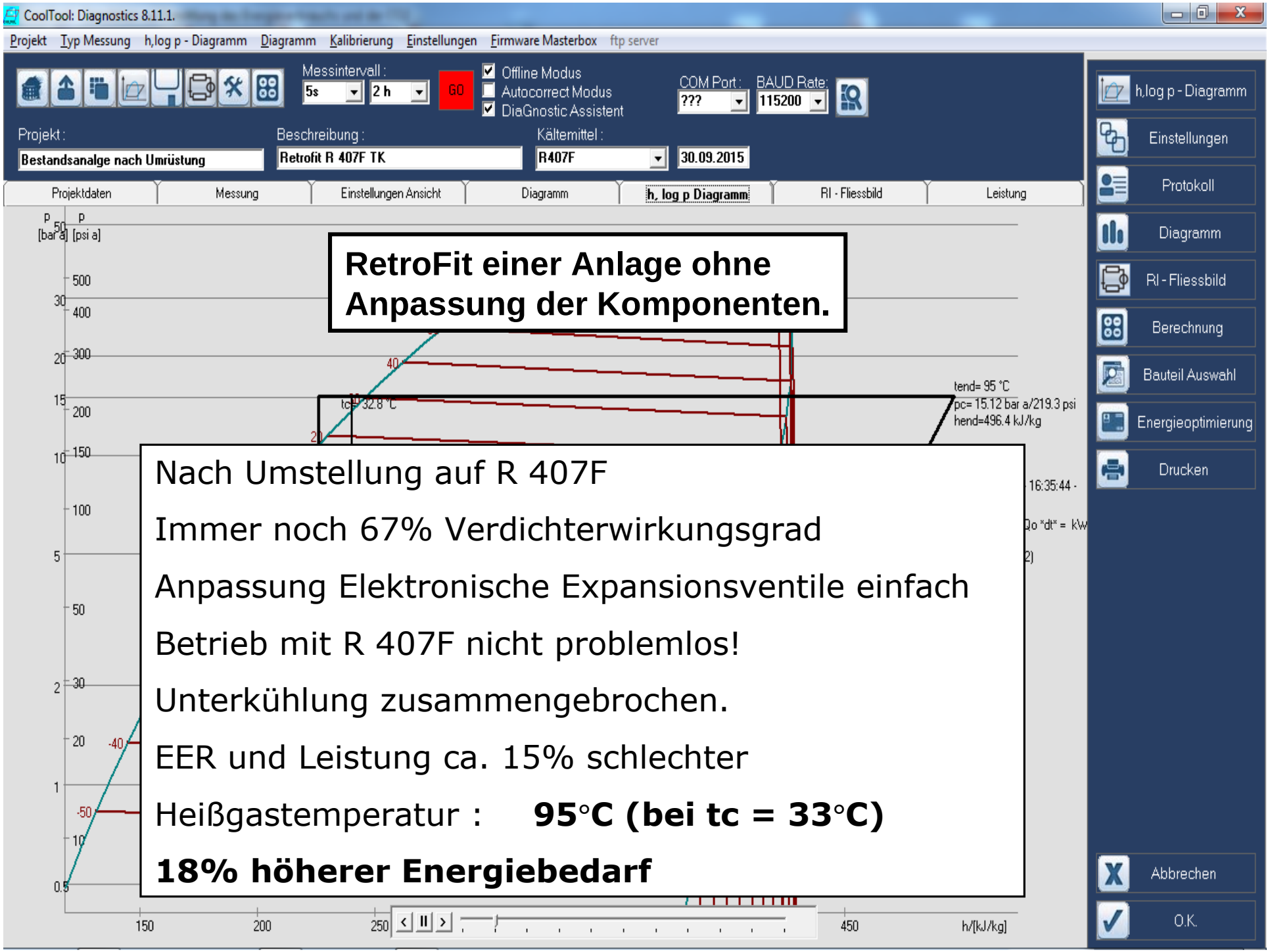
2-stufige TK-Verbundanlage mit drei Verdichtern,

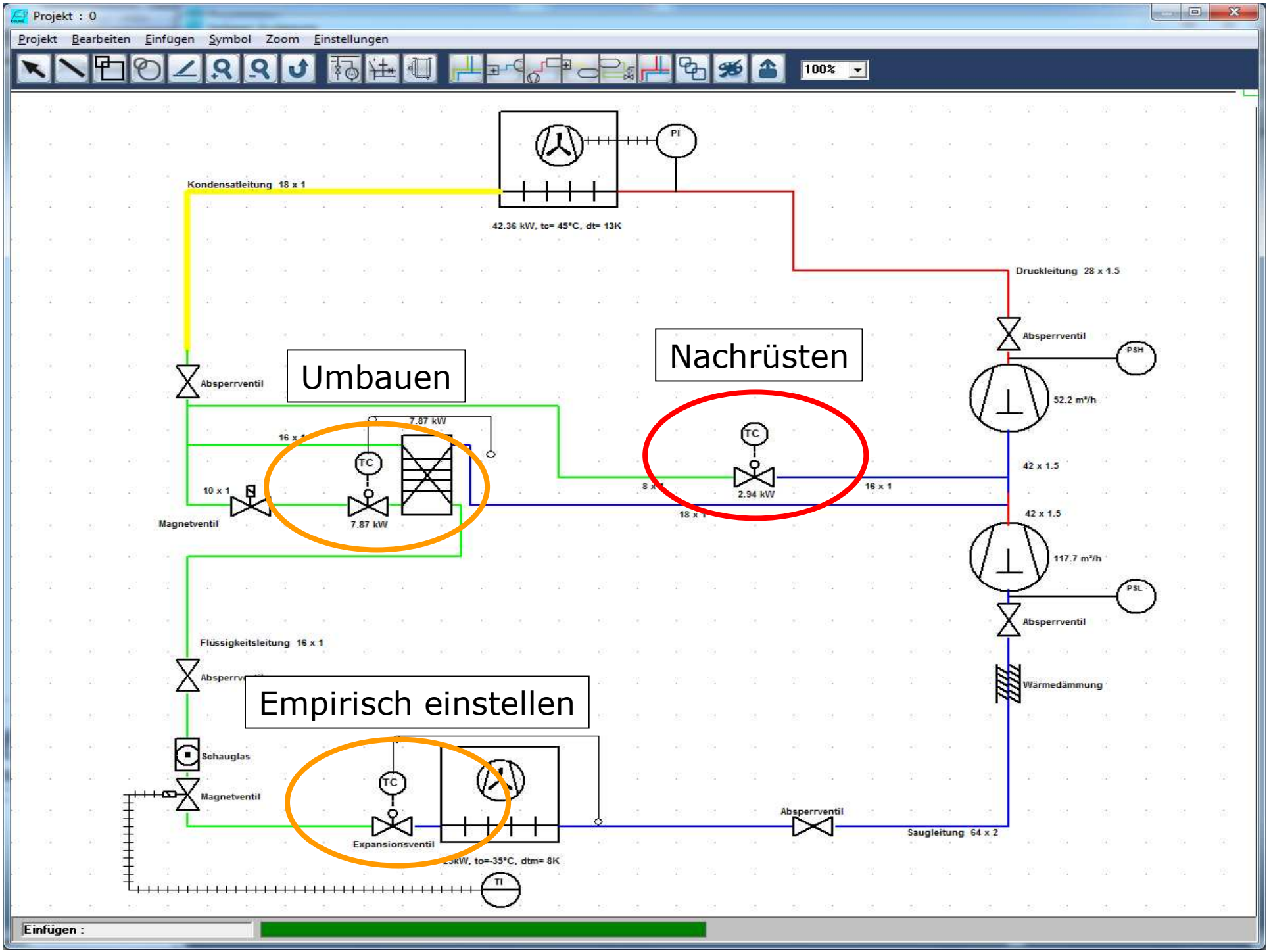
Hubkolbenverdichter mit Unterkühler

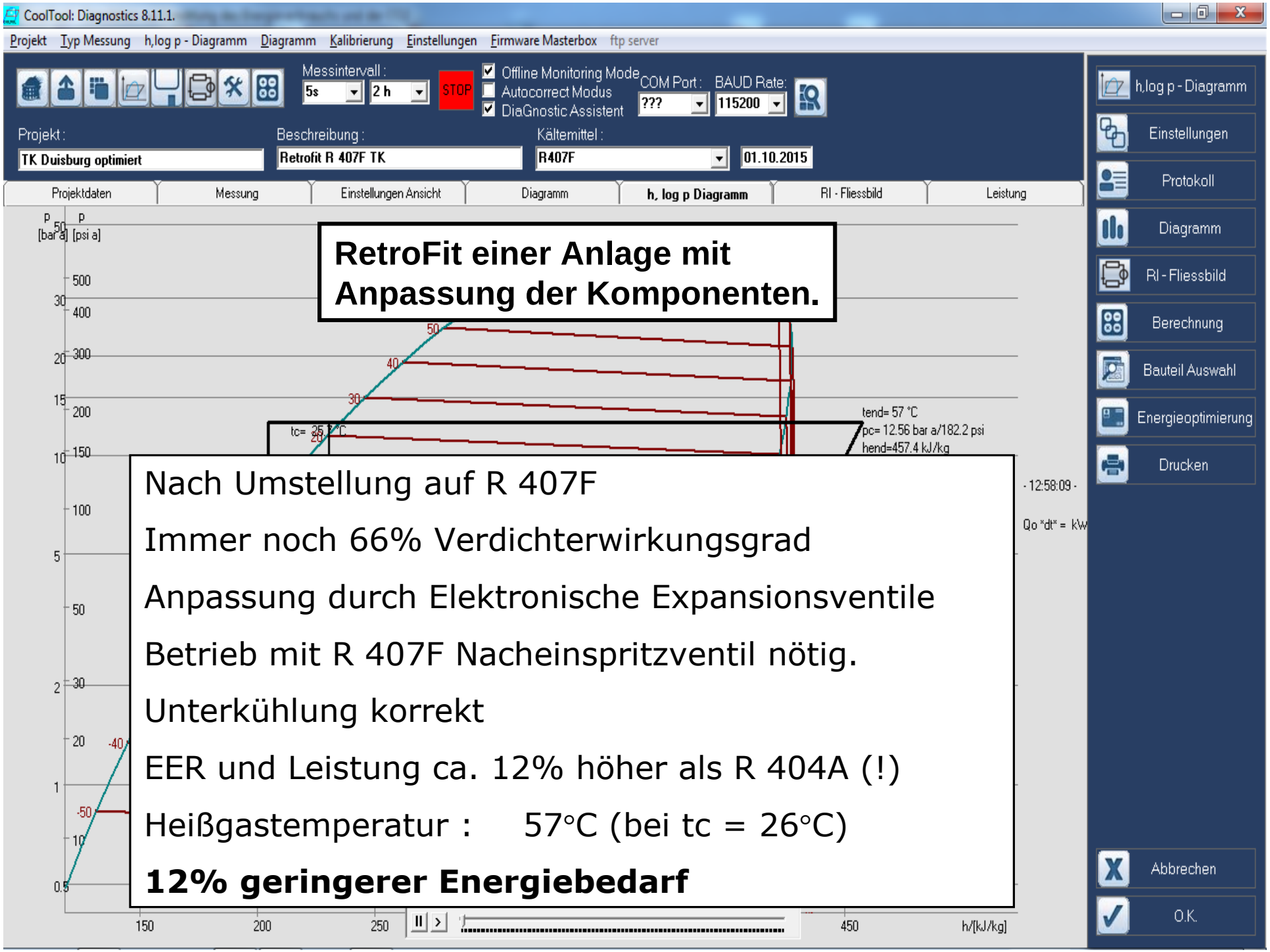
Elektronische Expansionsventile

Betrieb mit R 404A problemlos!

Heißgastemperatur : 64°C


CoolTool: Diagnostics 8.11.1.
Projekt
Typ Messung
h,log p - Diagramm
Diagramm
Kalibrierung
Einstellungen
Firmware Masterbox
ftp server
Messintervall :
5s
2 h
GO
Offline Modus
Autocorrect Modus
DiaGnostic Assistent
COM Port :
???
BAUD Rate:
115200
Projekt :
Bestandsanalge nach Umrüstung
Beschreibung :
Retrofit R 407F TK
Kältemittel :
R407F
30.09.2015
Projektdaten
Messung
Einstellungen Ansicht
Diagramm
h, log p Diagramm
RI - Fliessbild
Leistung
p [bar a]
p [psi a]
RetroFit einer Anlage ohne Anpassung der Komponenten.
tend= 95 °C
pc= 15.12 bar a/219.3 psi
hend=496.4 kJ/kg
Nach Umstellung auf R 407F
Immer noch 67% Verdichterwirkungsgrad
Anpassung Elektronische Expansionsventile einfach
Betrieb mit R 407F nicht problemlos!
Unterkühlung zusammengebrochen.
EER und Leistung ca. 15% schlechter
Heißgastemperatur : 95°C (bei tc = 33°C)
18% höherer Energiebedarf
h/[kJ/kg]
h,log p - Diagramm
Einstellungen
Protokoll
Diagramm
RI - Fliessbild
Berechnung
Bauteil Auswahl
Energieoptimierung
Drucken
Abbrechen
O.K.


Projekt : 0
Projekt Bearbeiten Einfügen Symbol Zoom Einstellungen
100%
PI
Kondensatleitung 18 x 1
42.36 kW, tc= 45°C, dt= 13K
Druckleitung 28 x 1.5
Absperrventil
PSH
52.2 m³/h
Umbauen
Nachrüsten
Absperrventil
7.87 kW
16 x 1
TC
10 x 1
Magnetventil
7.87 kW
8 x 1
TC
2.94 kW
16 x 1
18 x 1
42 x 1.5
42 x 1.5
117.7 m³/h
PSL
Absperrventil
Flüssigkeitsleitung 16 x 1
Wärmedämmung
Empirisch einstellen
Schauglas
Magnetventil
TC
Expansionsventil
Absperrventil
Saugleitung 64 x 2
TI
Einfügen :



Nach Umstellung auf R 407F

Immer noch 66% Verdichterwirkungsgrad

Anpassung durch Elektronische Expansionsventile

Betrieb mit R 407F Nacheinspritzventil nötig.

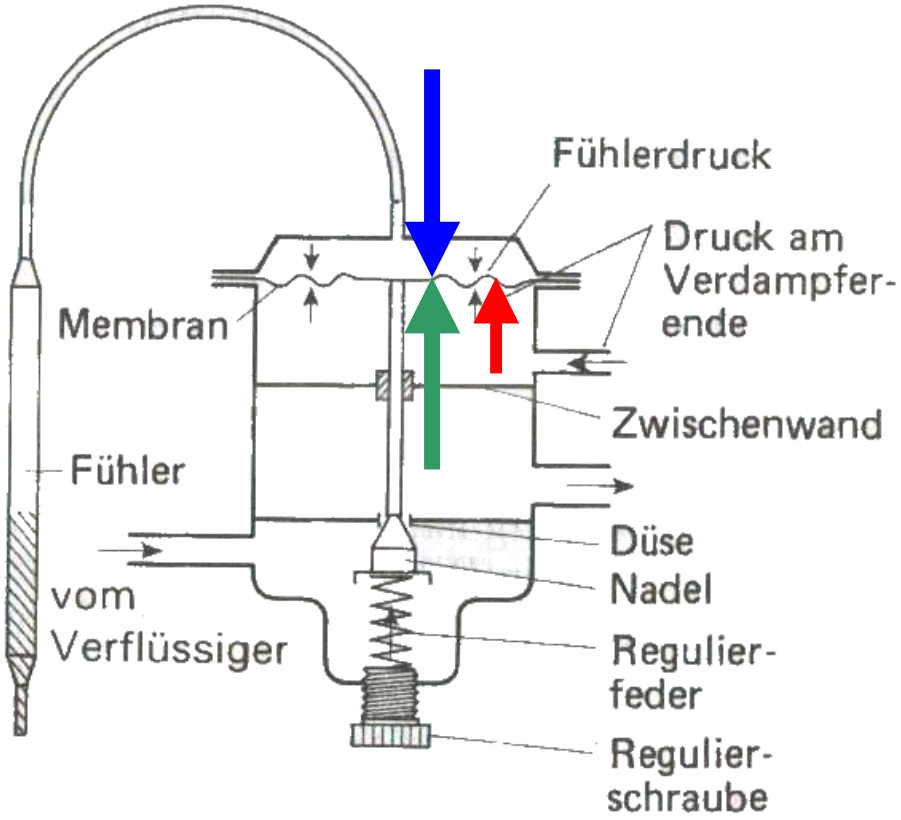
Unterkühlung korrekt

EER und Leistung ca. 12% höher als R 404A (!)

Heißgastemperatur : 57°C (bei tc = 26°C)

12% geringerer Energiebedarf

Eigenschaften von Ersatzkältemitteln



Überhitzungsregelung ist nicht konstant

Entmischung bei

- Teillast
- mehreren Kühlstellen
- Leckagen

Hochdruck schwankt stark

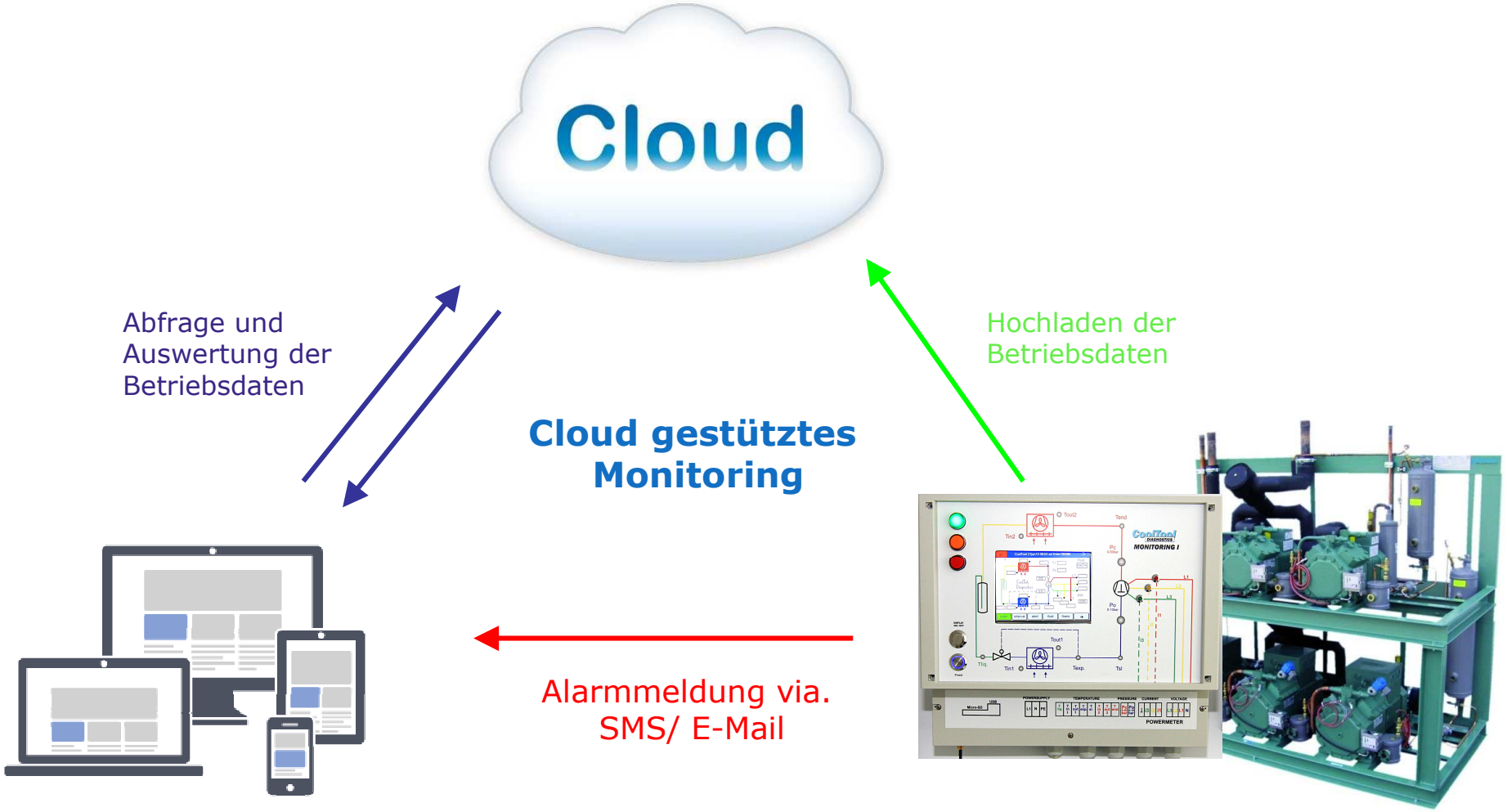
Eigenschaften von Ersatzkältemitteln

Konsequenzen für die Praxis bei Service:

Servicekältemittel einfach einfüllen.....?????

- Servicekältemittel R 407F/ R 427A/ R 448A... haben ähnliche volumetrische Kälteleistungen
- Massenströme werden kleiner
- Prüfen der Verdichtungsendtemperatur
- Rohrnetz problemlos
- Freigabe der Komponenten

Überwachung mit Monitoring Systemen



Überwachung mit Monitoring Systemen

Anwendungsbeispiel mit durchgeführter Sanierung

	R404A Ist-Zustand (11/2012)	R404A Soll-Zustand 1 nach Sanierung Thermost. E- Ventile (10/2013)	R404A Soll-Zustand 2 nach Sanierung Elektr. E- Ventile (Theoretisch)
Kälteleistung TK /[kW]	320	445	445
Differenz			
Minderbedarf /[%]		**33,9**	**36,4**
Einsparung [t CO2/ a]*		**247,2**	**265,3**

Einsparung 71.900 €/a

Reparatur/Umbaukosten 24.000 €

Amortisation: 4 Monate

Eigenschaften von Ersatzkältemitteln

Konsequenzen für Anlagenbau:

- Z.T. Übergang bei TK Anwendungen auf Zweistufige Verdichtung
- Akkurates Justieren aller Regelkomponenten
- Insbesondere der Nacheinspritzventile im Zwischendruck
- Verflüssigerleistungen müssen angepasst werden
- evtl. Nachrüstung von Wärmetauschern

Kälteanlagenbranche im Umbruch

Szenario:

Verbund - Kälteanlage NK 400 kg R 404A

Undichtigkeiten auf der Verdampferseite

Leckagerate 50kg/Jahr

Soll nur noch 3 Jahre laufen

Nachfüllkosten bis einschl. 2016:

ca. € 3000/Jahr

Kälteanlagenbranche im Umbruch

Verbund - Kälteanlage NK 400 kg R 404A

Leckagerate 50kg/Jahr,

Betriebskosten 625.000 kWh/ 99.800 €/a

Weiter nachfüllen, R 404A verfügbar, Szenario 1:

2017	ca. € 8.000	(R404A 50 kg á € 140/kg)
2018	ca. € 17.000	(R404A 50 kg á € 350/kg)
2019	ca. € 35.000	(R404A 50 kg á € 650/kg)
2020	Gesamtkosten **369.600 €**	

Kälteanlagenbranche im Umbruch

Verbund - Kälteanlage NK 400 kg R 404A

Leckagerate 50kg/Jahr,

Betriebskosten 625.000 kWh/ 99.800 €/a

Nachfüllen, R 404A NICHT verfügbar, Szenario 2:

2017	ca. € 8.000	(R404A 50 kg á € 140/kg)
2018	ca. € 10.000 + 42.000	(R407F 400 kg á € 100/kg)
2019	ca. € 7.000	(R407F 50 kg á € 120/kg)
2020	Gesamtkosten **366.400 €**	

Kälteanlagenbranche im Umbruch

Verbund - Kälteanlage NK 400 kg R 404A

Geplante Umrüstung Szenario 3:

2017 Beseitigung der Leckagen, Umbau der EXP – Ventile, Installation Monitoring System, Energieoptimierung

Neue Befüllung mit R 407F (400 kg á € 60 kg),

Kosten ca. € 38.000

Betriebskosten 480.000 kWh/ 82.800 €/a

2020 Gesamtkosten **285.400 €**

Kälteanlagenbranche im Umbruch

Neubau Kälteanlage R 290 mit 3 x 17 kg

Geplante Umrüstung Szenario 4:

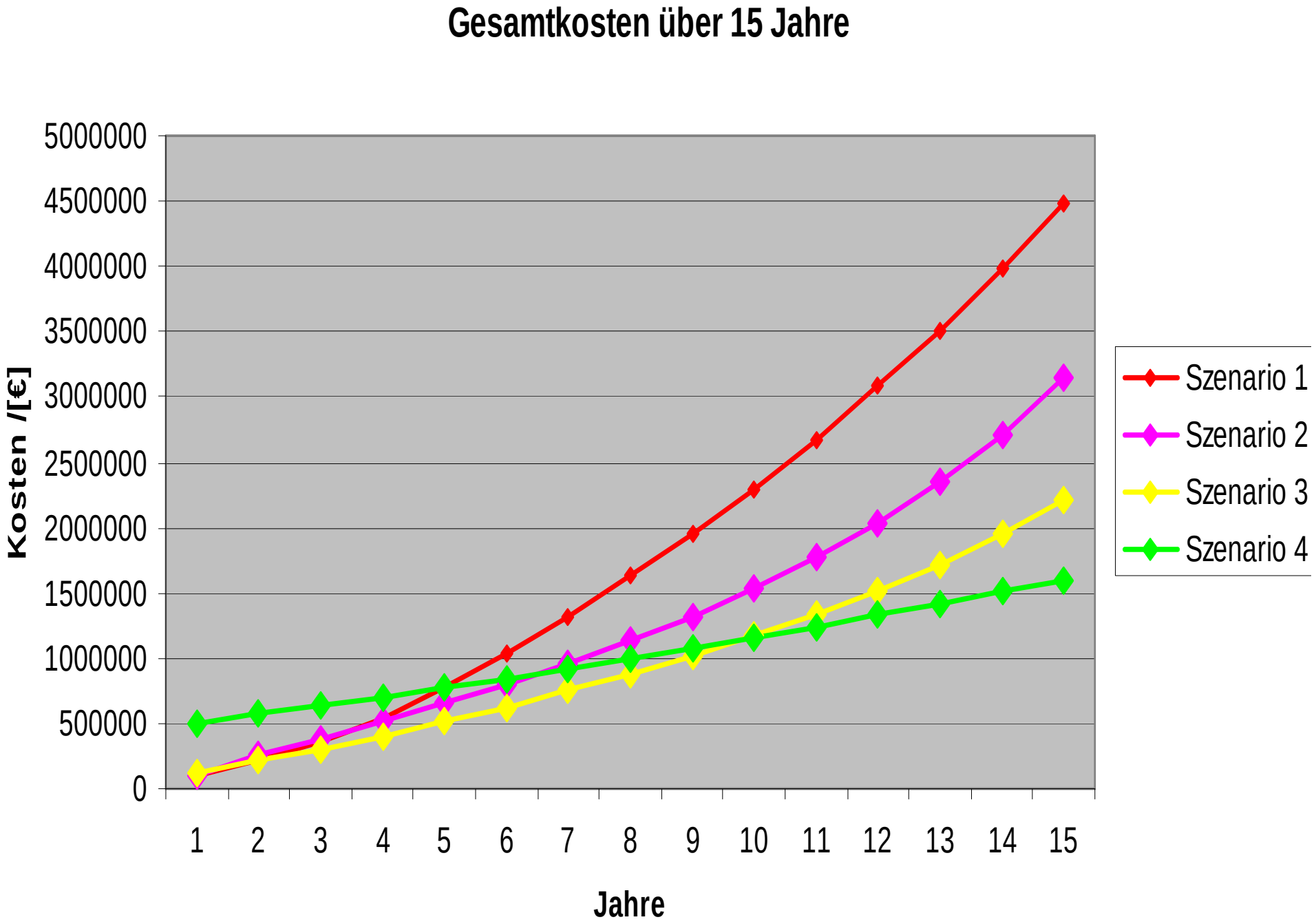
2017 Neubau der Anlage mit R 290 Flüssigkeitskühlern Hydraulik nach Stand der Technik, FU – geregelte Pumpen, Elektronische EXP – Ventile, System mit SPS Steuerung,

R 290 (3 x 17 kg á € 8 kg),

Investitionskosten ca. € 445.000

Betriebskosten 388.000 kWh/ 62.000 €/a

2020 Gesamtkosten **631.000 €**


Gesamtkosten über 15 Jahre
Kosten /[€]
5000000
4500000
4000000
3500000
3000000
2500000
2000000
1500000
1000000
500000
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
Jahre
Szenario 1
Szenario 2
Szenario 3
Szenario 4

Kälteanlagenbranche im Umbruch

Vielen Dank für Ihre

Aufmerksamkeit!