

Energetische Bewertung des Einsatzes von R 290

10/2021



CoolTool Technology GmbH
Info@cooltool-technology.de

Kruppstr. 184
D-47229 Duisburg

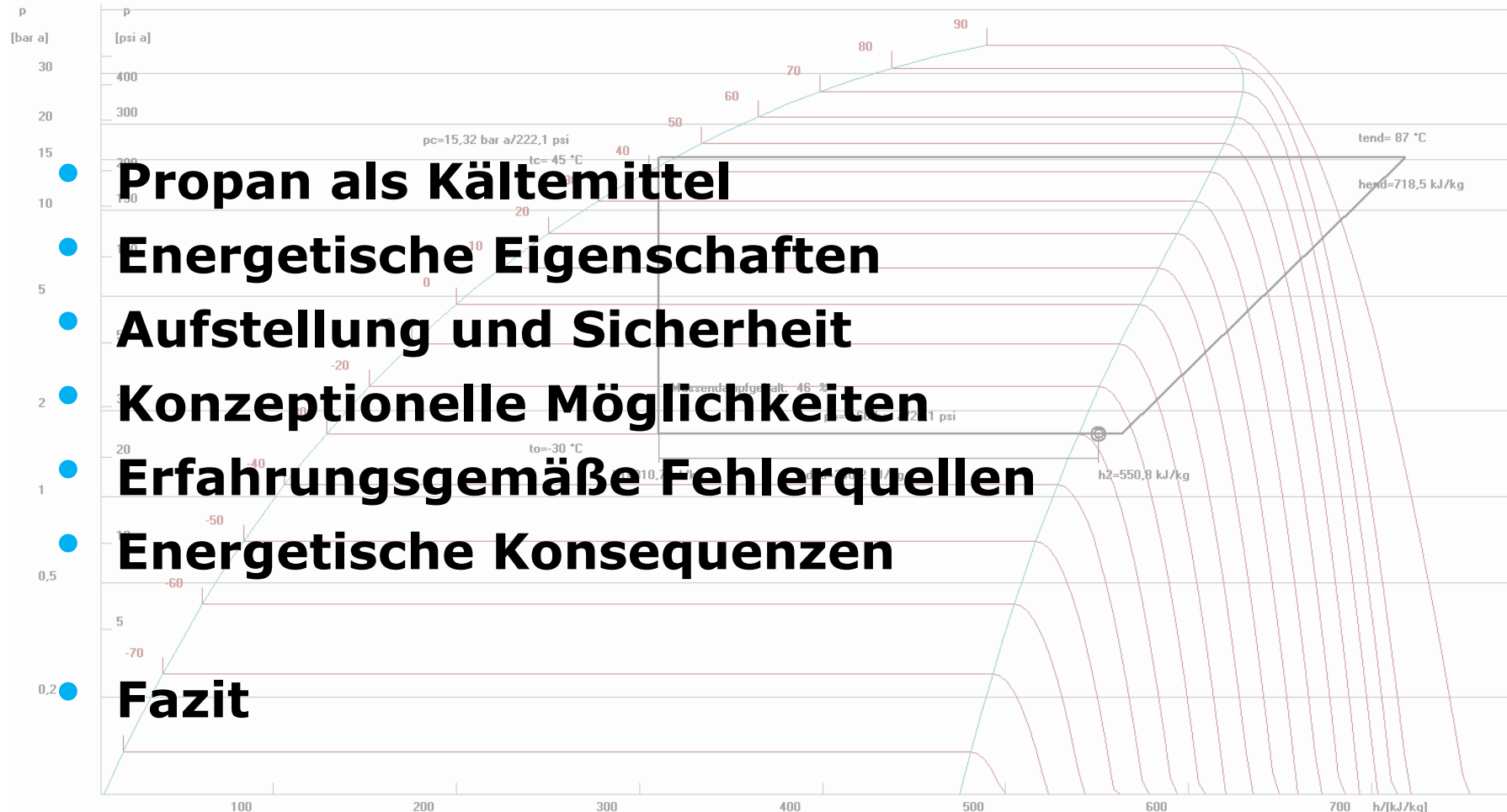
- Planungs- und Berechnungssoftware
- Diagnose, Monitoring- und Messsysteme
- Effizienzmessungen
- Schulungen für natürliche Kältemittel
- Schulungen für Kältemittelstrategien und Energieoptimierung
- Planungen für Anlagenbau und -sanierung



10/2021



- **Propan als Kältemittel**
- **Energetische Eigenschaften**
- **Aufstellung und Sicherheit**
- **Konzeptionelle Möglichkeiten**
- **Erfahrungsgemäße Fehlerquellen**
- **Energetische Konsequenzen**
- **Fazit**

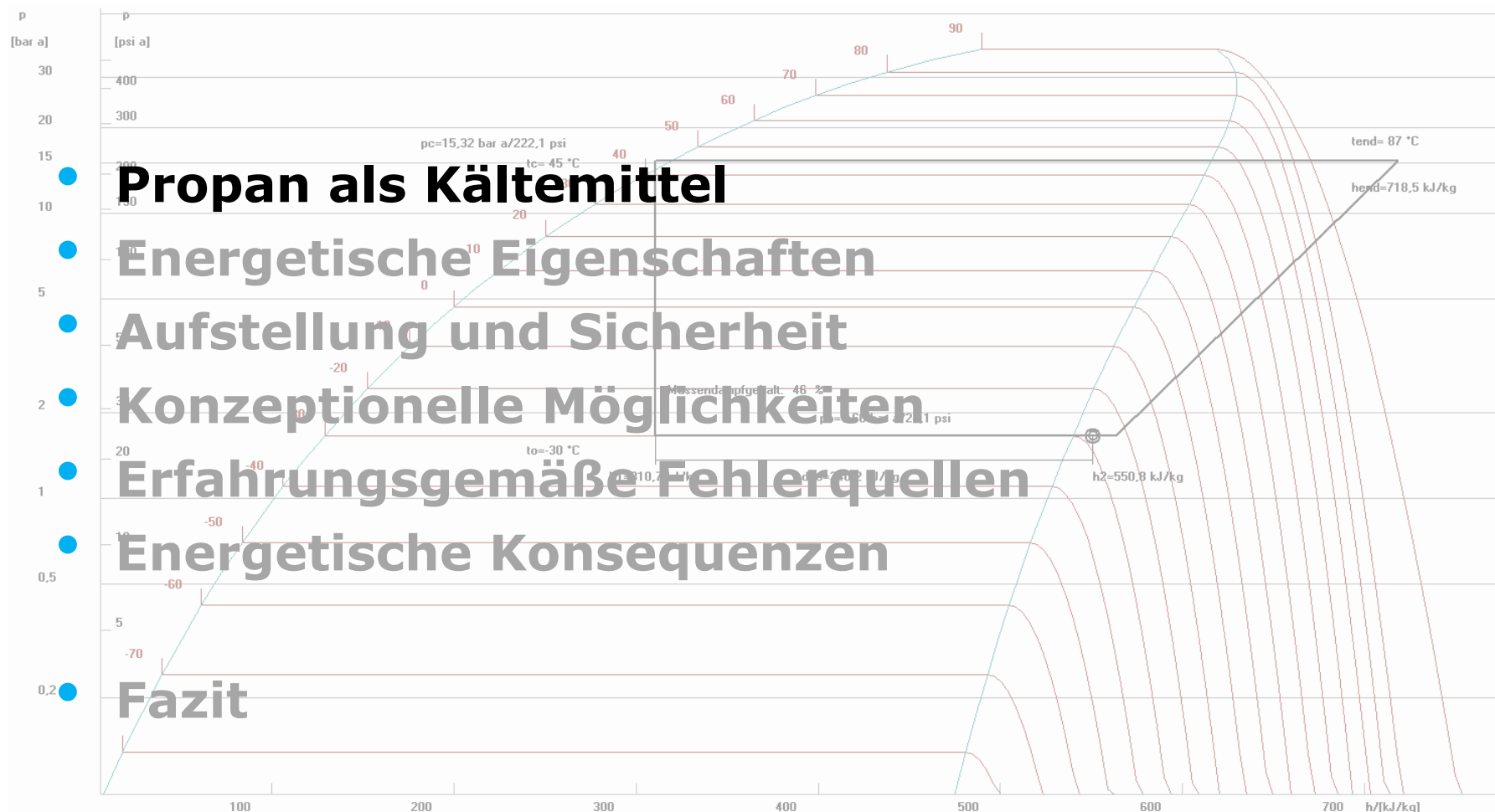


Energetische Bewertung des Einsatzes von R 290

10/2021

Inhalt

- Propan als Kältemittel
- Energetische Eigenschaften
- Aufstellung und Sicherheit
- Konzeptionelle Möglichkeiten
- Erfahrungsgemäße Fehlerquellen
- Energetische Konsequenzen
- Fazit



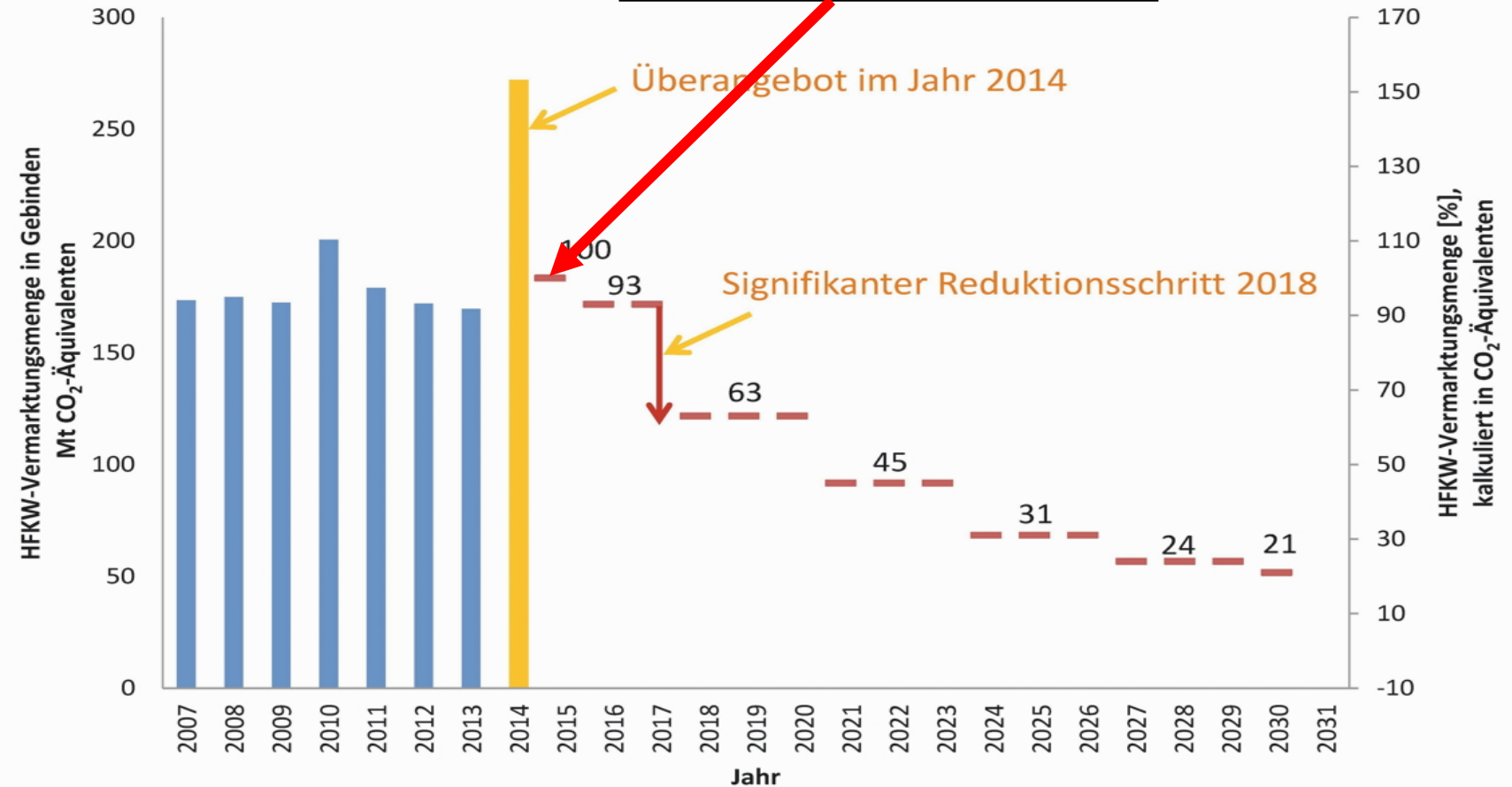


Propan als Kältemittel

Ausblick in die Zukunft F-Gas Verordnung

Zukünftige
Mengen GWP
Tonnagen die in
den Markt
gebracht werden
dürfen

GWP Mittelwert
ca. 2200





Propan als Kältemittel

Der Einsatz von R
290 im Kontext zum
Sicherheits-
technischen
Regelwerk

Sicherheitsaspekte
außerhalb der
Normung

Sicherheitsaspekte außerhalb der Normung:

R 290 – Propan /C₃H₈

GWP 3 A3 ADR Kl. 2/Gefahr Nr. 23

Gefahrenhinweis(e):

H220: Extrem entzündbares Gas.
H280: Enthält Gas unter Druck;
kann bei Erwärmung explodieren.

Akute...Wirkungen:

Erfrierungen und Verbrennungen bei Kontakt mit
verflüssigtem Produkt . Beim Einatmen des
Sauerstoffmangel. Bei hohen
Druck



MAK-Wert = 1000

Explosionsgrenze - obere (%):

10,9 %(V)

Explosionsgrenze - untere (%):

1,5 %(V)

Selbstentzündungstemperatur:

470 °C

Unverträgliche Materialien:

Oxidationsmittel.

Gefährliche Verbrennungsprodukte:

Kohlendioxid, Kohlenstoffmonoxid,



**Toxische
Eigenschaften**

**Sicherheits-
aspekte
außerhalb der
Normung**

Sicherheitsaspekte außerhalb der Normung:

R 1234yf – 2,3,3,3-Tetrafluorprop-1-en/ $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_4$ **GWP 4 A2L ADR Kl. 2/Gefahr Nr. 23**

Gefahrenhinweis(e):

H220: Extrem entzündbares Gas.

H280: Enthält Gas unter Druck;
kann bei Erwärmung explodieren.

Akute...Wirkungen:

Erfrierungen und Verbrennungen bei Kontakt mit verflüssigtem Produkt. Beim Einatmen des konzentrierten Gases: Sauerstoffmangel. Missbrauch oder absichtliches Einatmen können, infolge von Sauerstoffmangel, zu Herz, ohne alarmierende Symptome bei massiver Exposition, Atemnot, Erregung, Benommenheit, Schwindel, Herzrhythmusstörungen.



MAK-Wert = 200 !

Explosionsgrenze - obere (%):

12,3 %(V)

Explosionsgrenze - untere (%):

6,2 %(V)

Selbstentzündungstemperatur:

405 °C

Unverträgliche Materialien:

Oxidierende Stoffe. Alkalimetalle. Leichtmetalle. Zink. Magnesium.

Gefährliche Verbrennungsprodukte:

Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Halogenwasserstoff, Carbonylhalogenide, Fluorhaltige Pyrolyseprodukte z.B. Tri-Fluor-Essigsäure (TFA), Flusssäure

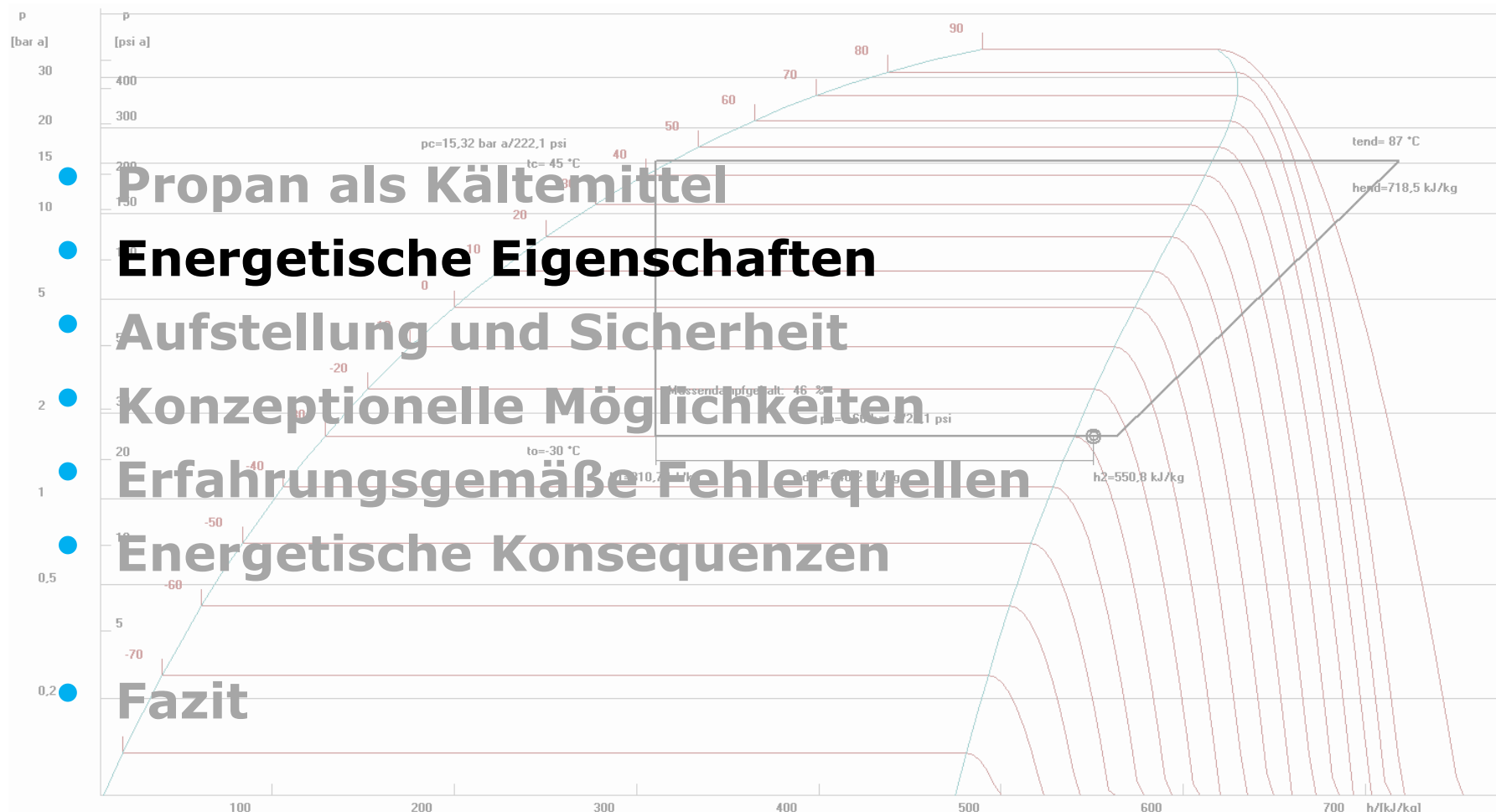
Energetische Bewertung des Einsatzes von R 290

10/2021



Inhalt

- Propan als Kältemittel
- Energetische Eigenschaften
- Aufstellung und Sicherheit
- Konzeptionelle Möglichkeiten
- Erfahrungsgemäße Fehlerquellen
- Energetische Konsequenzen
- Fazit





**Der Einsatz
von R290
Energetische
Eigenschaften**

**Vergleich
R 404A zu
R 290**

Energieeffizienz:

Betriebsbedingungen der Wärmeübertrager bei gleichen physikalischen Randbedingungen abhängig vom Kältemittel

Beurteilung der energetischen Effizienz nach thermodynamischen Gesichtspunkten:

	EER/EER _{theo} [-]	to/tc [°C/°C]
R 404A _{gemessen}	3,05	+0,43/46,9
=> R 290 _{theor.*}	2,88	+0,43/46,9

*Quelle Bitzer Software v6.11



Systemaufbau „Plug and Play“

**Der Einsatz
von R290
Energetische
Eigenschaften**

**Reale
Meßdaten-
erfassung**

Satellit

2x Druck

6x Temperatur

2x frei programmierbar

Masterbox

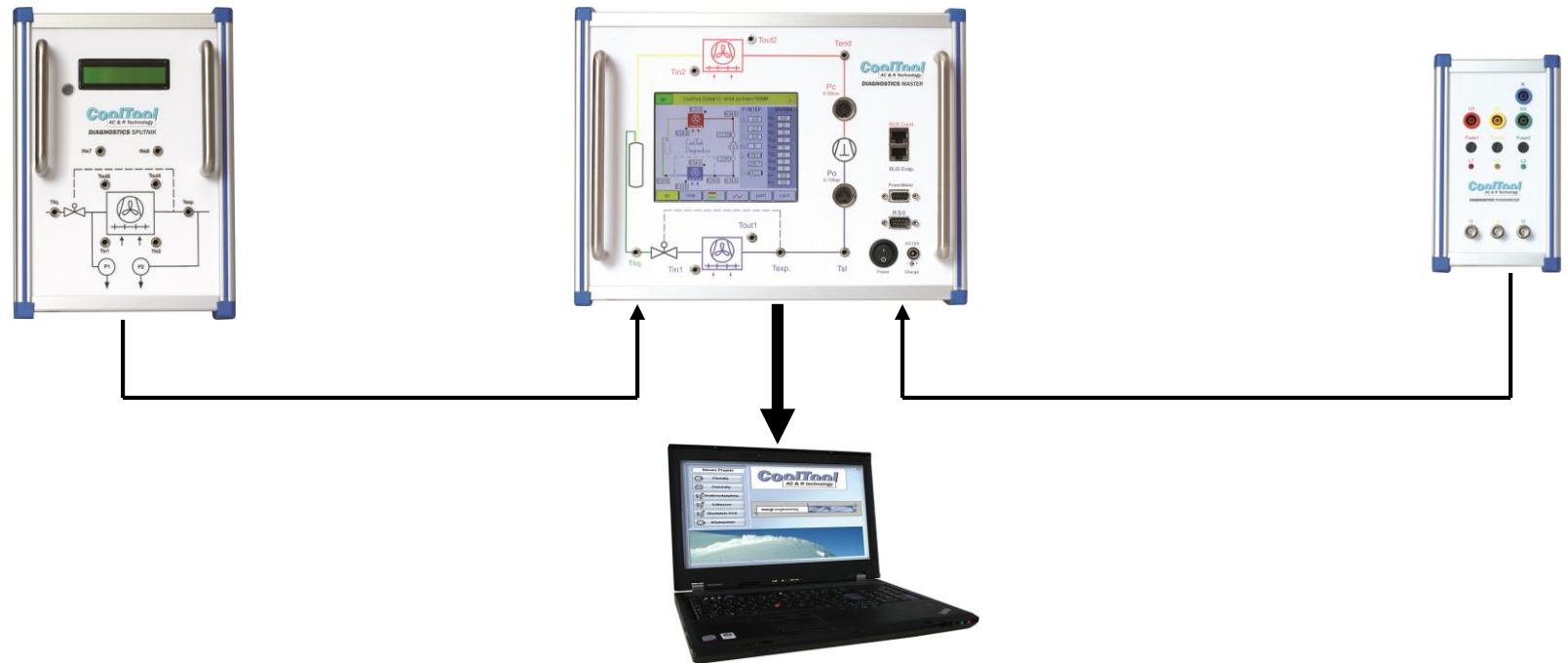
2x Druck

8x Temperatur

Powermeter

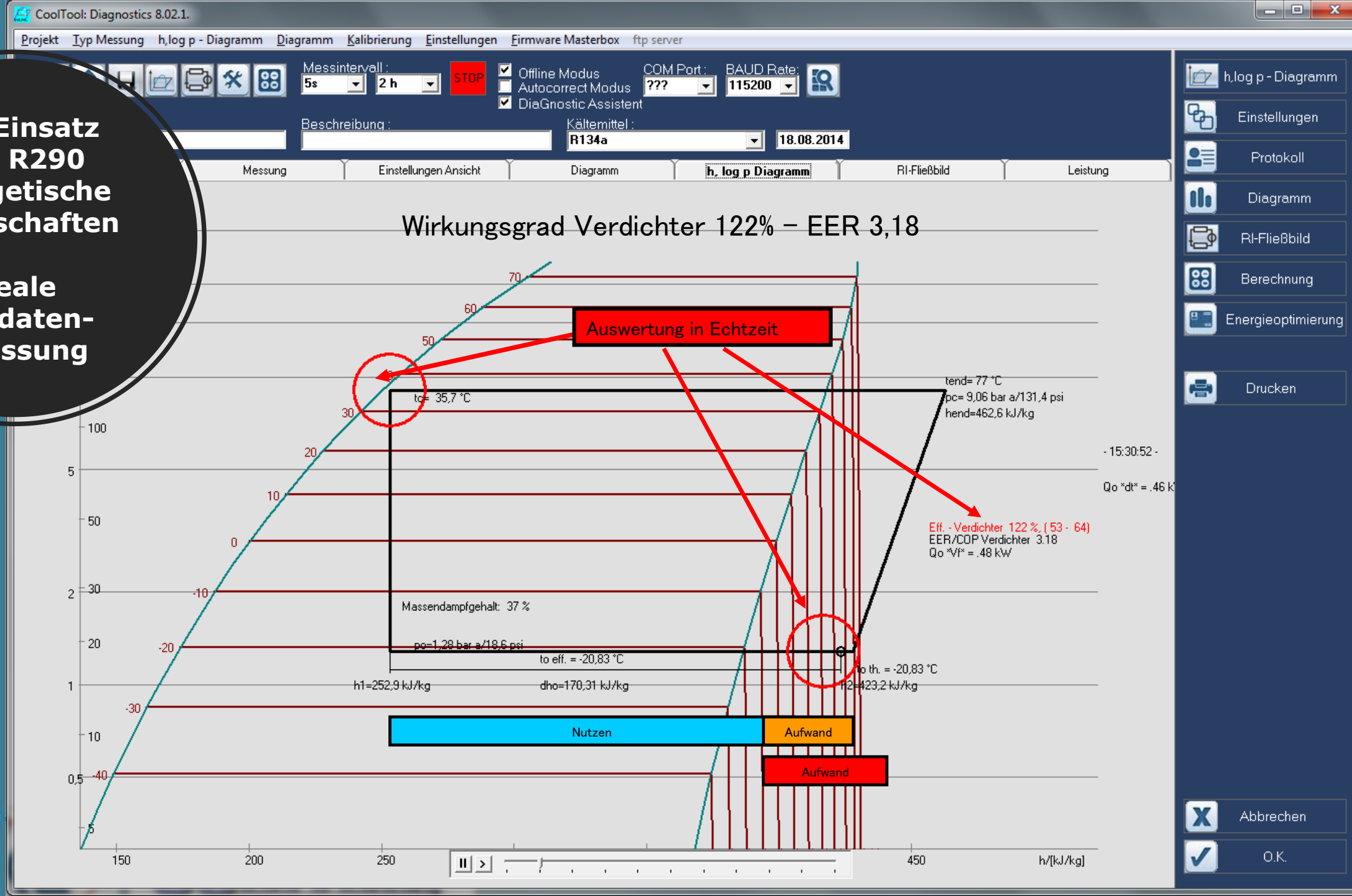
3x Strom

3x Spannung



Der Einsatz von R290 Energetische Eigenschaften

Reale
Meßdaten-
erfassung



Propan als Kältemittel

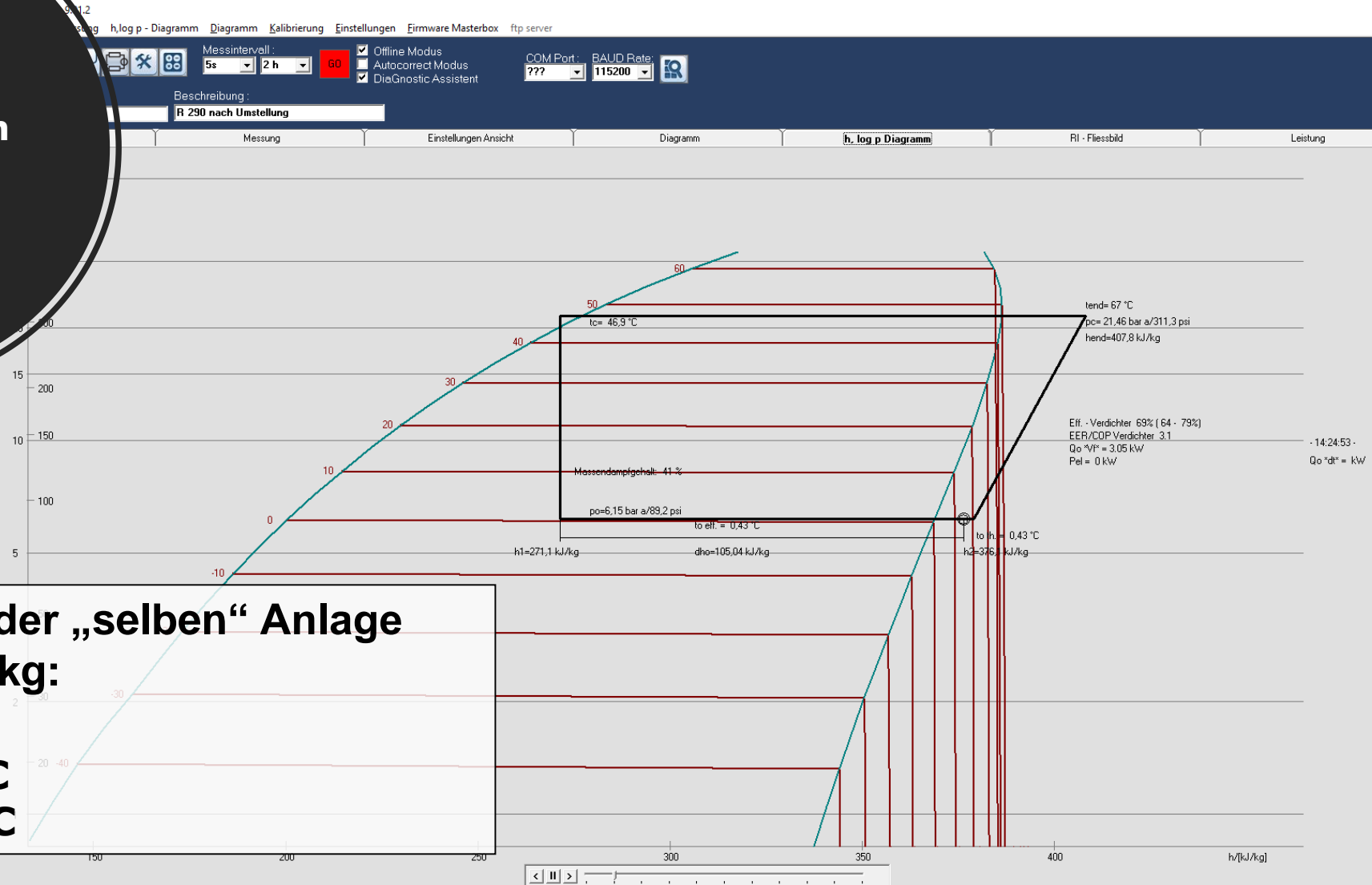


Der Einsatz
von R290
Energetische
Eigenschaften

Vergleich
R 404A zu
R 290

Messung an der „selben“ Anlage
R 404A – 2,2 kg:

- EER 3,05
- $t_o = 0,43^\circ\text{C}$
- $t_c = 46,9^\circ\text{C}$



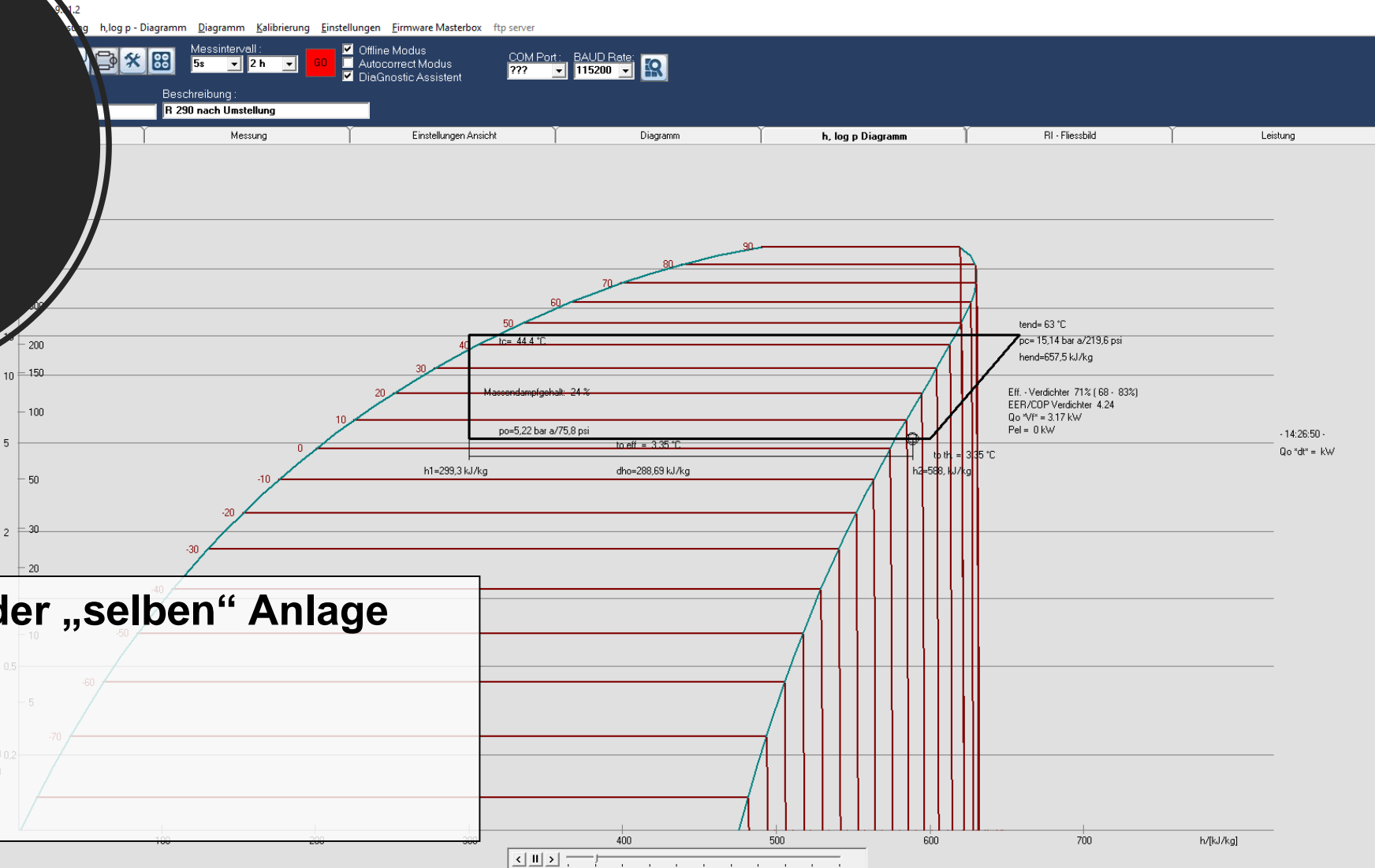
Propan als Kältemittel



Der Einsatz
von R290
Energetische
Eigenschaften

Vergleich
R 404A zu
R 290

Messung an der „selben“ Anlage
R 290 – 880g:
- EER 4,24
- $t_o = 3,35^\circ\text{C}$
- $t_c = 44,4^\circ\text{C}$





**Der Einsatz
von R290
Energetische
Eigenschaften**

**Vergleich
R 404A zu
R 290**

Energieeffizienz:

Betriebsbedingungen der Wärmeübertrager bei gleichen physikalischen Randbedingungen abhängig vom Kältemittel

Messungen an der „**selben**“ Kälteanlage mit jeweils optimalen Einstellungen:

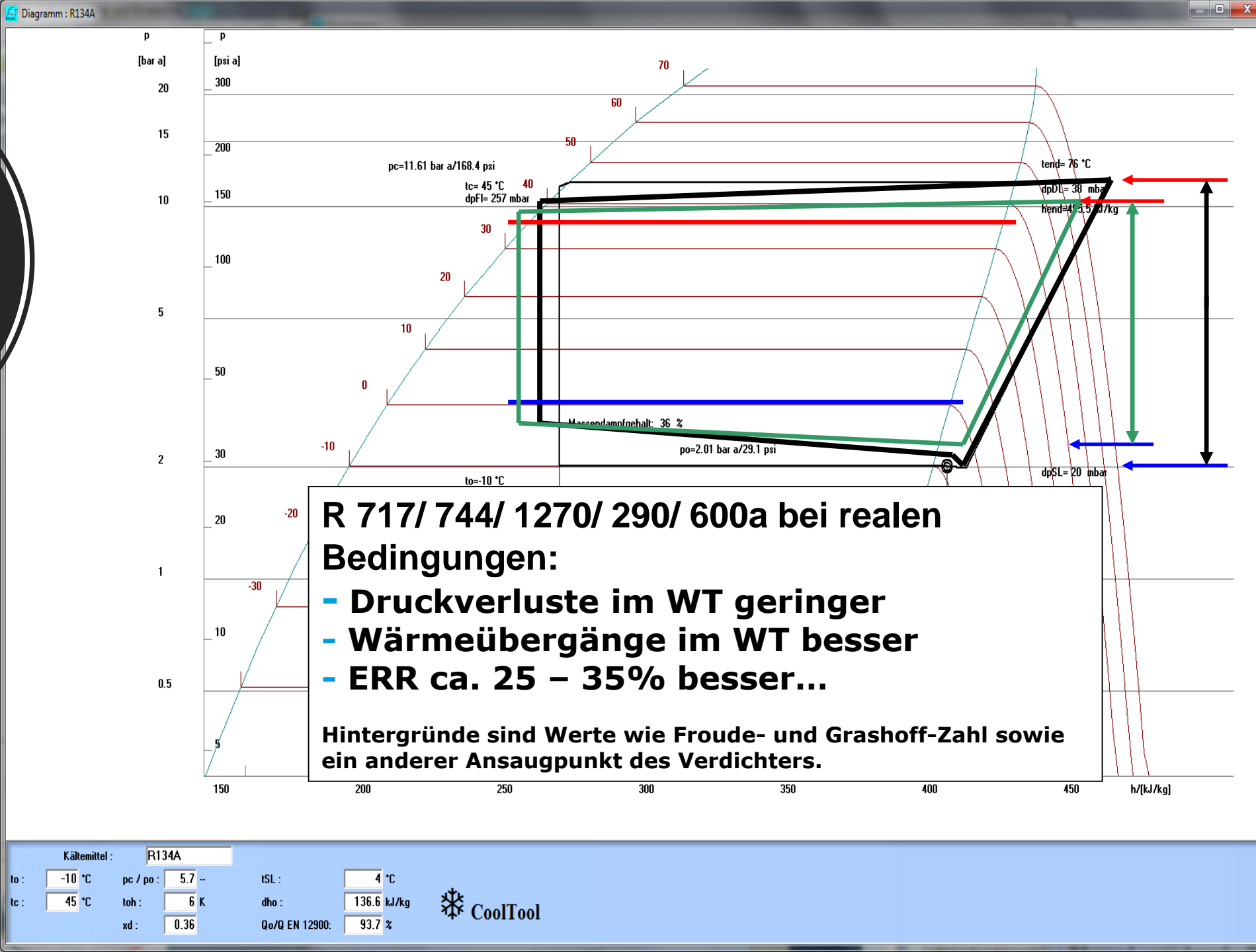
	EER/EER _{theo} [-]	to/tc [°C/°C]
R 404A _{gemessen}	3,05	+0,43/46,9
=> R 290 _{theor.*}	2,88	+0,43/46,9
aber: R 290 _{gemessen}	4,24	+3,35/44,4

*Quelle Bitzer Software v6.11

Der Einsatz von R290

Energetische Eigenschaften

Vergleich
R 404A zu
R 290

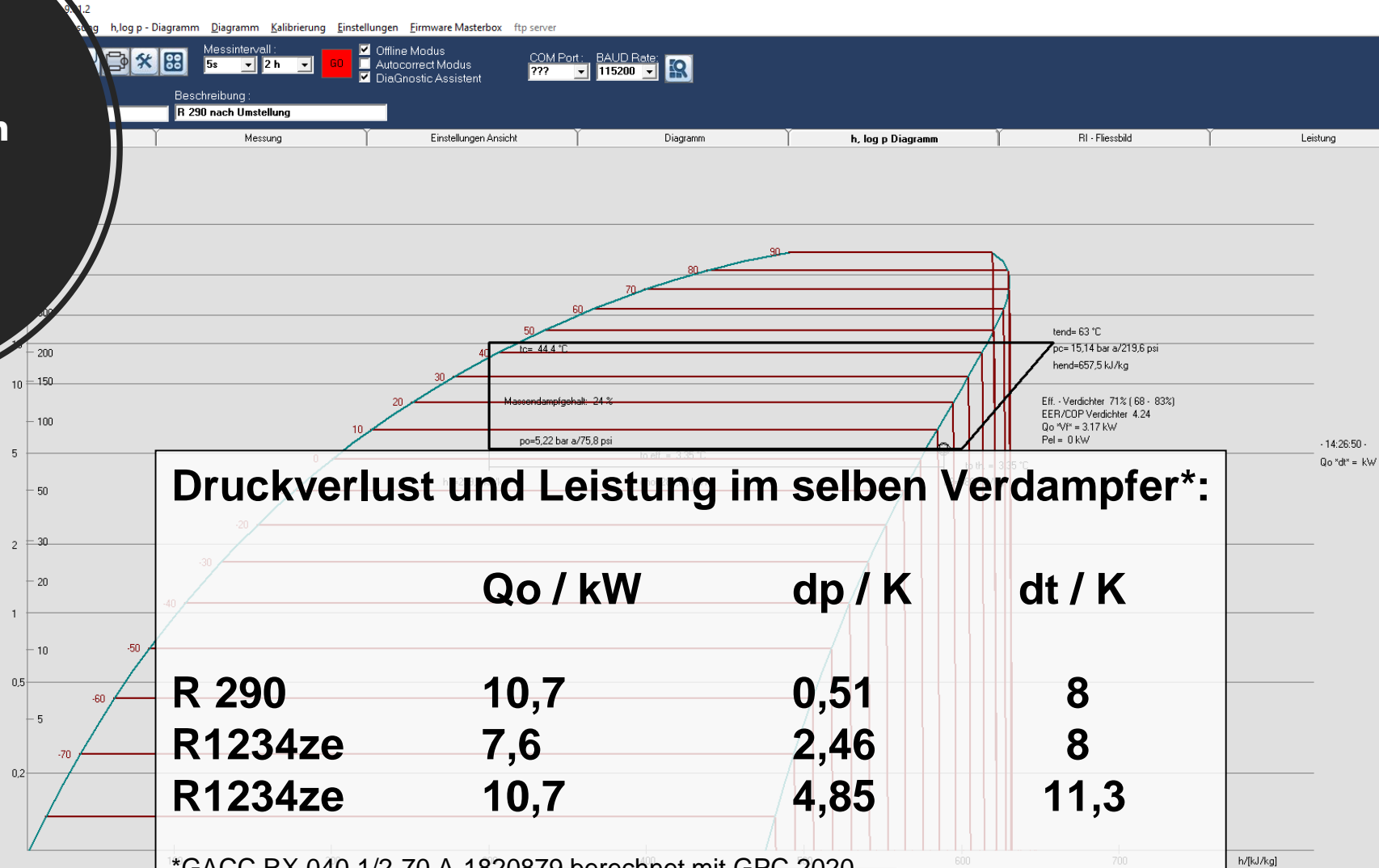


Propan als Kältemittel



**Der Einsatz
von R290
Energetische
Eigenschaften**

**Vergleich
R 404A zu
R 290**

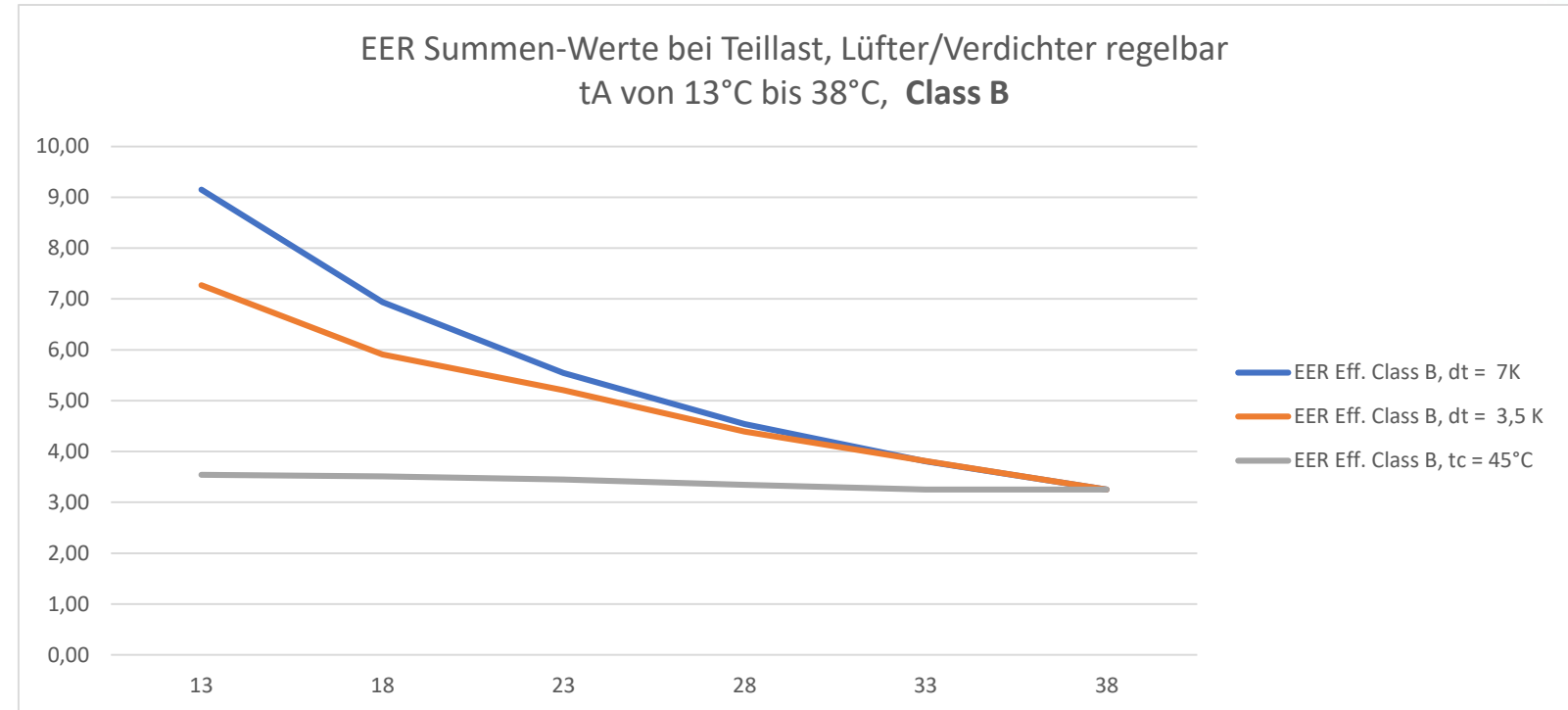




Einfluss der Regelstrategien auf COP/EER und Effizienz

**Der Einsatz
von R290
Energetische
Eigenschaften**

**Vergleich
R 404A zu
R 290**



Ein Absenken der Verflüssigungstemperatur führt bei geregelten Anlagen, je nach Regelstrategie, zu einer Verbesserung des COP/EER von bis zu. 240% bei Verwendung von Verflüssigern der Energieeffizienzklassen A bis E*.

- Lüfterdrehzahl an Teillast angepasst
- möglichst tiefster Verflüssigungsdruck auch bei Teillast
- Lüfter On/Off

* Weitere kältetechnische Voraussetzungen wie Einsatzgrenzen der Verdichter und Massendampfgehalt Verdampfer müssen überprüft werden.

Energetische Bewertung des Einsatzes von R 290

10/2021



Inhalt

- Propan als Kältemittel
- Energetische Eigenschaften
- Aufstellung und Sicherheit
- Konzeptionelle Möglichkeiten
- Erfahrungsgemäße Fehlerquellen
- Energetische Konsequenzen
- Fazit





FAQ's zu KW-Kältemitteln

Der Einsatz
von R 290 im
Kontext zum
Sicherheits-
technischen
Regelwerk

Energiegehalt

Verbrennungsenergie:

Propan	46.400 KJ/kg
Butan	49.300 KJ/kg
Erdgas	37.800 KJ/kg
Heizöl	36.000 KJ/kg

Füllmenge ca. 40% der von F-Gasen



ATEX Zone 1 !

Im normalem Betrieb auftretende
zündfähige Atmosphären!

Gefährliche technische Ausrüstung

Darf ich das überhaupt?

Enthält bis zu 650g brennbare Stoffe, die
betriebsmäßig freigesetzt werden. 

FAQ's zu KW-Kältemitteln



Der Einsatz von
R 290 im Kontext
zum
Sicherheits-
technischen
Regelwerk

Bereiche mit
zündfähiger
Atmosphäre



Laut EG-Richtlinie 1999/92/EG
Im Betrieb keine ATEX Zone
Keine zündfähige Atmosphäre im Normalbetrieb

Bei Wartung und Reparatur:
ATEX Zone 2 ?

**Der Einsatz von R
290 im Kontext zum
Sicherheits-
technischen
Regelwerk**

**Auszug aus
TRBS 2152
- Teil 2**

FAQ's zu KW-Kältemitteln



(4) Zone 1

Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

(5) Zone 2

Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Bemerkung: Dies ist gleichbedeutend damit, dass gefährliche explosionsfähige Atmosphäre nur selten und auch nur kurzzeitig auftritt.

Der Einsatz von R 290 im Kontext zum Sicherheits-technischen Regelwerk

Kennzeichnung nach ATEX RL 2014/34/eu



Geräte- gruppe	Geräte- kategorie	Zone	Geräte- gruppe	EPL	Definition nach BetrSichV	Zertifizierungs- pflicht
n.RL 2014/34/eu		nach EN 60079-0:2009				
für brennbare Gase, Dämpfe und Nebel						
II	1G*	0	II	Ga	Zone 0 umfasst Bereiche, in denen eine explosionsfähige Atmosphäre, die aus einem Gemisch von Luft und Gasen, Dämpfen oder Nebel besteht, ständig, langfristig oder häufig vorhanden ist.	ja
II	2G	1	II	Gb	Zone 1 umfasst Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre aus Gasen, Dämpfen oder Nebel gelegentlich auftritt.	ja
II	3G	2	II	Gc	Zone 2 umfasst Bereiche, in denen nicht damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre aus Gasen, Nebel oder Dämpfen auftritt, aber wenn sie dennoch auftritt, dann aller Wahrscheinlichkeit nach nur selten und während eines kurzen Zeitraums.	nein
für explosionsfähige Staub-Atmosphäre						
II	1D*	20	III	Da	Zone 20 umfasst Bereiche, in denen eine explosionsfähige Atmosphäre, die aus Staub /Luft-Gemischen besteht, ständig, langfristig oder häufig vorhanden ist.	ja
II	2D	21	III	Db	Zone 21 umfasst Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre aus Staub /Luft-Gemischen gelegentlich auftritt.	ja
II	3D	22	III	Dc	Zone 22 umfasst Bereiche, in denen nicht damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre durch aufgewirbelten Staub auftritt, aber wenn sie dennoch auftritt, dann aller Wahrscheinlichkeit nach nur sehr selten und während eines kurzen Zeitraums.	nein



FAQ's zu KW-Kältemitteln

**Der Einsatz
von R 290 im
Kontext zum
Sicherheits-
technischen
Regelwerk**

**Auszug aus
TRBS 2152**

(2) Normalbetrieb ist der Zustand, in dem die Arbeitsmittel oder Anlagen und deren Einrichtungen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt oder betrieben werden.

Bemerkung: Inspektion und Wartung sowie die Freisetzung geringer Mengen brennbarer Stoffe können zum Normalbetrieb gehören, z.B. die geringe Freisetzung von Stoffen

- aus Dichtungen, deren Wirkungen auf der Benetzung durch die geförderte Flüssigkeit beruht oder
- bei betriebsüblichen Störungen (z. B. Abrutschen eines Sackes von einer Fülleinrichtung).

Störungen (z.B. Versagen von Dichtungen, von Pumpen oder Flanschen oder die Freisetzung von Stoffen infolge von Unfällen), die z.B. Instandsetzung oder Abschaltung erfordern, werden nicht als Normalbetrieb angesehen.



FAQ's zu KW-Kältemitteln

**Der Einsatz
von R 290 im
Kontext zum
Sicherheits-
technischen
Regelwerk**

**Auszug aus
BGR 500**

- 3.7.1 Der Unternehmer hat Räume, in denen Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln oder Kühleinrichtungen mit brennbaren Kühlmitteln aufgestellt sind, als explosionsgefährdete Bereiche festzulegen.
- 3.7.2 Der Unternehmer hat bei Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln oder Kühleinrichtungen mit brennbaren Kühlmitteln, die im Freien aufgestellt sind, einen explosionsgefährdeten Bereich festzulegen.
- 3.7.3 Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass explosionsgefährdete Bereiche nach den Abschnitten 3.7.1 und 3.7.2 gekennzeichnet sind. Innerhalb des gefährdeten Bereiches sind Zündquellen unzulässig.
- 3.7.4 Die Abschnitte 3.7.1 bis 3.7.3 gelten nicht für Anlagen mit
1. Ammoniak als Kältemittel,
 2. anderen brennbaren Kältemitteln der Gruppe 2, deren Füllgewicht 25 kg nicht überschreitet,
 3. sonstigen brennbaren Kältemitteln, deren Füllgewicht bei Anlagen mit hermetischen Verdichtern 2,5 kg nicht überschreitet.

**Der Einsatz von R
290 im Kontext
zum
Sicherheits-
technischen
Regelwerk**

**Auszug aus
TRBS 2152
- Teil 2**



(4) Auf Dauer technisch dichte Anlagen- und Ausrüstungsteile nach Absatz 2 Buchstabe a sind z. B.

1. geschweißte Anlagenteile mit
 - a) lösbaren Komponenten, wobei die hierfür erforderlichen lösbaren Verbindungen betriebsmäßig nur selten gelöst und konstruktiv wie die nachgenannten lösbaren Rohrleitungsverbindungen gestaltet sind (Ausnahme: metallisch dichtende Verbindungen),
 - b) lösbaren Verbindungen zu Rohrleitungen, Armaturen oder Blinddeckeln, wobei die hierfür erforderlichen lösbaren Verbindungen nur selten gelöst und konstruktiv wie die lösbaren Rohrleitungsverbindungen nach Absatz 5 gestaltet sind,
2. für Gase, Dämpfe, Flüssigkeiten: Anlagenteile, die auch Dichtungselemente enthalten können, wie
 - a) Wellendurchführungen mit doppelt wirkender Gleitringdichtung, z.B. Pumpen, Rührwerke,
 - b) Spaltrohrmotorpumpen,
 - c) magnetisch gekoppelte dichtungslose Pumpen,
 - d) Armaturen mit Abdichtung der Spindeldurchführung mittels Faltenbalg und Sicherheitsstopfbuchse,
 - e) stopfbuchsenlose Armaturen mit Permanent-Magnetantrieb (SLMA-Armaturen).



FAQ's zu KW-Kältemitteln

Der Einsatz
von R 290 im
Kontext zum
Sicherheits-
technischen
Regelwerk

Auszug aus
EN 378

Tabelle C.2 (fortgesetzt)

Brennbarkeits- klasse	Kategorie des Zugangsbereichs		Aufstellungsort-Klassifikation				
			I	II		III	IV
3	a	Menschlicher Komfort		Nach C.2 und nicht mehr als m_2 bzw. 1,5 kg		Nicht mehr als 5 kg ^c	Füllmenge des Kältemittels nicht mehr als m_3
		Andere Anwendungen	Unterirdisch	Nur dauerhaft geschlossene Anlagen: 20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1 kg			
			Oberirdisch	Nur dauerhaft geschlossene Anlagen: 20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1,5 kg			
	b	Menschlicher Komfort		Nach C.2 und nicht mehr als m_2 bzw. 1,5 kg		Nicht mehr als 10 kg ^c	
		Andere Anwendungen	Unterirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1 kg ^a			
			Oberirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 2,5 kg			
	c	Menschlicher Komfort		Nach C.2 und nicht mehr als m_2 bzw. 1,5 kg		Keine Begrenzung der Füllmenge ^c	
		Andere Anwendungen	Unterirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1 kg ^c			
			Oberirdisch	20 % × LFL × Raum- volumen und nicht mehr als 10 kg ^c	20 % × LFL × Raum- volumen und nicht mehr als 25 kg ^c		

a

$m_2 = 26 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$.

b

$m_3 = 130 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$.

c

für die Aufstellung im Freien gilt EN 378-3:2016, 4.2 und für Maschinenräume gilt EN 378-3:2016, 4.3.



**Der Einsatz
von R 290 im
Kontext zum
Sicherheits-
technischen
Regelwerk**

**Auszug aus
EN 378**

Zusammenfassende Empfehlungen der EN 378 für zulässige Füllmengen bei A3 Kältemitteln:

	DX Systeme	Indir. Systeme
A) Öffentliche Bereiche: Geschäfte, Hotels, Kinos, Büros Für jeden zugänglich	1.5 ...5 kg	1.5 ...5 kg
B) Kontrollierte Bereiche: Allg. Fabriken, Lagerhäuser, Werkstätten, Kühlzellen Büros ohne Publikumsverkehr	2.5...10 kg	2.5...10 kg
C) Technische Bereiche : Maschinenhallen und -räume Spez. Produktionsräume, Kühlhäuser	10 kg...unbegrenzt	25 kg...unbegrenzt

Alle Werte jeweils für den größten (Einzel-) Kreislauf.

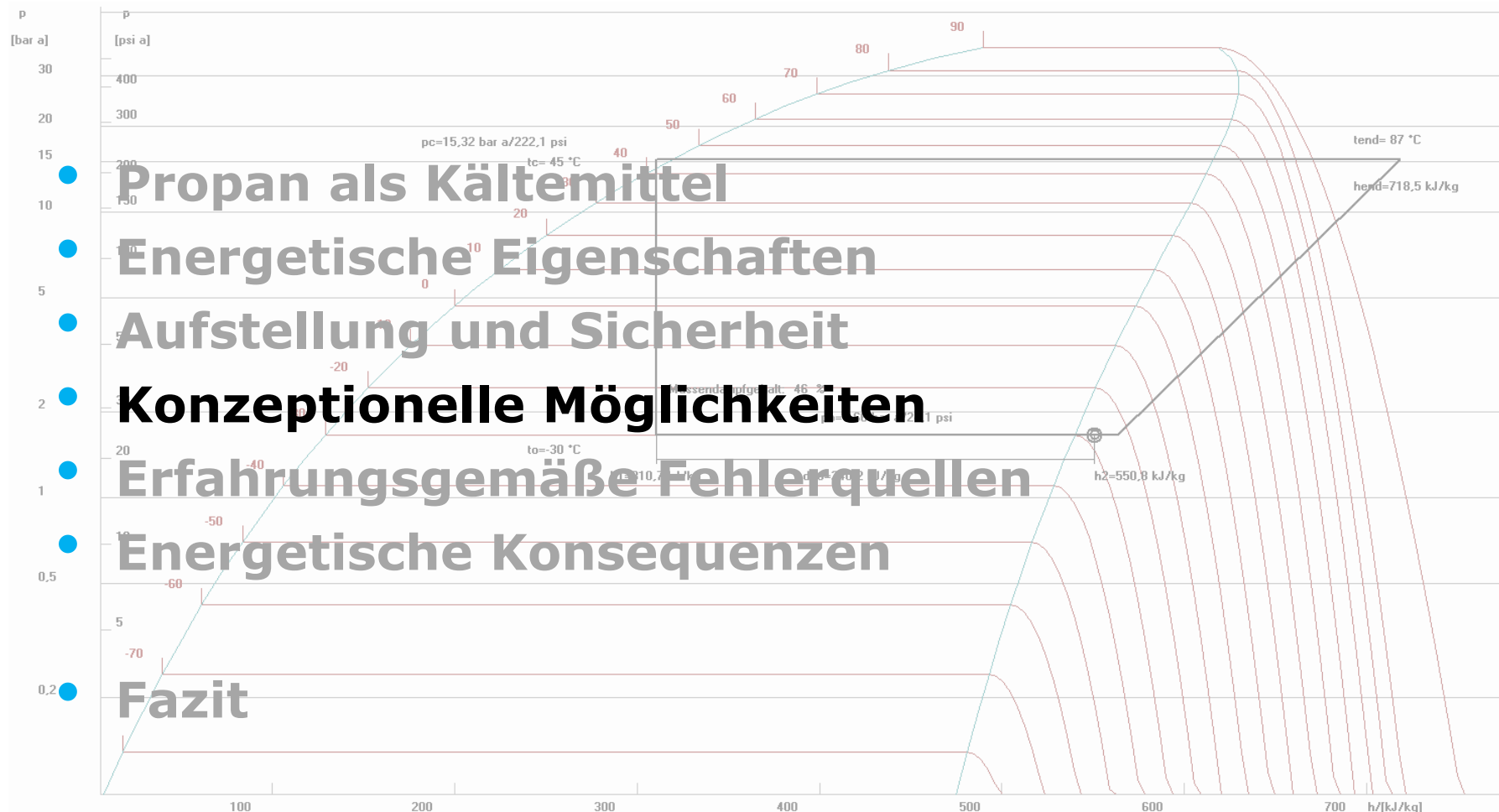
Energetische Bewertung des Einsatzes von R 290

10/2021



Inhalt

- Propan als Kältemittel
- Energetische Eigenschaften
- Aufstellung und Sicherheit
- Konzeptionelle Möglichkeiten
- Erfahrungsgemäße Fehlerquellen
- Energetische Konsequenzen
- Fazit



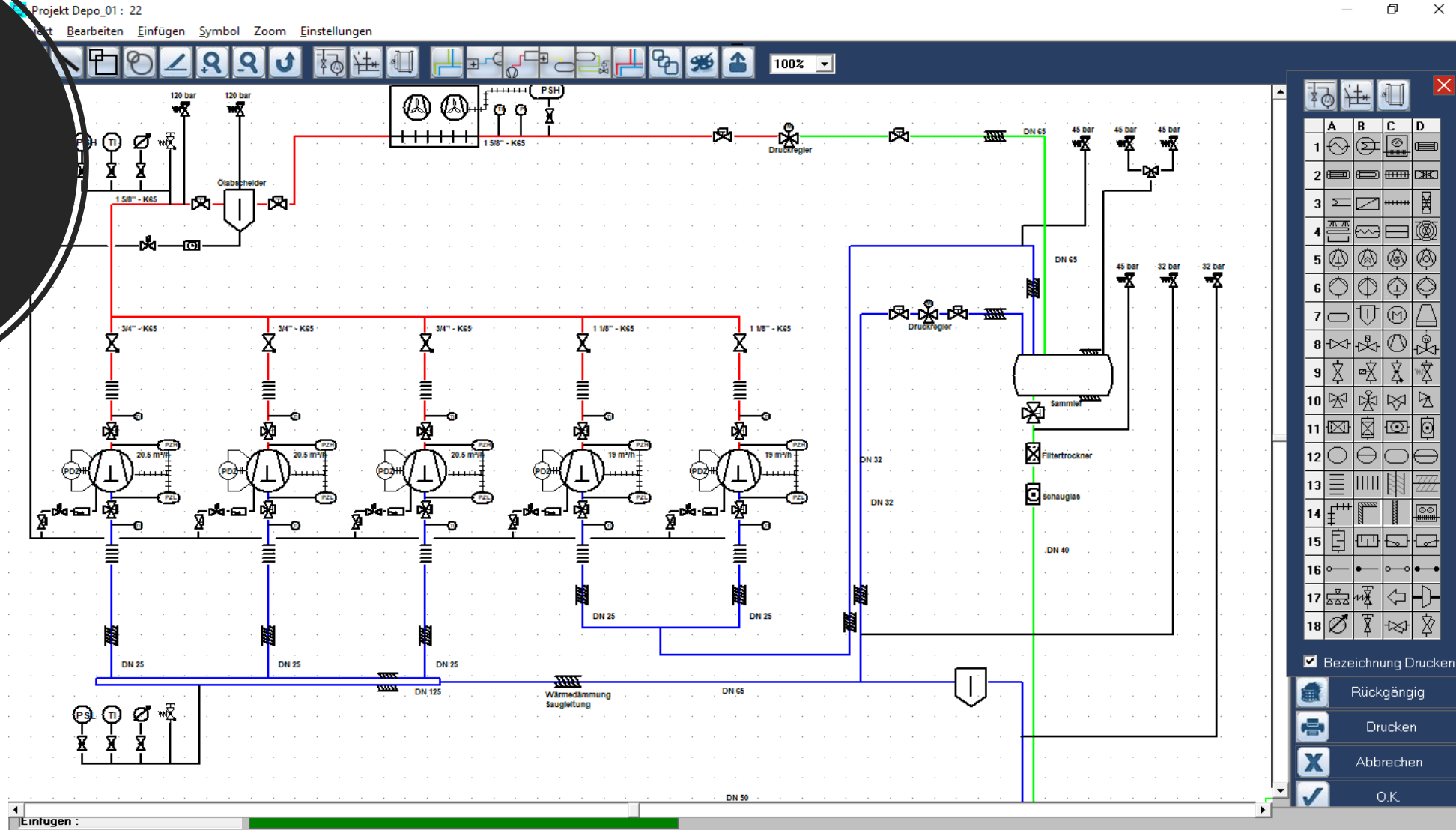
Direkte Verdampfung nur mit A1 Kältemitteln



Energetische
Bewertung des
Einsatzes
von R 290

Konzeptionelle
Möglichkeiten

10/2021



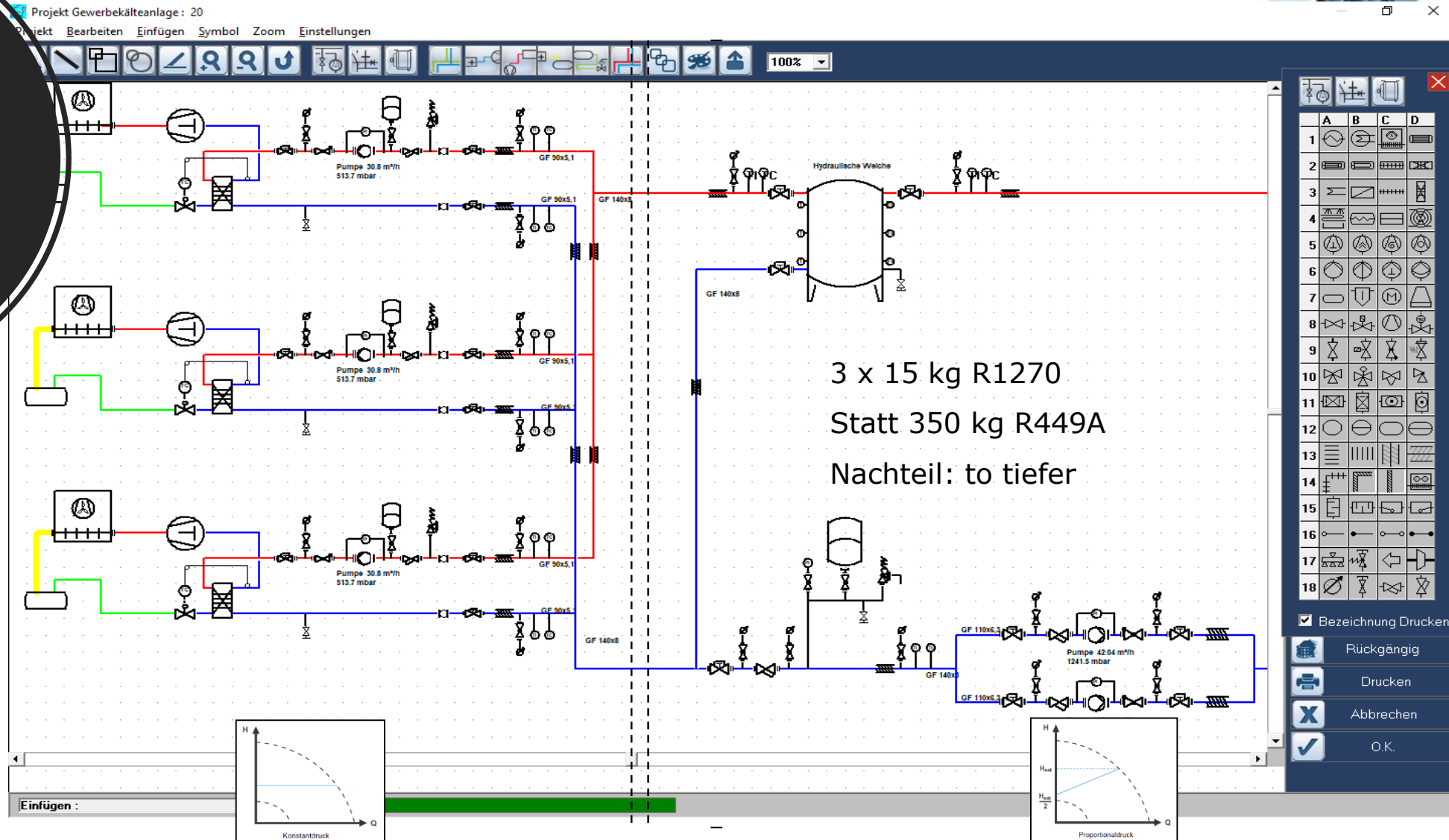
Indirekte Kühlung mit Flüssigkeitssätzen bei A3 Kältemitteln



Energetische
Bewertung des
Einsatzes
von R 290

Konzeptionelle
Möglichkeiten

10/2021



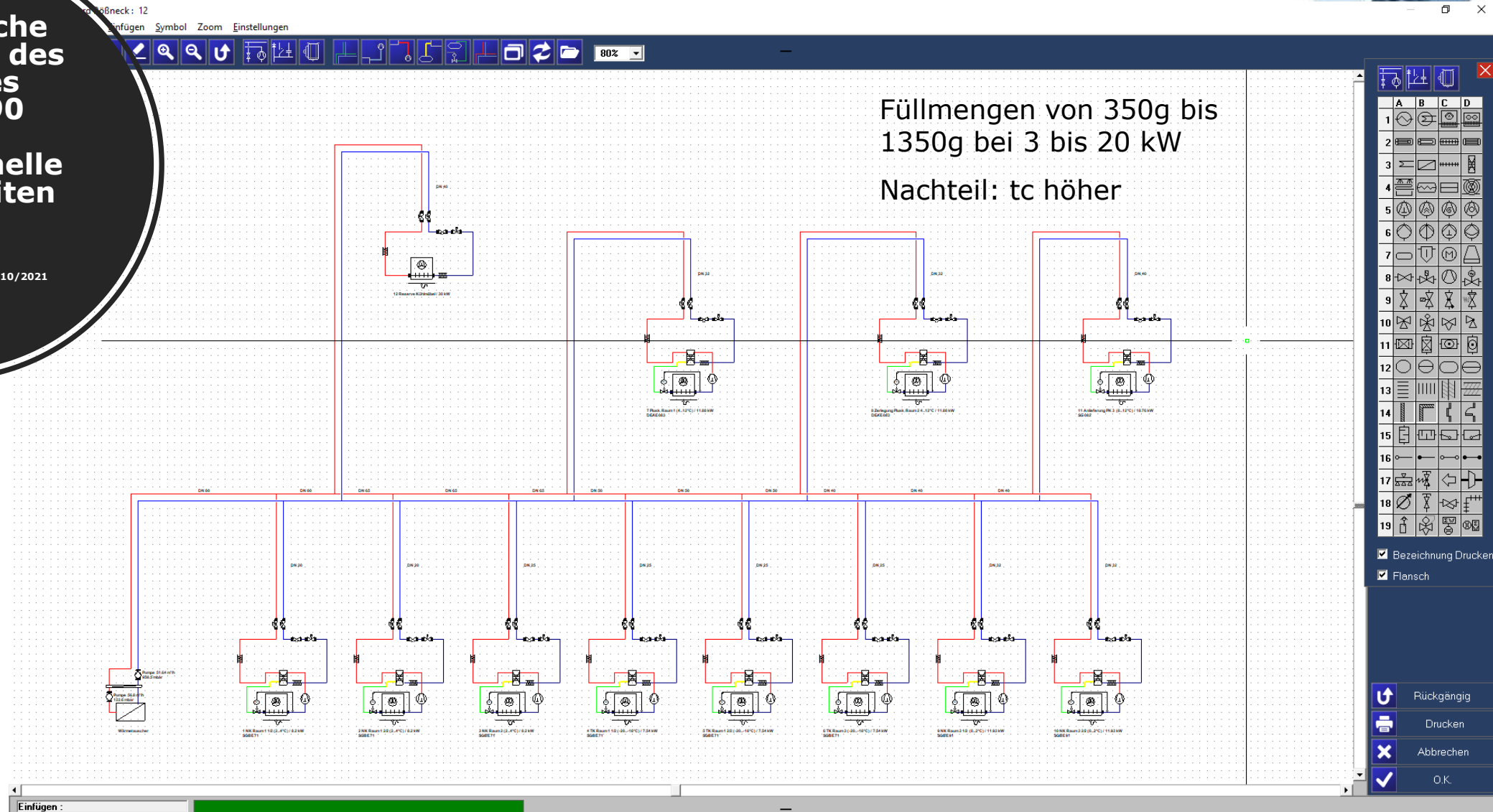
Indirekte Kühlung mit Waterloop bei A3 Kältemitteln



Energetische
Bewertung des
Einsatzes
von R 290

Konzeptionelle
Möglichkeiten

10/2021





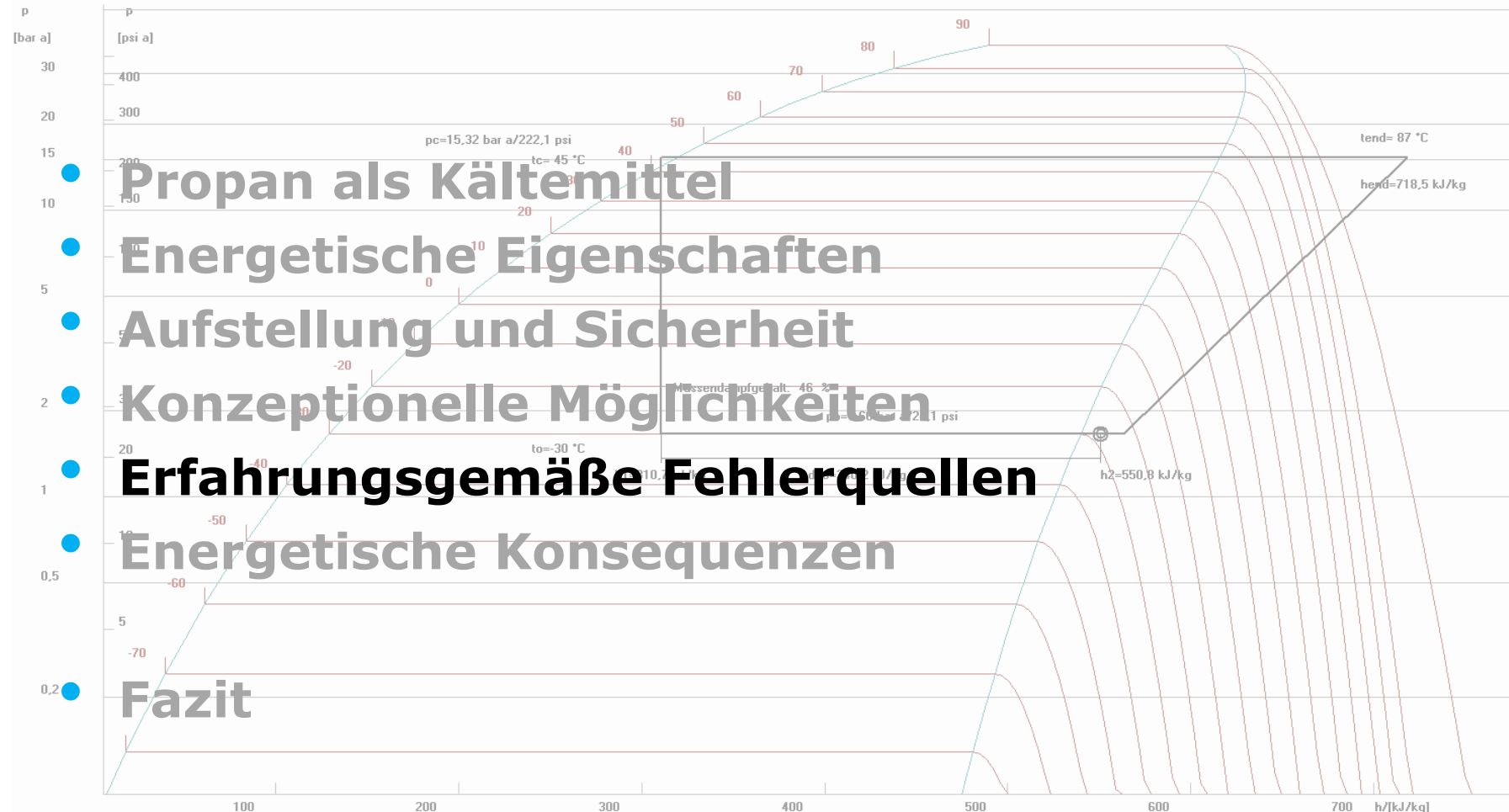
Energetische Bewertung des Einsatzes von R 290

Erfahrungsgemäße Fehlerquellen

10/2021

Inhalt

- Propan als Kältemittel
- Energetische Eigenschaften
- Aufstellung und Sicherheit
- Konzeptionelle Möglichkeiten
- Erfahrungsgemäße Fehlerquellen
- Energetische Konsequenzen
- Fazit



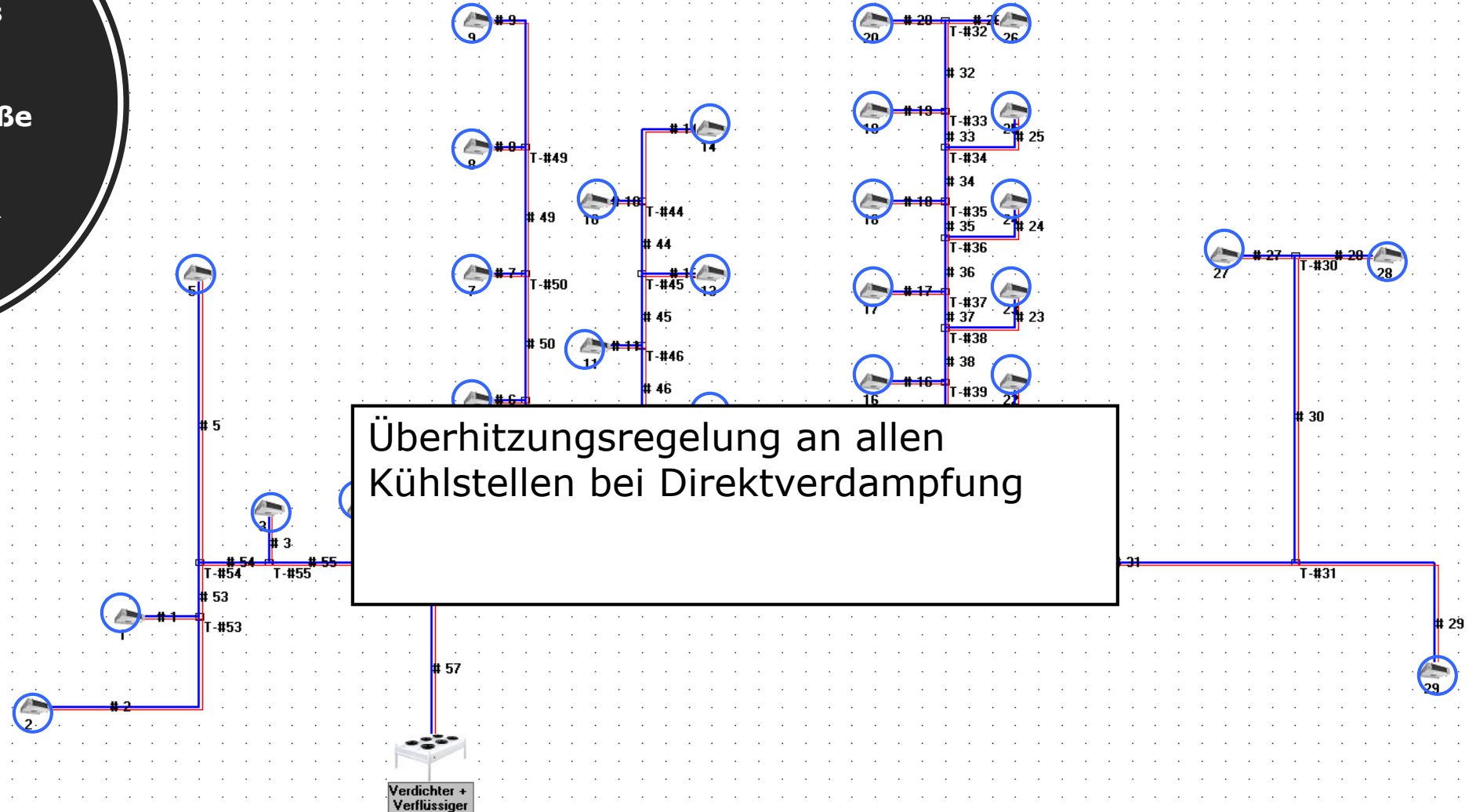
Anlagenkonzepte für dauerhaft hohe Energieeffizienz Direktverdampfung und Waterloop



**Energetische
Bewertung des
Einsatzes
von R 290**

**Erfahrungsgemäße
Fehlerquellen**

10/2021



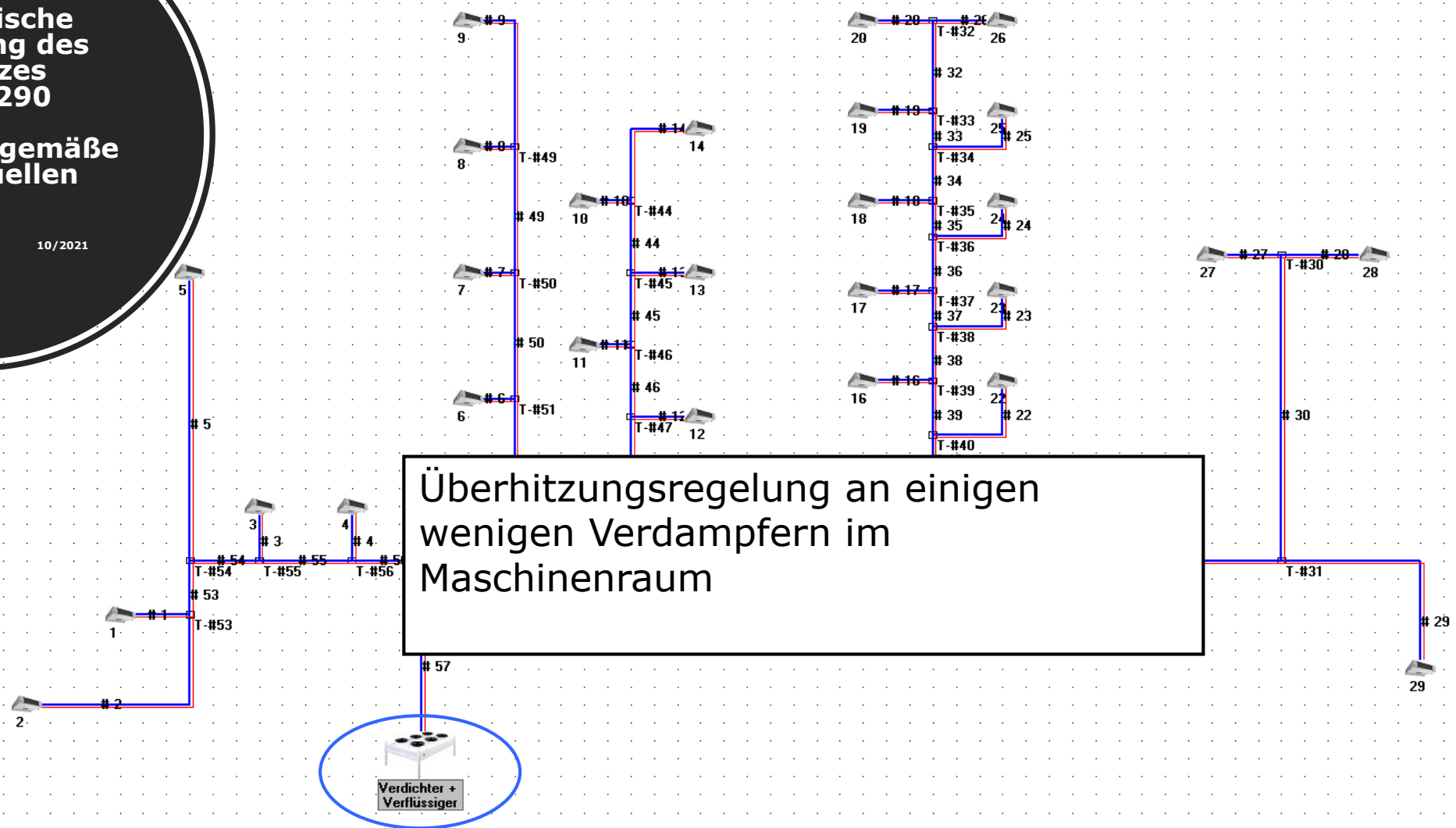
Anlagenkonzepte für dauerhaft hohe Energieeffizienz Indirekte Verdampfung R 1270/Kälteträger



**Energetische
Bewertung des
Einsatzes
von R 290**

**Erfahrungsgemäße
Fehlerquellen**

10/2021



Anlagenkonzepte für dauerhaft hohe Energieeffizienz

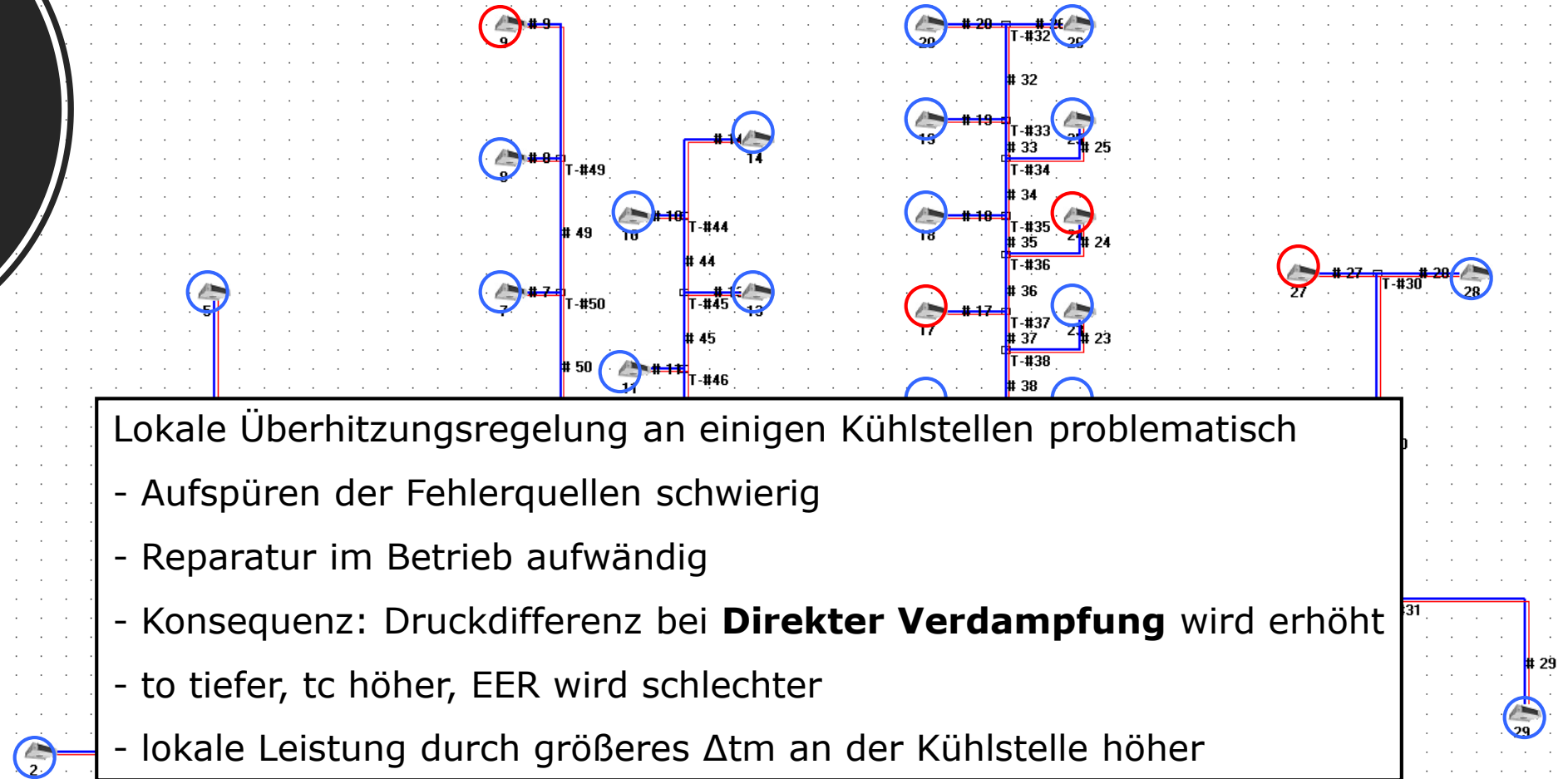
Direkte Verdampfung und Waterloop nach einigen Betriebsjahren



Energetische
Bewertung des
Einsatzes
von R 290

Erfahrungsgemäße
Fehlerquellen

10/2021



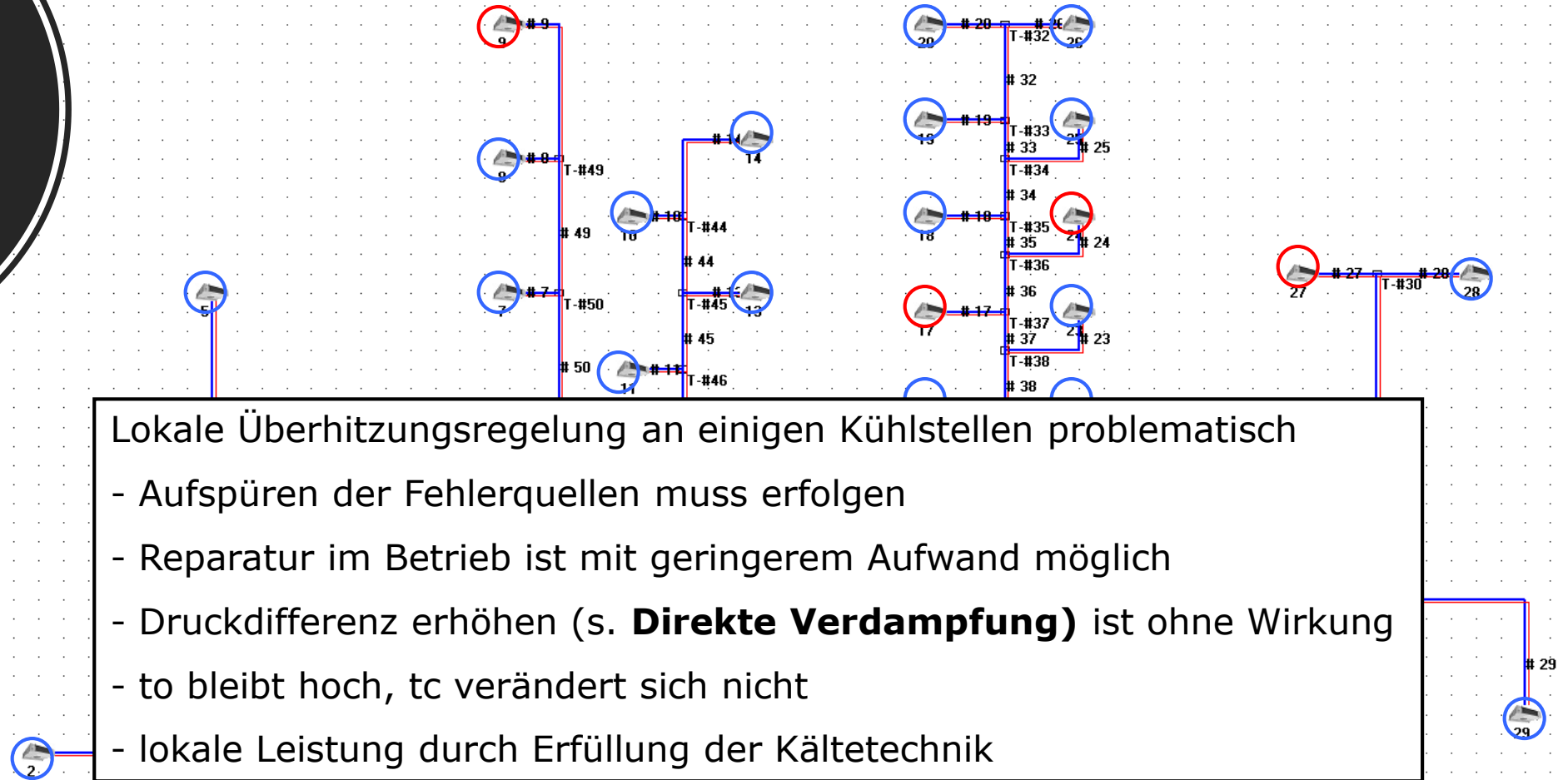
Anlagenkonzepte für dauerhaft hohe Energieeffizienz Unterschiede bei Waterloop



Energetische
Bewertung des
Einsatzes
von R 290

Erfahrungsgemäße
Fehlerquellen

10/2021



Lokale Überhitzungsregelung an einigen Kühlstellen problematisch

- Aufspüren der Fehlerquellen muss erfolgen
- Reparatur im Betrieb ist mit geringerem Aufwand möglich
- Druckdifferenz erhöhen (s. **Direkte Verdampfung**) ist ohne Wirkung
- to bleibt hoch, tc verändert sich nicht
- lokale Leistung durch Erfüllung der Kältetechnik





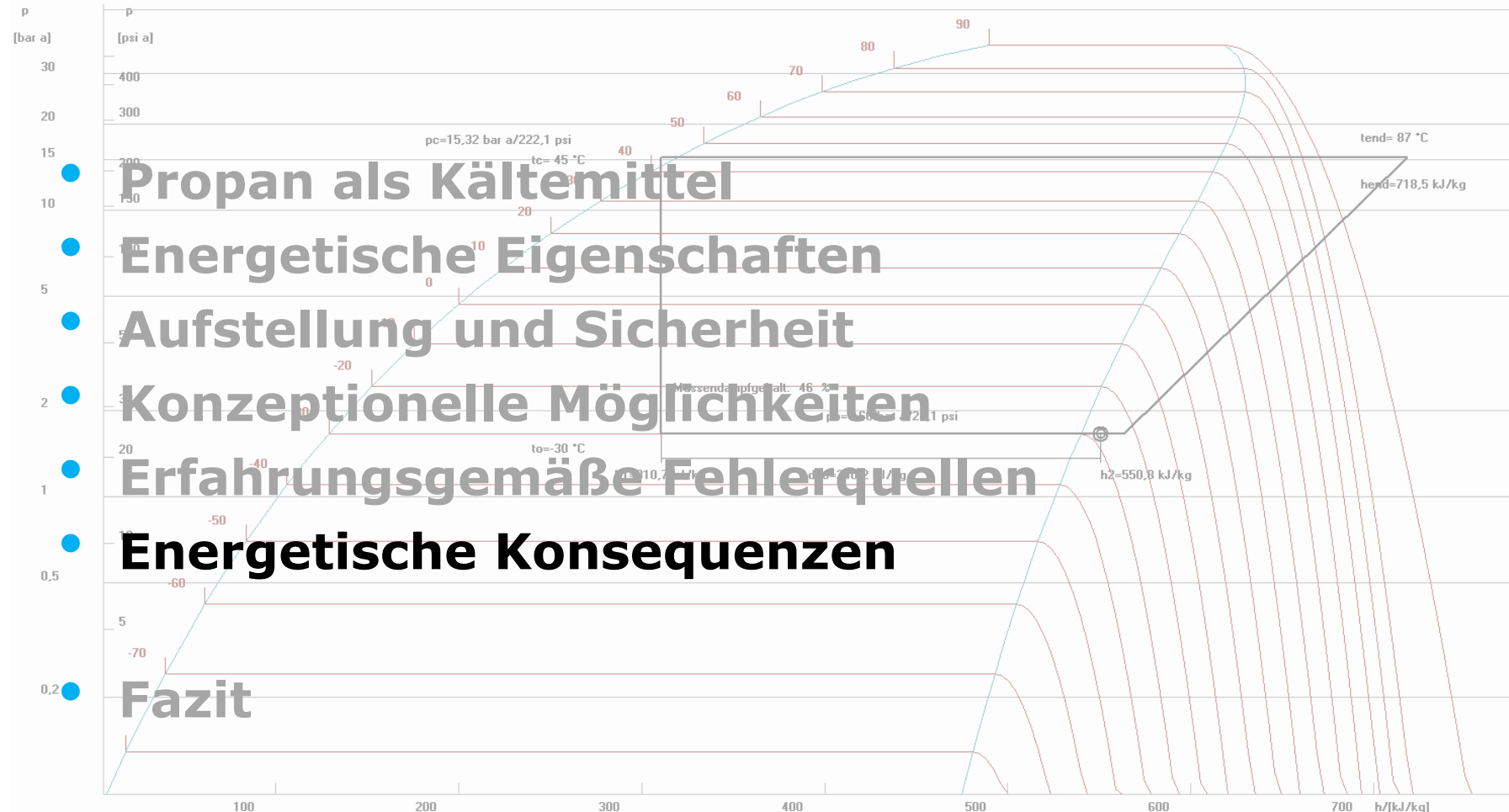
Energetische Bewertung des Einsatzes von R 290

Energetische Konsequenzen

10/2021

Inhalt

- Propan als Kältemittel
- Energetische Eigenschaften
- Aufstellung und Sicherheit
- Konzeptionelle Möglichkeiten
- Erfahrungsgemäße Fehlerquellen
- Energetische Konsequenzen
- Fazit





Anlagenkonzepte für dauerhaft hohe Energieeffizienz

SEPR = „Seasonal Energy Performance Ratio“ nach ErP-Richtlinie

**Energetische
Bewertung des
Einsatzes
von R 290**

**Energetische
Konsequenzen**

10/2021

	Neuzustand/ Nach Inbetriebnahme	Zu erwarten nach 5 Jahren Betrieb
CO ₂ - Direkt Verdampfung Mitteldruckbehälter 5°C Füllmenge ca. 210 kg	$t_{Cmin} = 18^{\circ}C$ $t_o = -6^{\circ}C$ SEPR = 3,40	$t_{Cmin} = 20^{\circ}C$ $t_o = -11^{\circ}C$ SEPR = 2,56
CO ₂ - Direkt Verdampfung Parallelverdichtung Füllmenge ca. 210 kg	$t_{Cmin} = 18^{\circ}C$ $t_o = -6^{\circ}C$ SEPR = 3,68	$t_{Cmin} = 20^{\circ}C$ $t_o = -11^{\circ}C$ SEPR = 2,68
Waterloop mit Rückkühler R 290 Füllmengen ca. 27 x 350g bis 1350g	$t_{Cmin} = 18^{\circ}C$ $t_o = -14^{\circ}C$ SEPR = 3,80	$t_{Cmin} = 20^{\circ}C$ $t_o = -15^{\circ}C$ SEPR = 3,51



Energieeffizienz: Anlagenkonzepte für dauerhaft hohe Energieeffizienz SEPR-Werte nach ErP-Richtlinie

Energetische
Bewertung des
Einsatzes
von R 290

Energetische
Konsequenzen

10/2021

	Thermostatische Expansionsventile	Elektronische Expansionsventile
Direkt Verdampfung R 448/449A Füllmenge ca. 350 kg	$t_{Cmin} = 24,6^{\circ}C$ $t_o = -8^{\circ}C$ SEPR = 4,13	$t_{Cmin} = 18^{\circ}C$ $t_o = -8^{\circ}C$ SEPR = 5,04
Direkt Verdampfung R 450/513A Füllmenge ca. 380 kg	$t_{Cmin} = 38,2^{\circ}C$ $t_o = -8^{\circ}C$ SEPR = 2,91	$t_{Cmin} = 18^{\circ}C$ $t_o = -8^{\circ}C$ SEPR = 4,98
Indirekte Verdampfung /Kälteträger R 290 Füllmenge ca. 3 x 15 kg	$t_{Cmin} = 32,3^{\circ}C$ $t_o = -11^{\circ}C$ SEPR = 3,88	$t_{Cmin} = 18^{\circ}C$ $t_o = -11^{\circ}C$ SEPR = 5,25

Energetische Bewertung des Einsatzes von R 290

Energetische Konsequenzen

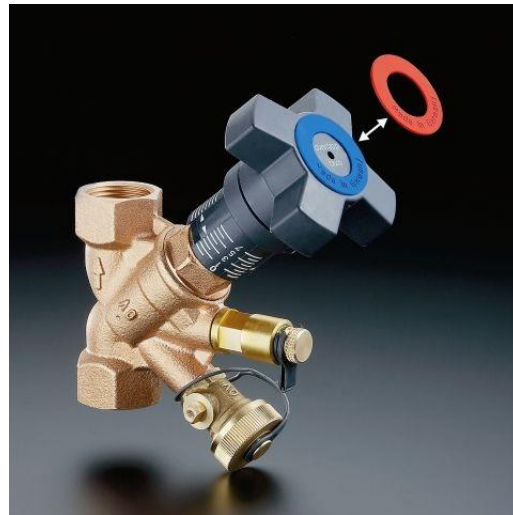
10/2021

Energieeffizienz:
Anlagenkonzepte für dauerhaft hohe Energieeffizienz
Verschleiß/Standfestigkeit



Betrieb von Expansionsventilen

- dünne Stahlmembran, viele bewegte Teile, Federn und sehr kleine Strömungsquerschnitte
- Lebensdauer ca. 4 bis 8 Jahre durch Verschmutzung, Bruch oder Verschleiß



Betrieb von Strangregulierventilen

- keine bewegten Teile, kein Verschleiß, großer Strömungsquerschnitte
- Lebensdauer nicht durch Bruch oder Verschleiß begrenzt

Quelle: Emerson Climate/Oventrop GmbH



**Energetische
Bewertung des
Einsatzes
von R 290**

**Energetische
Konsequenzen**

10/2021

Energieeffizienz: Überhitzungsregelung bei Elektronischen Expansionsventilen



**Überhitzungsregelung ist häufig
nicht korrekt:**

Fehlerquellen sind:

- falsche Position der Fühler
- Kabelbruch, Korrosion z.B. durch mechanische Einwirkung
- Fühler/Transmitter haben mehrere Kelvin/kPa Abweichung
- Elektronik nicht korrekt kalibriert





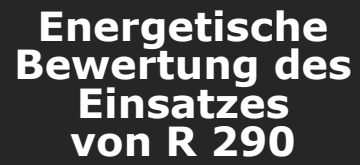
Energieeffizienz: Anlagenkonzepte für dauerhaft hohe Energieeffizienz Veränderung SEPR-Werte im Laufe der Nutzung

**Energetische
Bewertung des
Einsatzes
von R 290**

**Energetische
Konsequenzen**

10/2021

	Thermostatische oder elektronische Expansionsventile	
Direkt Verdampfung R 448/449A Füllmenge ca. 350 kg	$t_{cmin} = 24,6^{\circ}\text{C}$ $t_o = -8^{\circ}\text{C}$ SEPR = 4,13 400.000 kWh/a	 $t_{cmin} = 35^{\circ}\text{C}$ $t_o = -12^{\circ}\text{C}$ SEPR = 2,38 675.000 kWh/a
	Elektronische Expansionsventile	
Indirekte Verdampfung /Kälteträger R 290 Füllmenge ca. 3 x 15 kg	$t_{cmin} = 18^{\circ}\text{C}$ $t_o = -11^{\circ}\text{C}$ SEPR = 5,25 325.000 kWh/a	 $t_{cmin} = 20^{\circ}\text{C}$ $t_o = -12^{\circ}\text{C}$ SEPR = 4,63 355.000 kWh/a



10/2021

- Propan als Kältemittel
- Energetische Eigenschaften
- Aufstellung und Sicherheit
- Konzeptionelle Möglichkeiten
- Erfahrungsgemäße Fehlerquellen
- Energetische Konsequenzen
- Fazit



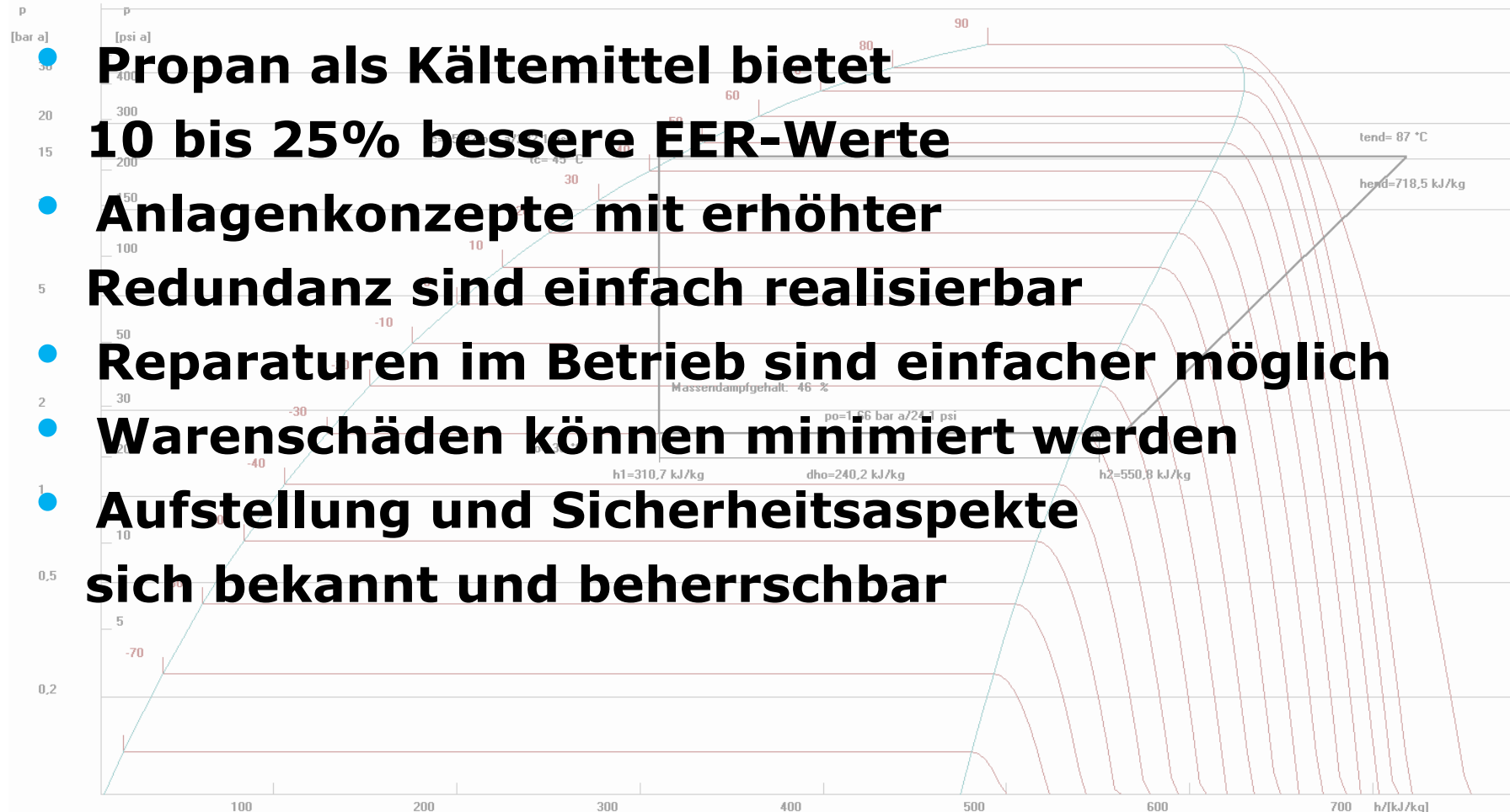


Energetische Bewertung des Einsatzes von R 290

Fazit

10/2021

Fazit



- **Propan als Kältemittel bietet 10 bis 25% bessere EER-Werte**
- **Anlagenkonzepte mit erhöhter Redundanz sind einfach realisierbar**
- **Reparaturen im Betrieb sind einfacher möglich**
- **Warenschäden können minimiert werden**
- **Aufstellung und Sicherheitsaspekte sich bekannt und beherrschbar**



Fazit:

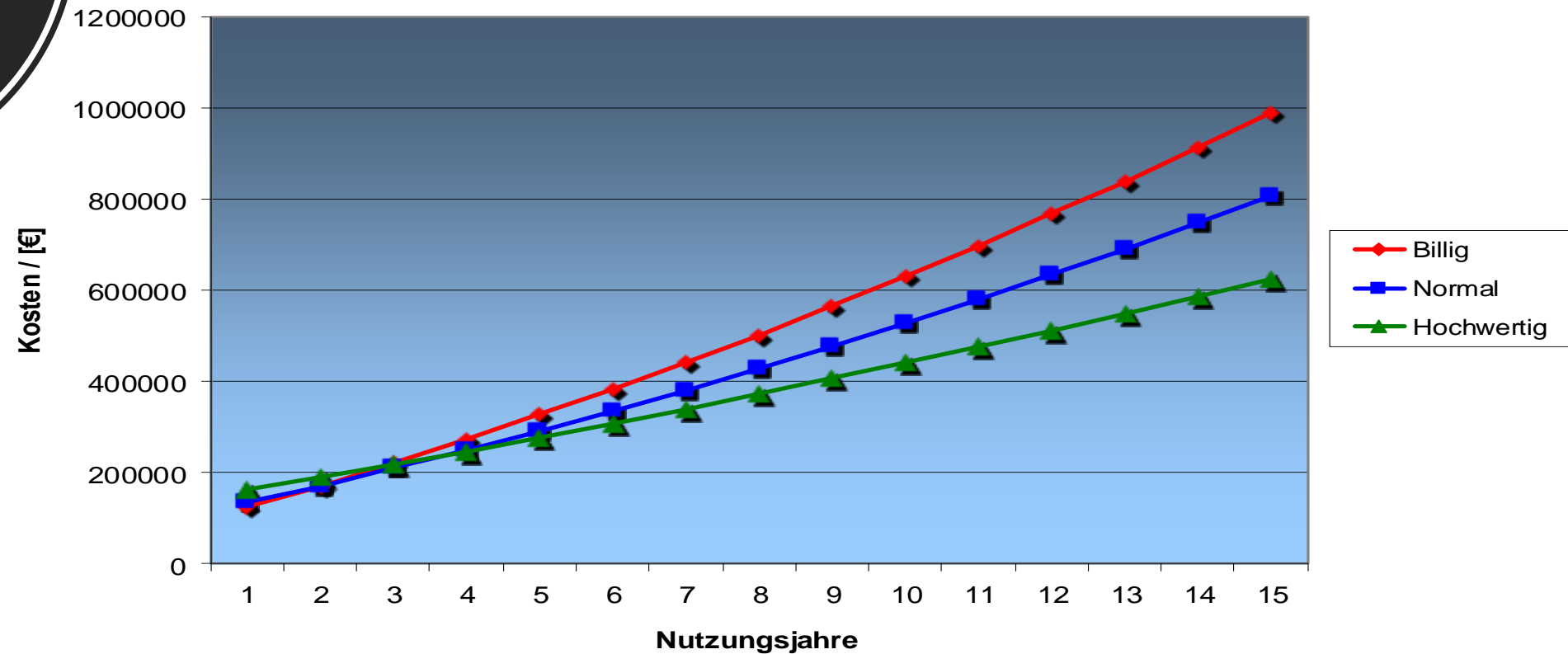
Wer billig kauft, kauft die Anlage 4 Mal

Energetische
Bewertung des
Einsatzes
von R 290

Fazit

10/2021

Summe Invest- und Betriebskosten
bei Kälteanlagen Preisgefüge 2021
Basis 100 kW



Energetische Bewertung des Einsatzes von R 290

10/2021



Abschließende Fragen?

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit.

CoolTool Technology GmbH
Kruppstr. 184
D-47229 Duisburg

www.cooltool-technology.de
info@cooltool-technology.de