



Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk



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

CoolTool Technology GmbH
Info@cooltool-technology.de

Kruppstr. 184
D-47229 Duisburg



Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

- Schwächen des ursprünglichen Konzeptes
- Vorüberlegungen nach Verordnung (EU) Nr. 517/2014 über fluorierte Treibhausgase
- Sicherheitstechnische Vorüberlegungen nach EN 378/TRBS/BGR 500...
- Einsatzmöglichkeiten von Kohlenwasserstoffen
- Bisherige Erfahrungswerte bei Umstellungen
- Energieeffizienz von KW-Kältemitteln
- Projektierung nach Bedarf
- Technische Daten
- Betriebserfahrungen des Betreibers





Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

- Ursprüngliche Planung mit 500 kW Leistung:
- 50 Standard Klimageräte zur lokalen Klimatisierung
- Anwendung für Schalthäusern, Leitwarten und Messständen einer 350m langen Walzstraße
- Aufstellung oberhalb der Verbraucher innerhalb einer Maschinenhalle
- Die interne Kälte- und Klimaabteilung stoppte das Projekt in der Ausschreibungsphase





Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

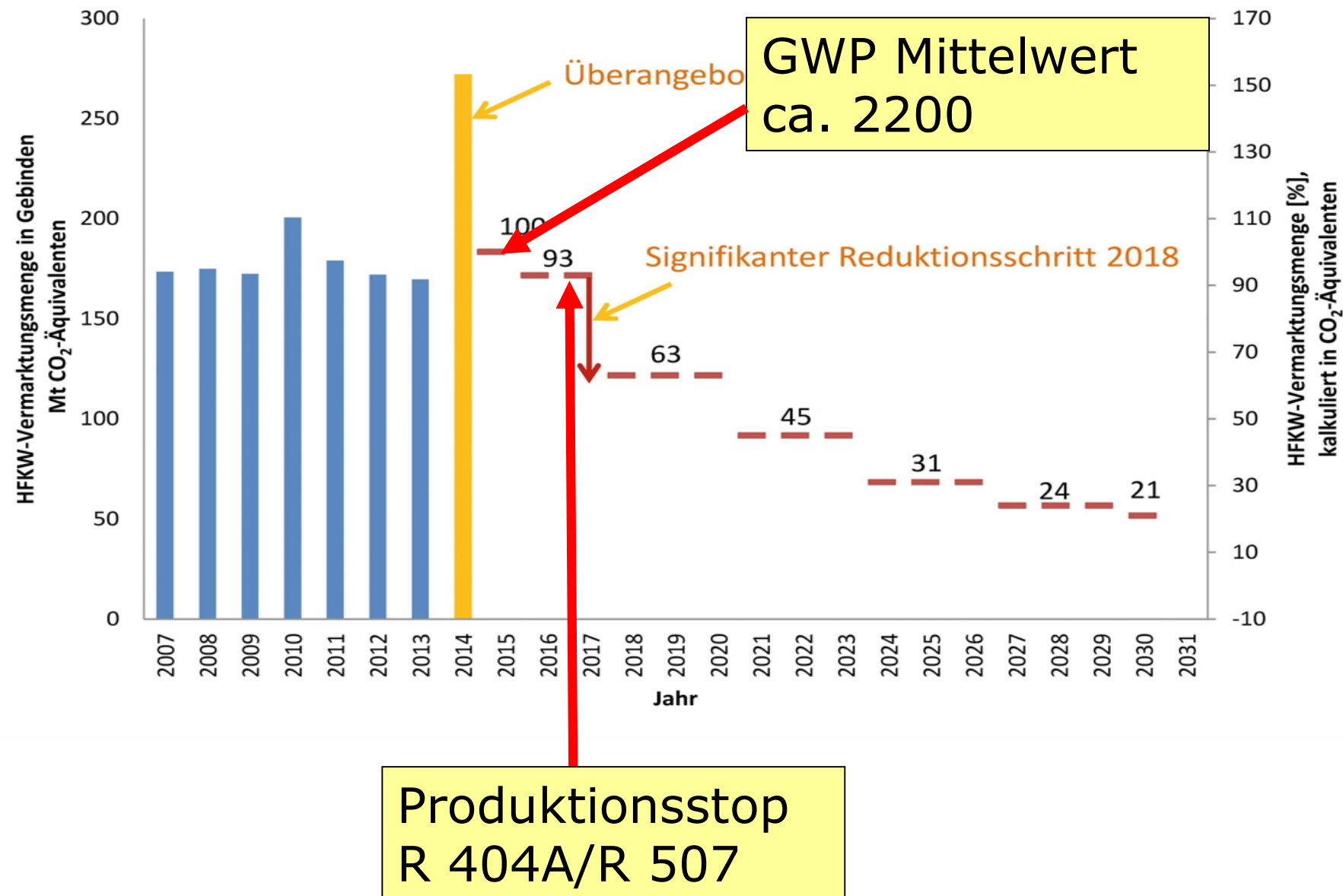
- Standard Klimageräte sind nicht korrosionsbeständig
- In geringen Mengen wird Säure auf die Bleche gespritzt
- Klimageräte schalten bei zu hohen Umgebungstemperaturen ab
- Innerhalb der Halle sind hohe Temperaturen zu erwarten
- Die Luft in Stahlwerken ist stark partikelhaltig
- Innen- und Außenteile haben sehr kleine Lamellenabständen
- Die Kaltwalzstraße darf nicht angehalten werden.
- Ein Produktionsstop ist auf jeden Fall zu vermeiden.
- Kältemittel R410A ist erprobt, aber nicht zukunftssicher





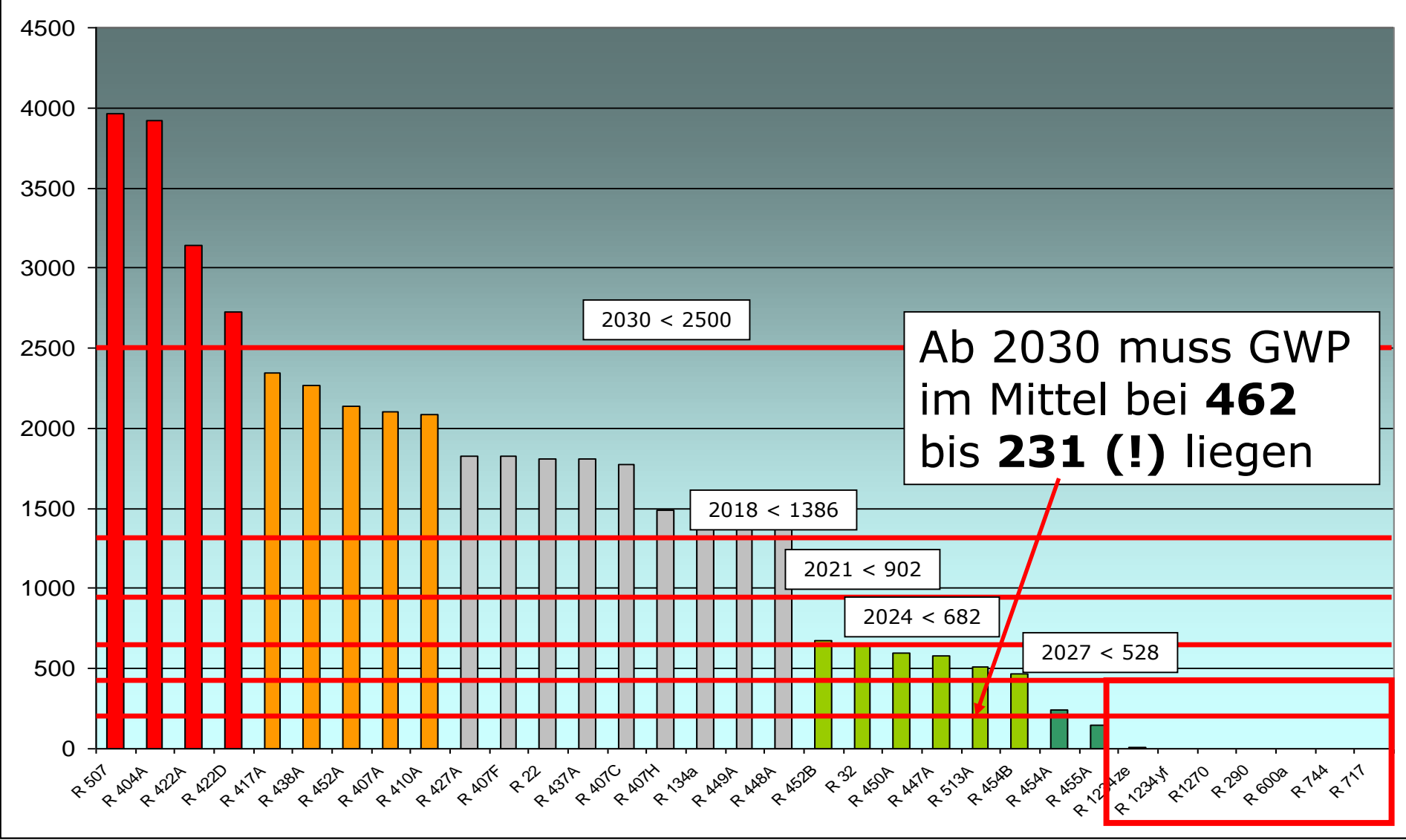
Ausblick in die Zukunft F-Gas Verordnung

**Zukünftige
Mengen GWP
Tonnagen die in
den Markt
gebracht
werden dürfen.**





Ausblick in die Zukunft F-Gas Verordnung



GWP Werte von aktuellen Kältemitteln Vergleich der verfügbaren Tonnagen



Propan/Butan: explosive Gase

Schulung KW Kältemittel

Eigenschaften von Propan/Butan: Verbrennungsenergie:

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

Bis zu 20
bar Druck!!



Propan/Butan: explosive
Gase als Kältemittel!

Wo steht, dass ich das
überhaupt darf??



ATEX Zone 1 !

Im normalem Betrieb auftretende
zündfähige Atmosphären!

Gefährliche technische Ausrüstung

Darf ich das überhaupt?

**Enthält bis zu 350g brennbare Stoffe,
die freigesetzt werden:**

Benutzung streng verboten ?



ATEX Zone 1 !

Im normalem Betrieb auftretende
zündfähige Atmosphären!

Gefährliche technische Ausrüstung

Darf ich das überhaupt?

**Häufig auftretende zündfähige
Atmosphären:**

Benutzung streng verboten ?

Kühlschrank explodiert nahe Wulfener Altenheim

Wulfen-Barkenbergr - Ein lauter Knall, eine Druckwelle, ein großer Schreck: Am späten Dienstagabend sorgte eine Explosion in Wulfen-Barkenbergr für einen Polizeieinsatz. Unbekannte Täter hatten in der Nähe eines Altenheims mithilfe von **Knallkörpern** einen Kühlschrank zerstört.

Kühlschrank in Weißensee explodiert

Die Ermittler glauben, dass **unsachgemäß** gelagertes Feuerzeuggas den Unfall ausgelöst haben könnte.

[Bilder zu Kühlschrank](#)



[→ Weitere Bilder zu Kühlschrank explodiert](#)

[Frankfurter Neue Presse > de > Frankfurt](#)
Explosion in Frankfurter Café: Vier
28.06.2016 - Bei einer **Explosion** im „Caffè Leidenschaft“ des Cafés in einem kleinen Nebenraum einen K

[LinerTreff.com > ... > Allgemein > Neuigkeiten](#)
Wohnmobil explodiert - Neuigkeiten

17.10.2018 - 17 Posts - 6 Autoren
Das Wohnmobil ist nicht **explodiert** und es ist folglich auch nicht in die Fahrzeug mit einem gasbetriebenen Kühlschrank ...

Spraydose explodiert im Kühlschrank: Fachwerkbau beschädigt

Ludwigsburg (dpa/lsw) - Eine im Kühlschrank **gelagerte Spraydose** ist in Ludwigsburg

Kühlschrank in Schildesche explodiert

Wahrscheinlich haben unbekannte Täter den Kühlschrank mit **einer blau-weißen Gaskartusche in Brand gesetzt**. Zuvor waren an einem Einkaufszentrum

Explosion im Frankfurter Nordend

Eine heftige Explosion im „Caffè Leidenschaft“ auf der unteren Berger Straße hat am Montagnachmittag vier Menschen verletzt, zwei davon schwer. Die Feuerwehr sprach von einem Unfall. Auslöser sei wohl eine **Sprühflasche** gewesen. Eine Mitarbeiterin des Cafés habe in einem kleinen Nebenraum einen **Kühlschrank** mit einer **Spraydose** gereinigt.

gle-Suche:
ank explodiert”
Treffer!



Grundsatzfrage der Rechtsauffassung

- Immanuel Kant, lebte von 1724 - 1804
- Deutscher Philosoph der Aufklärung
- Hochlehrer in Königsberg mit den Fächern:
Logik, Metaphysik, Moralphilosophie,
natürliche Theologie, Anthropologie, etc.
- Verfasste u.a. Schriften zur Rechtsphilosophie
- „System der Prinzipien des Rechts“

Wendete die Inhalte der reinen Kritik der Vernunft mit den Grundlagen der Ethik und der Metaphysik der Sitten auf die Grundsätze der Rechtsauffassung an.





Grundsatzfrage der Rechtsauffassung

Kant stellte fest:

- Das Rechtsprinzip ist ein **negatives Prinzip**, weil **alles erlaubt ist**, was hiernach **nicht verboten** ist.
- Eine Pflicht besteht nur, nicht gegen das Verbot zu verstoßen.
- „**Freizügigkeitsprinzip**“

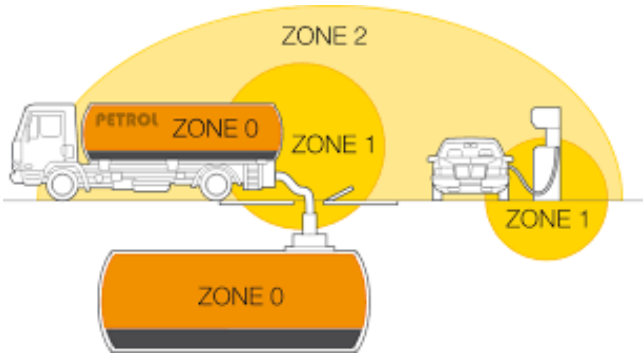




Zonen-Einstufung nach ATEX

ATEX ist ein weit verbreitetes Synonym für die ATEX-Richtlinien der Europäischen Union. Die Bezeichnung ATEX leitet sich aus der französischen Abkürzung für ATmosphères EXplosibles ab. Die Direktive umfasst aktuell zwei Richtlinien auf dem Gebiet des Explosionsschutzes, nämlich die ATEX-Produktrichtlinie 2014/34/EU und die ATEX-Betriebsrichtlinie 1999/92/EG.

Die Umgebung von Kohlenwasserstoff-Kältemaschinen wird konform zu EN 378 und BGR 500 in Zone 2 eingestuft(*).



Gerätegruppe II nach ATEX 2014/34/EU						
Geräte zur Verwendung in explosionsgefährdeten Staub- und Gasatmosphären						
	Kategorie 1		Kategorie 2		Kategorie 3	
Gefahr	ständig, häufig oder über längere Zeit		gelegentlich		selten und kurzzeitig * während Wartungsarbeiten	
Anforderung	sehr hohe Sicherheit		hohe Sicherheit		normale Sicherheit	
Zone	Zone 0	Zone 20	Zone 1	Zone 21	Zone 2	Zone 22
Stoffgruppe	G	D	G	D	G	D

G=Gas, D=Staub



Kennzeichnung ATEX/ RL 2014/34/EU



Kennzeichnung

Neue Kennzeichnung	Installations-Beispiel
II 1G Ex ia IIC T6 Ga	Installation komplett im Behälterinneren Zone 0
II 2G Ex db [ia Ga] IIC T6 Gb	Installation Ex d, Sensorstromkreis und/oder Ein- und Ausgänge Ex i Zone 1
II 2G Ex db eb IIC T4 Gb	Installation Ex e, da Zwei-kammergehäuse Zone 1
II 2D Ex tb IIC T200 °C Db	Schutz durch Gehäuse, max. Oberflächentemperatur 200 °C Zone 21
II 1/2 G Ex ia IIC T6 Ga/Gb	Installation Zonentrennwand Sensor im Behälter Zone 0, Elektronik außerhalb Zone 1
II 3G Ex nA IIC T6 Gc oder II 3G Ex ec IIC T6 Gc	Zündschutzart nicht funkend Zone 2
II (1) G [Ex ia Ga] IIC (1) D [Ex ia Da] IIC	Zugehöriges Betriebsmittel wie Ex i-Speisegerät, Anordnung im Schaltschrank (ex-frei) eigensichere Speisung bis Zone 0/20 möglich

Zonen-Einstufung nach ATEX

Geräte- gruppe	Geräte- kategorie	Zone	Geräte- gruppe	EPL	Definition nach BetrSichV	Zertifizierungs- pflicht
n.RL94/9/EG		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 einem Staub/Luft-Gemisch besteht, ständig,	ja
II	2D					ja
II	3D					nein
<div><ul style="list-style-type: none">- Bei ATEX Zone 2 ist der „Sachkundige“ derjenige, der beurteilt, ob es passt oder nicht!- Ab 2021 jeder Geselle (m/w/d) => KK5- Ansonsten Lehrgang Sachkunde in zertifizierten Bildungsstätten</div>						
					aller Wahrscheinlichkeit nach nur sehr selten und während eines kurzen Zeitraums.	

- Bei ATEX Zone 2 ist der „Sachkundige“ derjenige, der beurteilt, ob es passt oder nicht!
- Ab 2021 jeder Geselle (m/w/d) => KK5
- Ansonsten Lehrgang Sachkunde in zertifizierten Bildungsstätten



Zonen-Einstufung nach ATEX

Definition ATEX Zone 2:

(nach BetrSichV und GefStoffV) ... ist ein Bereich, in dem im Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht auftritt, und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit.

- Wobei der Begriff „kurzzeitig“ einer Zeitdauer von etwa 30 Minuten pro Jahr entspricht.
- Eine explosionsfähige Atmosphäre ist bei Normalbetrieb nicht zu erwarten.

Anforderungen ATEX Zone 2:

- In Zone 2 reicht es aus, wenn die Geräte **keine betriebsbedingten** Zündquellen aufweisen.
- In Zone 2 müssen die Betriebsmittel **nicht zertifiziert** sein.
- Für Elektromotoren, Schalter, Klemmkästen, Leuchten und weitere elektrische Geräte Schutzart **IP 44/54 => Schwadendicht** (EN 60079-7)



Brennbarkeit/Zündfähigkeit von Propan

R 290/Propan in einer auf Dauer technisch dichten Anlage

auf Dauer technisch dicht

(gemäß TRBS 2152, Teil 2, Abschnitt 2.4.3.2)

- Für Kälteanlagen, die mit brennbaren Kältemitteln betrieben werden, sind grundsätzlich Komponenten (unlösbare Verbindungen) zu verwenden, die **auf Dauer technisch dicht** sind.
- Als **auf Dauer technisch dichte** Anlagenbauteile gelten auch **voll- oder halbhermetische Verdichter** und hermetische Kältemittelpumpen sowie Pumpen und offene Verdichter mit **doppelt wirkenden** Gleitring-dichtungen.
- Die BGR 500, Kap. 2.35 (Punkt 3.7.4.3.) sieht bei Verwendung von **hermetischen Verdichtern** und **Füllmengen bis 2,5 kg** keine Ausweisung einer Zone vor.



Einsatzbeschränkungen von Propan

Beschränkungen des Einsatzes von Propan/Butan:

A) Öffentliche Bereiche:

Geschäfte, Hotels, Kinos, Büros

Für jeden zugänglich

B) Kontrollierte Bereiche:

Allg. Fabriken, Lagerhäuser, Werkstätten, Kühlzellen

Büros ohne Publikumsverkehr

C) Technische Bereiche :

Maschinenhallen und -räume

Spez. Produktionsräume, Kühlhäuser

DX Systeme

1.5 ...5 kg

2.5...10 kg

10 kg...unbegrenzt

Indir. Systeme

1.5 ...5 kg

2.5...10 kg

25 kg...unbegrenzt

Füllmenge kleiner 150g:

Keine Einschränkung in der Verwendung

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

Bereiche mit zündfähigen Atmosphären



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

Bei Wartung und Reparatur:
ATEX Zone 2

Auftreten von Leckagen an Kälte- und Klimaanlage

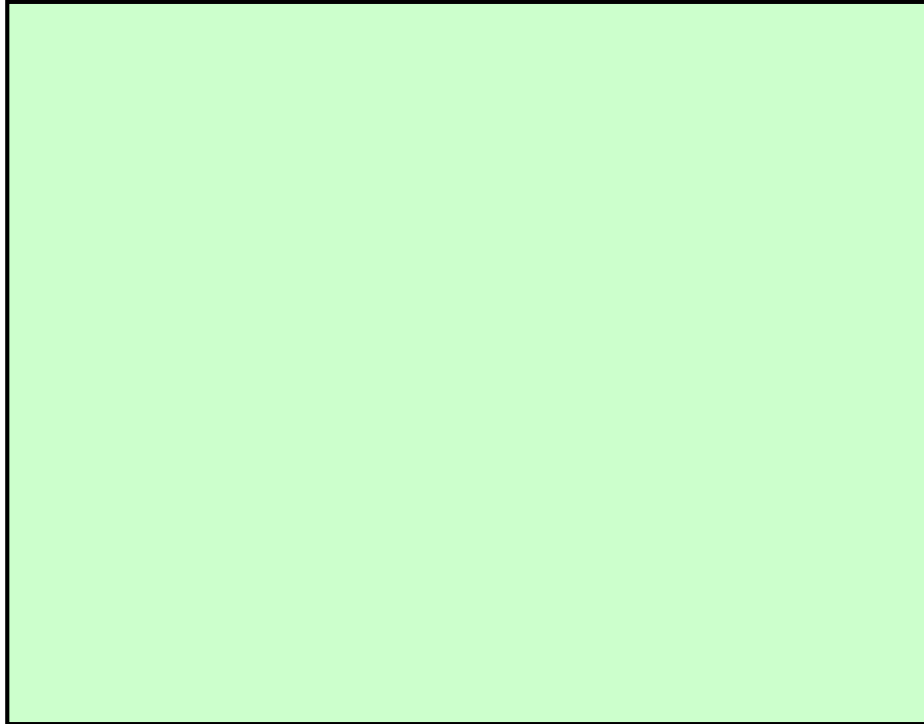
Häufigkeiten von Leckagen:

- 90% der Menge in kg auf der Verdampfer Seite
- auf der Verdampfer Seite kleine, schleichende Undichtigkeiten, z.B. undichte Bördel, „Haarrisse“ in Lötstellen, so gut wie nie kapitale Havarien
- 10% der Menge in kg auf der Erzeuger Seite
- auf der Verdichter/Erzeuger Seite größere Häufigkeit von kapitalen Havarien beim Verbund
- „Zugänglichkeit“ ist ausschlaggebend.





Brennbarkeit/Zündfähigkeit von Propan



**Niemals,
is`n Gas!**

Raum mit 50m^3 , 20m^2 und einer Höhe von $2,5\text{m}$.

Zündfähige Schicht 20cm mit 2% Propan (LFL)...

Entspricht 178g Propan

Dann wird ein Ventilator eingeschaltet...

Frage:

Wie lange dauert es, bis die zündfähige Schicht wieder am Boden ist?

(a) 1 Stunde

(b) 1 Tag

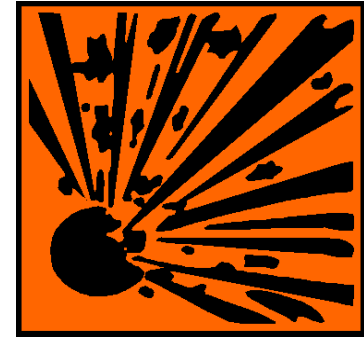
(c) 1 Woche



Brennbarkeit/Eigenschaften von Propan

Schulung KW Kältemittel

- **Explosion:** Wenn in einem kleinem Raum in sehr kurzer Zeit eine sehr große Energiemenge freigesetzt wird, in Form eines starken Temperatur- und Druckanstiegs, der zu einer starken Volumenvergrößerung führt.



- **Verpuffung:** ablaufende, s. Flammenges. Regel dumpt

- $V_{\text{Flamme}} = 0,3$

- $P_{\text{max}} = 19 \text{ bar}$





Eigensichere Bauteile

Kühlzelle Innen

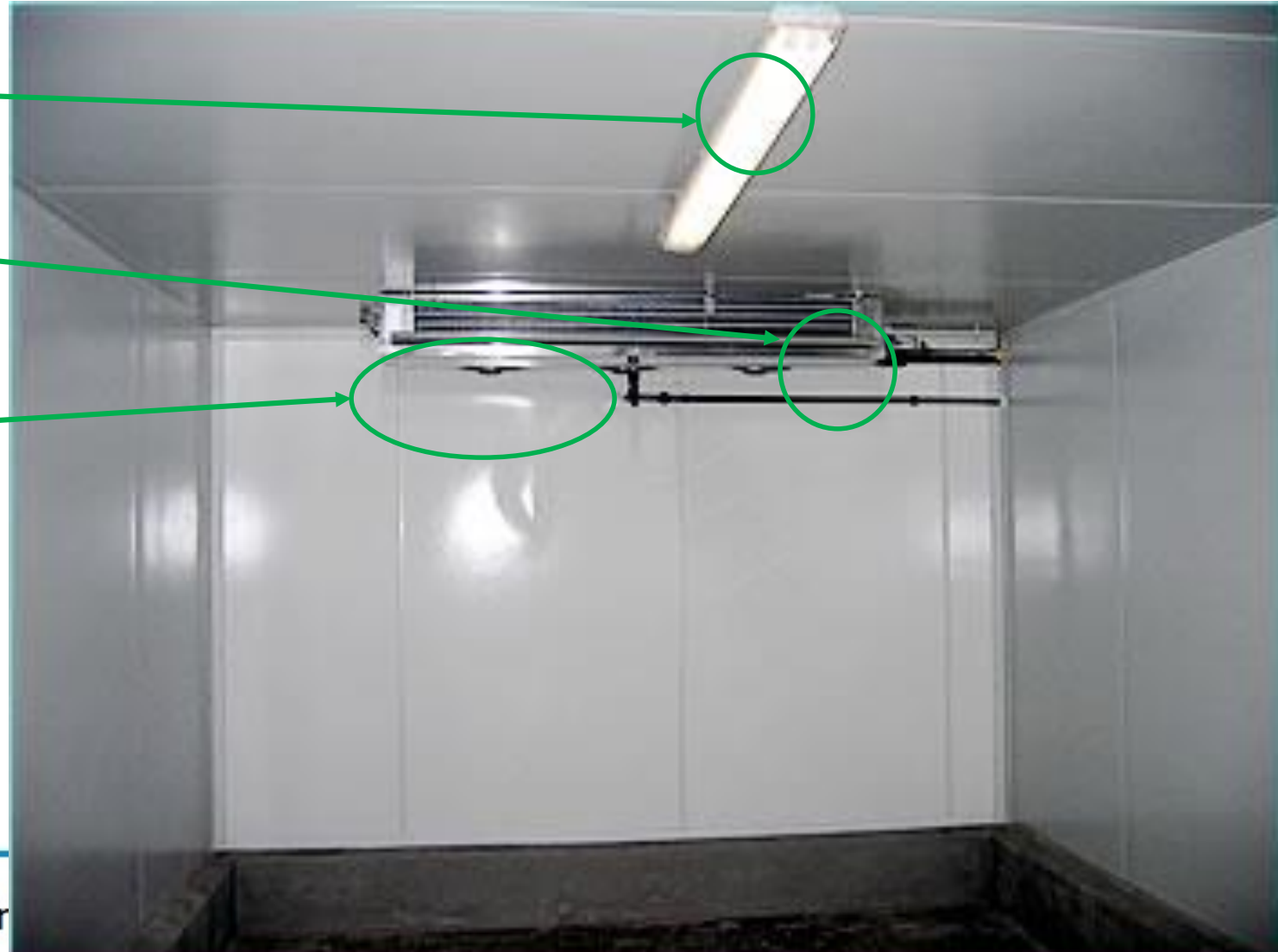
Vorschaltgerät Neonröhre:
Keine Zündquelle

Magnetventil:
Keine Zündquelle

Lüfter Verdampfer:
Keine Zündquelle

Anlage technisch dicht
⇒ Bis 2,5 kg keine ATEX Zone

Anlage mit Bördel
⇒ Bei $> 8\text{g/m}^3$ ATEX 2





Eigensichere Bauteile

Kühlzelle Außen

Steckdosen:
Keine Zündquelle

Regler/Thermostate:
Keine Zündquelle

Lichtschalter:
Keine Zündquelle

**Da sich keine zündfähige
Atmosphäre bilden kann.**

**Rohre ohne Bördel
⇒ Keine ATEX Zone**





Umstellung R 404A auf R 290

TK – Kühlzelle/SC 12 Twin

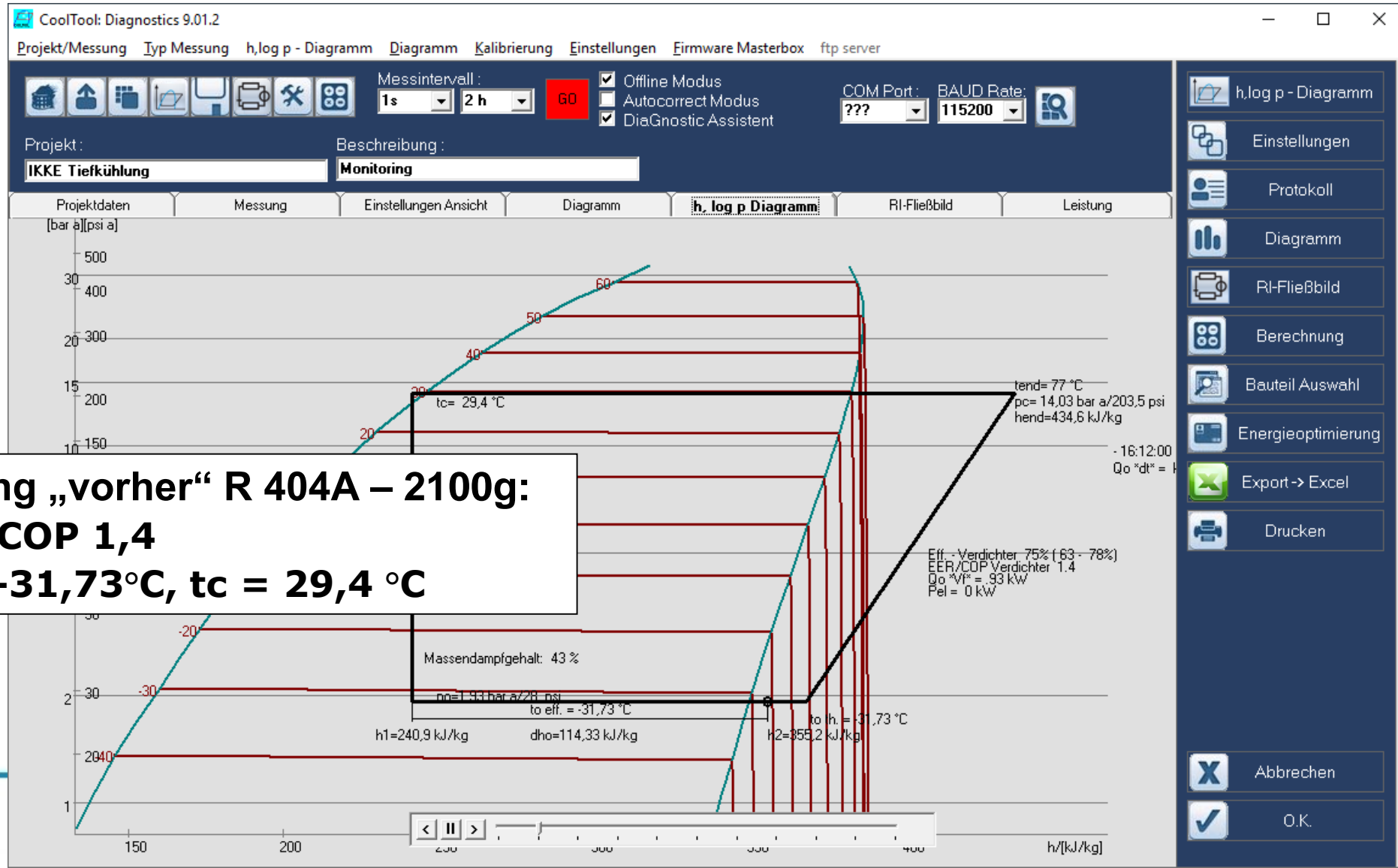


Keine Zündquelle in der Zelle
Leitungen wurden von der Rolle verlegt
Expansionsventil R 404A Düse zu klein
Gesamtüberhitzung 16 -20K

Außenaufstellung
Alle Schaltelemente außerhalb der Zelle
POE Öl kann verwendet werden
Neue Einstellung aller Schaltgeräte

Umstellung R 404A auf R 290

TK – Kühlzelle/SC 12 Twin

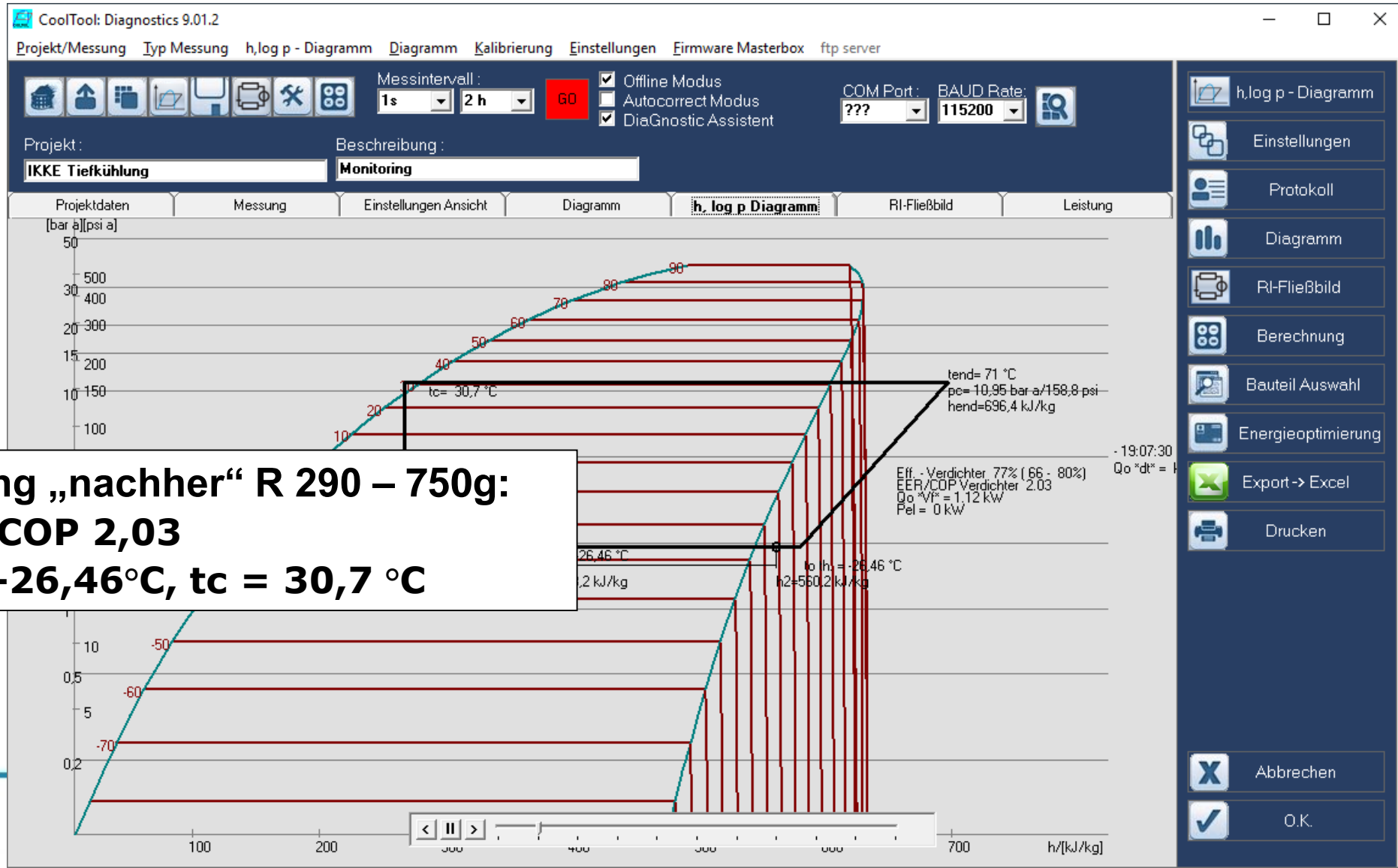


Messung „vorher“ R 404A – 2100g:

- EER/COP 1,4
- to = -31,73°C, tc = 29,4 °C

Umstellung R 404A auf R 290

TK – Kühlzelle/SC 12 Twin



Messung „nachher“ R 290 – 750g:

- EER/COP 2,03
- to = -26,46°C, tc = 30,7 °C



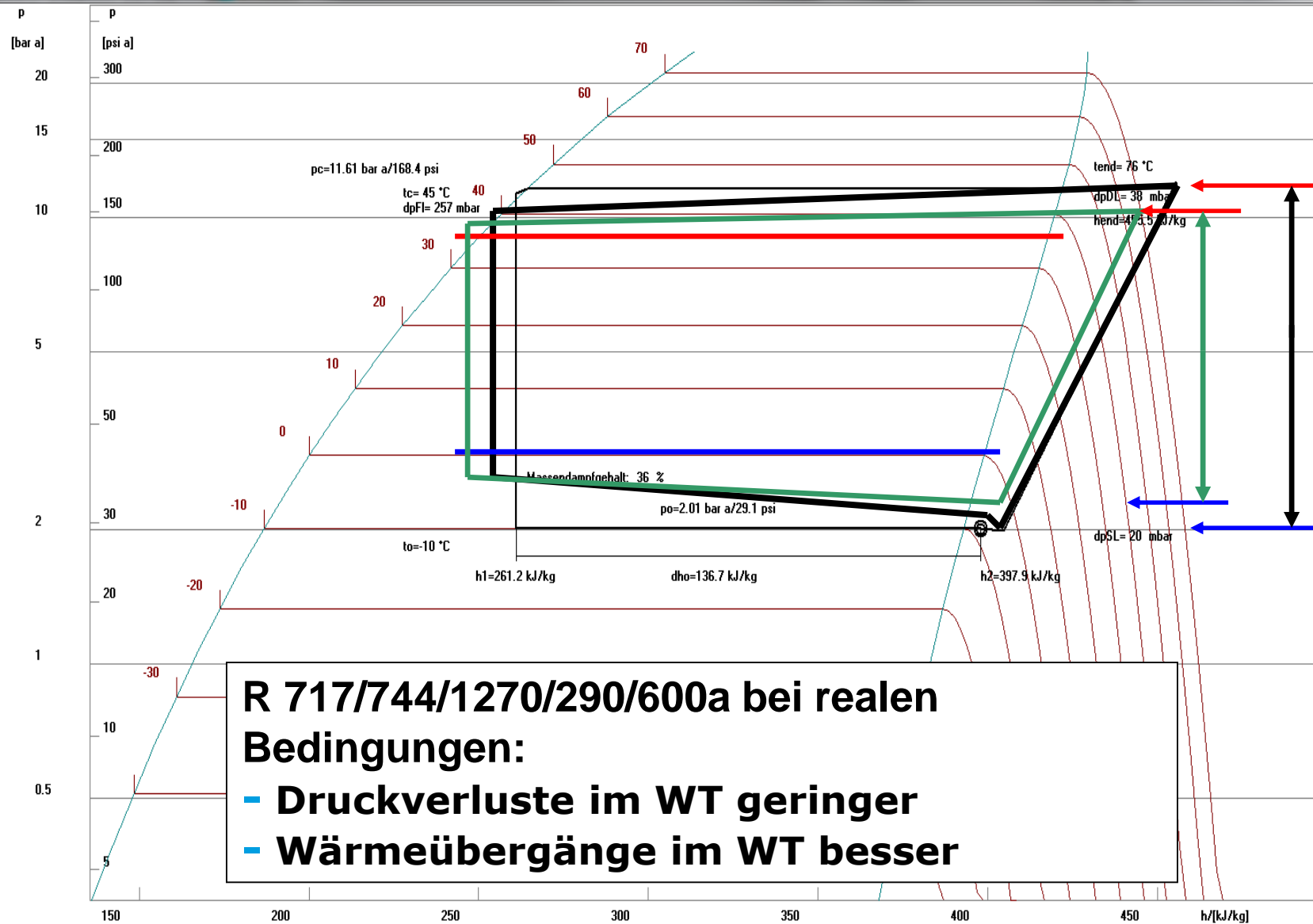
Energieeffizienz:

Betriebsbedingungen der Wärmeübertrager bei gleichen physikalischen Randbedingungen abhängig vom Kältemittel

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

	COP/EER _{theo} [-]	to/tc [°C/°C]
R 404A _{gemessen}	1,40	-31,7/29,4
=> R 290 _{theor.*}	1,35	-31,7/29,4
aber: R 290 _{gemessen}	2,03	-26,4/30,7

*Quelle Bitzer Software v6.6



Kältemittel: R134A

to: -10 °C

pc / po: 5.7 --

tSL: 4 °C

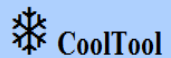
tc: 45 °C

toh: 6 K

dho: 136.6 kJ/kg

xd: 0.36

Qo/Q EN 12900: 93.7 %





Eigenschaften von Ersatzkältemitteln-Säurebildung

Aspekte 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 Auswirkungen auf das Herz, ohne alarmierende Symptome tödlich sein. Symptome bei massiver Exposition: Bewusstlosigkeit, Atemnot, Erregung, Kopfschmerz, Übelkeit, Benommenheit, Schwindel. Herzrhythmusstörungen.

Explosionsgrenze - obere (%):

12,3 %(V)

Explosionsgrenze - untere (%):

6,2 %(V)

Selbstentzündungstemperatur:

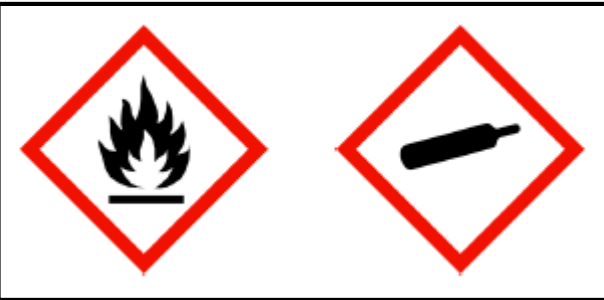
405 °C

Unverträgliche Materialien:

Oxidierende Stoffe. Alkalimetalle. Leichtmetalle. Zink. Magnesium.

Gefährliche Verbrennungsprodukte

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





Eigenschaften von Ersatzkältemitteln-Säurebildung

Aspekte außerhalb der Normung:

R 290 – Propan /C₃H₈

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

Gefahrenhinweis(e):

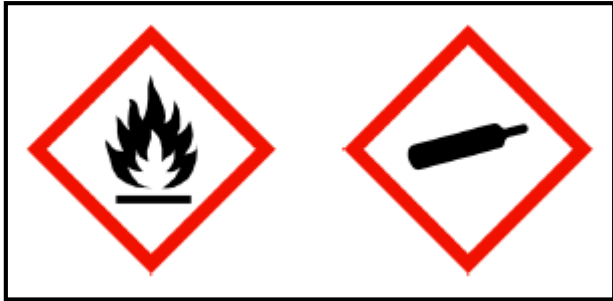
H220: Extrem entzündbares Gas.

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

Akute...Wirkungen:

Erfrierungen und Verbrennungen bei Kontakt mit

~~verflüssigtem Produkt . Beim Einatmen des~~
konzentrierten Gases: Sauerstoffmangel. Bei hohen
Konzentrationen narkotisierend



Explosionsgrenze - obere (%):

10,9 %(V)

Explosionsgrenze - untere (%):

1,5 %(V)

Selbstentzündungstemperatur:

470 °C

Unverträgliche Materialien:

Oxidationsmittel.

Gefährliche Verbrennungsprodukte:

Kohlendioxid, Kohlenstoffmonoxid,



Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

- Detaillierte Planung im Vorfeld mit hauseigener CoolTool Software:
- Überprüfung der notwendigen Leistung der einzelnen Verbraucher über Praxisgerechter Modell nach VDI 2078
- Berechnete notwendige Gesamtleistung der Anlage => 451 kW + 50 kW Reserve
- Installiert wurden 500 kW Luftkühler mit Gleichzeitigkeit von 80%
- Benötigte Kälteleistung von ca. 400 kW

g : Klimalast - Kühllast_Schaltheus_2.prj CoolTool 9.01.2

Klimalast Kopieren Protokoll Diagramm

Länge : 56 m Breite : 5.2 m Höhe : 3.5 m

Volumen : 1019 m³ Fläche : 291.2 m² Umfang : 122.4 m

Kühllast_Schaltheus_2.prj

Wand 2
Br
Lä
Wand 1
Hö
Wand 3
Orientierung Wand 1 : Ost

☒ Rechteck
☐ Individueller Grundriss

Leistung max. : 169.2 kW (166 W/m²) Uhrzeit : 14

Berechnung Januar - Dezember

Berechnung

Außenluft

Temperatur 14h : 37 °C

Relative Feuchte : 40 %

☐ Trüber Tag

☐ Temperatur normal
☒ Temperatur maximal

Duisburg/Germany

Aachen
Augsburg
Berlin
Braunschweig
Bremen
Duisburg
Düsseldorf
Erfurt
Essen
Flensburg

Städte Bearbeiten

Personen : 2

Leistung Weitere Anteile : 164000 W

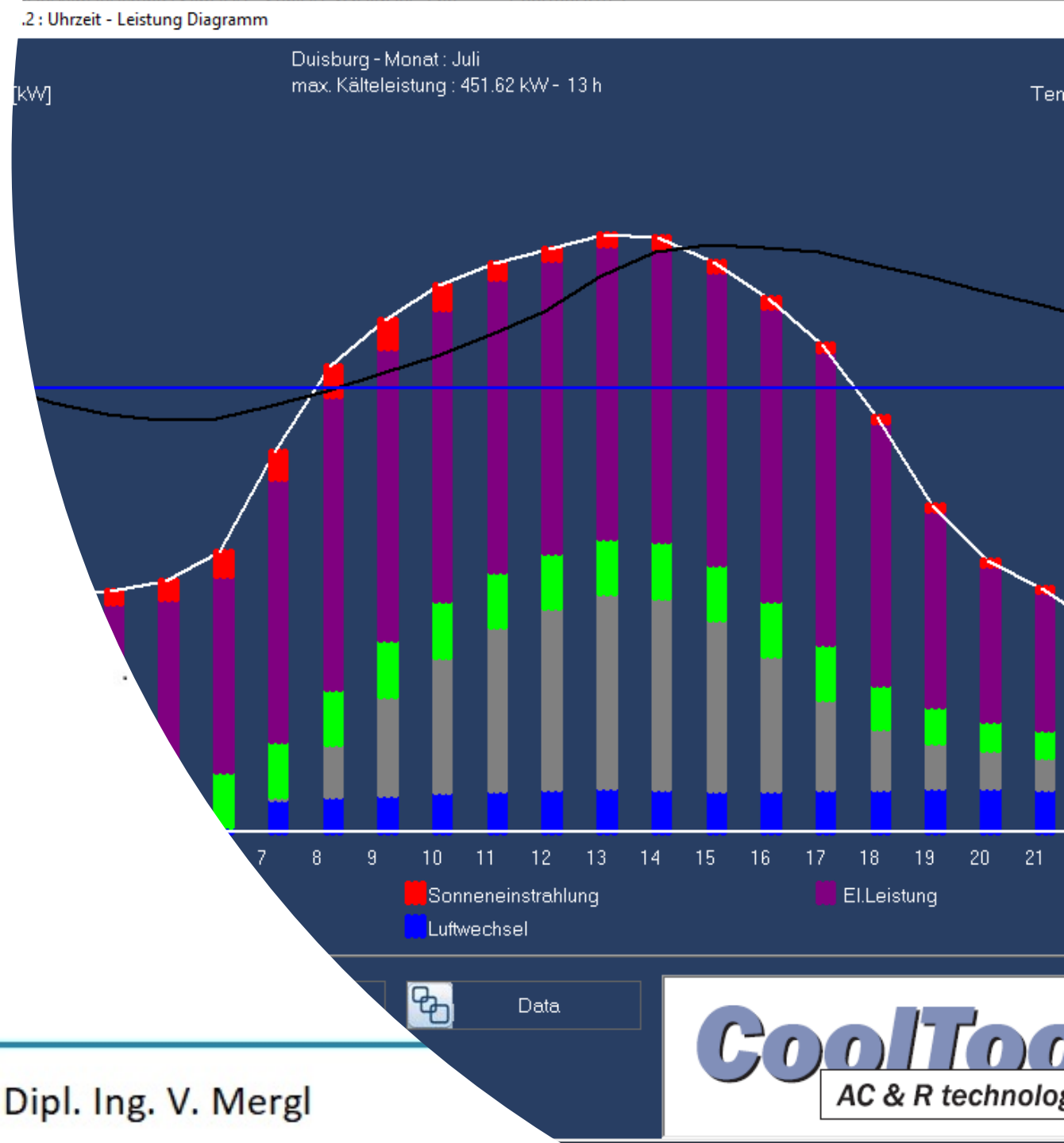
Laden

Abbrechen



Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

- Detaillierte Planung im Vorfeld mit hauseigener CoolTool Software:
- Überprüfung der notwendigen Leistung der einzelnen Verbraucher über praxisgerechtes Modell nach VDI 2078
- Überlagerung der Lastprofile der einzelnen Verbraucher
- Zu erwartende Gleichzeitigkeit von ca. 55...60%
- Aus Gründen der Redundanz wurden 80% gewählt



Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

Detaillierte Planung im Vorfeld mit hauseigener CoolTool Software:

- Machbarkeitsprüfung mittels Auslegung der Kältemaschine mit schnellem Vergleich von Varianten
- Berechnete Leistung der Anlage => 2 x 191 kW
- Berechnete Kältemittelfüllmenge mit R 290, Alfa Laval Platten-Wärmeübertrager und ThermoFin Verflüssiger
- problemlose => 2 x 15 kg Füllmenge

The screenshot displays the CoolTool software interface for refrigeration system design. The main workspace shows a schematic of a refrigeration cycle with a compressor, condenser, expansion valve, and evaporator. Key parameters are displayed:

- Compressor power: 224.9 kW
- Refrigerant: PROPAN
- Evaporator temperature: 3°C
- Condenser temperature: 42°C
- Condenser pressure: 14.32 bar a
- Evaporator pressure: 5.16 bar a
- Refrigerant flow rate: 191 kg/s
- Refrigerant volume: 183.56 m³/h
- Refrigerant frequency: 50 Hz
- Refrigerant type: Hubkolben - Halbher
- Refrigerant material: Kupfer SI
- Refrigerant type: Economizer
- Refrigerant material: Kupfer SI
- Refrigerant type: Hubkolben - Halbher
- Refrigerant material: Kupfer SI
- Refrigerant type: Economizer
- Refrigerant material: Kupfer SI

The bottom panel shows calculation results:

- Refrigerant flow rate: 191 kg/s
- Refrigerant volume: 183.56 m³/h
- Refrigerant frequency: 50 Hz
- Refrigerant type: Hubkolben - Halbher
- Refrigerant material: Kupfer SI
- Refrigerant type: Economizer
- Refrigerant material: Kupfer SI
- Refrigerant type: Hubkolben - Halbher
- Refrigerant material: Kupfer SI
- Refrigerant type: Economizer
- Refrigerant material: Kupfer SI



Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

- Detaillierte Planung im Vorfeld mit hauseigener CoolTool Software:
- Einsatzgrenzen der Verdichter
- Notwendige Leistung der Inverter
- Variation der zu erwartende Kältemittelfüllmenge in Abhängigkeit der vorgesehenen Bauteile und der Rohrdimensionen
- Verzicht auf Sammler

72110-4 S HC Verdichter Halbhermetisch

er : Saugleitung - Druckleitung

Kälteleistung : **192.01** kW

Kältemittel : **PROPAN**

Verdampfung to : **3** °C

Verflüssigung to : **42** °C

Anschluß Einbau Ort : **89 x 2x76 x 2**

Anschluß Bauteil : **64x42**

Volumenstrom Verdichter (72Hz) /[m³/h] : **264.38**

Volumenstrom Gefordert (50Hz) /[m³/h] : **175.3**

Leistung Elektrisch /[kW] : **60.5**

Leistung Elektrisch Gefordert /[kW] : **32.65**

Gewicht /[kg] : **297**

HG7/2110-4 S HC Verdichter Halbhermetisch
Kälteleistung (72Hz) : 192.01kW

Frequenz Verdichter : **72** Hz

Drucken

Speichern Bauteil

Hilfe

Abbrechen

O.K.

SHAX/SHGX R134a

SHA/SHG R22

G Tandem

GX Tandem

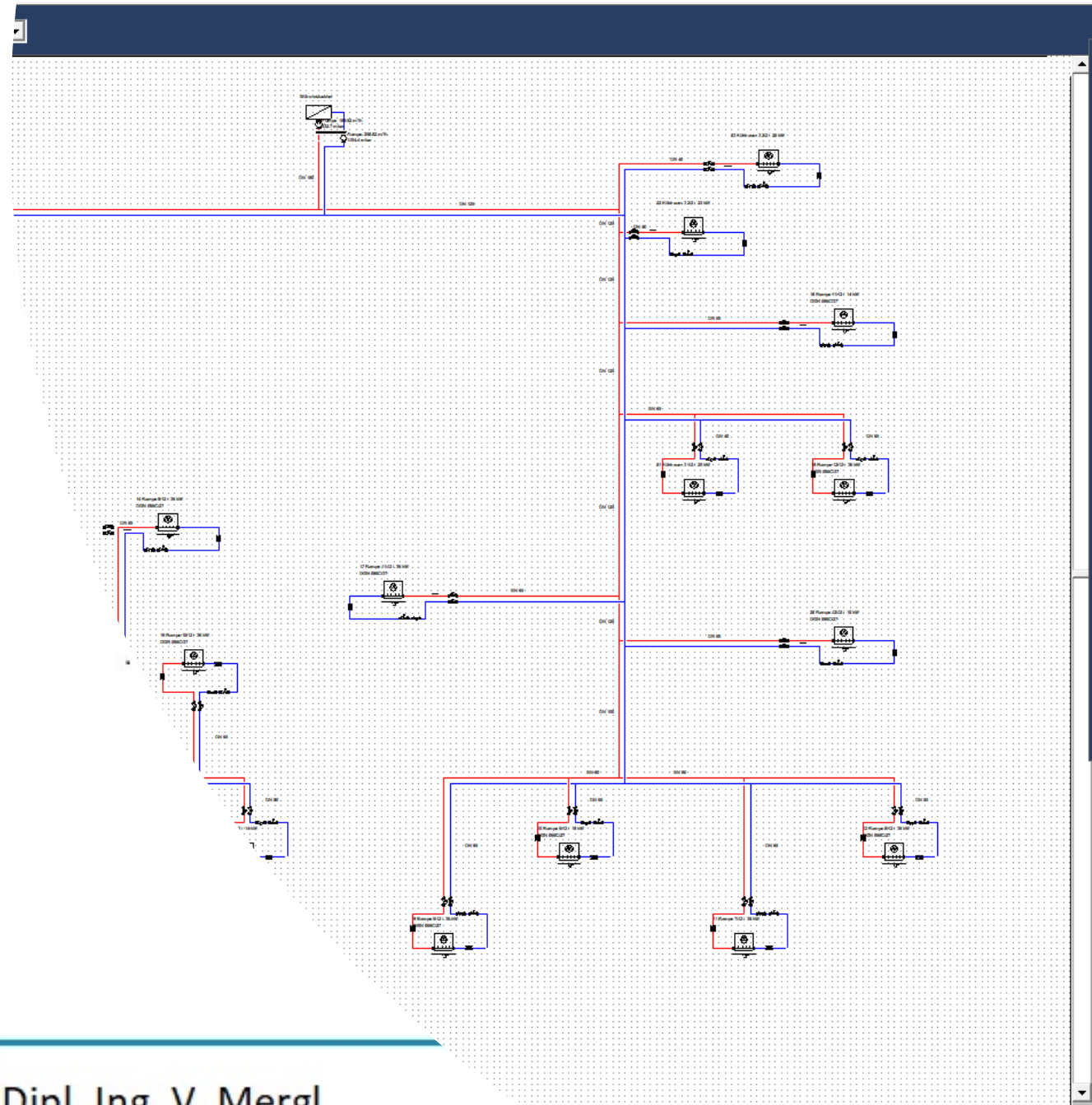
R134a/R404A

018-160



Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

- Detaillierte Planung im Vorfeld mit hauseigener CoolTool Software:
- Dimensionierung der Rohrleitungen für statische Überprüfung
- Vorbereitung des “Hydraulischen Abgleiches” (EnEV §9)
- Bestimmung der Kälteträgerfüllmenge in Abhängigkeit der Bauteile und der Rohrdimensionen



Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

- Detaillierte energetische Untersuchung im Vorfeld mit hauseigener CoolTool-Software:
- Invertersteuerung aller Verdichter bis zu 70 Hz/kurzfristig 80 Hz
- Invertersteuerung der EC Motoren aller Luftkühlerlüfter
- Invertersteuerung der EC Motoren der Verflüssigerlüfter
- Einsatz von elektronisch geregelten Expansionsventilen
- Einstellung Winterregelung der Verdichter auf 18°C Verflüssigung
- Umwälzpumpen mit Drehzahlregelung
- hydraulischer Abgleich der Verbraucher
- Simulation des Energiebedarfs anhand von 288 Betriebspunkten
- Überprüfung der Anforderungen nach ErP-Richtlinie 2009/125/EG

CoolTool 9.01.2 : Berechnung Betriebskosten - Simulation Emission CO2

Projekt: _____ Beschreibung: _____

Anlagendaten Berechnung Verdichter/Wärmerückgewinnung Einstellungen

Lamellenfläche/Leistung Verflüssiger: Groß Temperatur Verflüssigung / [°C]: 42 Temperaturdifferenz Verflüssiger / [K]: 7 Winterregelung: 18 °C Leistung Ventilator / [kW]: 9 B Typ Verflüssiger: Luftgekühlt Regelungsart Ventilator: Inverter

Einsatzbereich: Kaltwassersatz Kälteleistung: Mittel Qo / [kW]: 376 Temperaturbereich: Mittel

Wartungsintervalle: Regelmäßig Dimm: Medium Füllung: Mittel Wärmepumpe: Mittel

Energiekosten: 4631 EUR/a Emission: 5 T/a Wärmepumpe: 11 EUR/a Wärmepumpe: 104513 (kWh/a) Kaltwassersatz

Anteil		
1 Verdichter :	50142 kWh/a	47.97 %
2 Verflüssiger :	14478 kWh/a	13.85 %
3 Verdampfer :	30887 kWh/a	29.55 %
4 Abtauung :	0 kWh/a	0 %
5 Pumpe :	9005 kWh/a	8.61 %
6 Verflüssiger Luftgekühlt :	0 m³	Wasser /a
7 Wärmerückgewinnung:		
8 Einsparung Enthitzung :	9639 kWh/a	112 %
9 Einsparung Heizen :	0 kWh/a	0 %
10		

SEPR/SEER

7.31 7.6 5.7 3.8 1.9 MEPS

Leistung Ventilator / [kW]: 17.15 B Temperatur Verflüssigung / [°C]: 10.5

Kältemittel: PROPAN

Tageslaufzeit: 18 h

Laufzeitfaktor: .9

Jahresbetriebsstage: 365

Energiekosten: .14 EUR/kWh

Emission CO2: .55 kg CO2/kWh

EnerSim Hilfe

Diagramm Städte Bearbeit Profil Einstellungen h.log p - Diagramm Drucken Hilfe Abbrechen O.K.



Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

- **Finales Lösungskonzept mit 382 kW Kälteleistung und 500 kW Leistung der Luftkühlern**
- **Redundanz des Systems durch zwei getrennte Kältekreisläufe und zwei Sekundärpumpen**
- **F-Gas freie R290 Kaltwasser-Anlage mit Aufstellung im Freien**
- **Schulung der Service Abteilung auf KW-Kältemittel**
- **langfristige Alternative zu 50 R410A DX-Anlagen mit ca. 500 kg Füllmenge**
- **Kältemittel ist R290 mit 2 x 15 kg Füllmenge**
- **Jahresarbeitszahl R290 von 7,31 Außenaufstellung (*R410A ca. 5, primär durch Innenaufstellung*)**
- **Energiebedarf von 120.000 kWh/a (*R410A = 200.000 kWh/a*)**





Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

Kälteleistung : Leistungsaufnahme:	max. 382 kW max. 2 x 65 kW,
Verdampfungstemperatur: gleitend per SPS auf +6°C im Teillastbereich	$t_o = +3^{\circ}\text{C}$
Verflüssigungstemperatur gleitend	$t_c = 18 \text{ bis } 42^{\circ}\text{C}$
Kälteleistungszahl im Auslegungspunkt	5,8 für R 290 bei +3/+42°C
Jahresarbeitszahl SEER incl. Nebenaggregate	7,31 (MEPS = 3,8)





Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

Verdichter : 2 x BOCK EX-HG7/2110-4S 3GHC
beide mit Inverter FC-102P75

Expansionsventile: Carel E2V30BSM00
für tiefe Verflüssigungstemperaturen im Winter und
gleitendes to

Maschinenraum im Container mit Ex-geschützer Lüftung.

Verflüssiger : 2 x Thermofin,
Leistung $Q_c = 235 \text{ kW}$,

mittlere Temperaturdifferenz $dt_m = 7K$, ausgestattet mit EC Ventiloren, Energieeffizienzklasse B.





Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

Luftkühler :

- **Schalthäusser:** 18 x Güntner,
- **Lamellenabstand** 7 mm
- **Alle mit großer Lamellenfläche und geringem Druckverlust auf der Wasserseite**
- **Ausstattung mit langsamlaufenden EC-Ventilatoren, die alle separat drehzahl geregelt sind.**
- **Alle mindestens Energieeffizienzklasse B.**





Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

Rohrnetz:	Edelstahl-Rohrnetz mit industrieller Schäumung DN 125 bis DN 40
Kälteträger :	Wasser mit Korrosionsschutz Frostschutz über Heizpatronen im Pufferspeicher, Bypass an den Enden der Rohrleitung und permanent Betrieb der Pumpen.

Exakt mithilfe von CoolTool berechnete Rohrdimensionen für geringen Druckverlust.

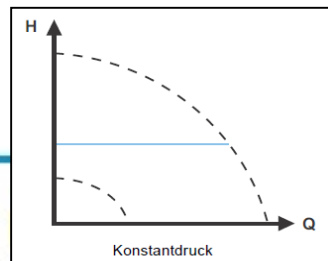
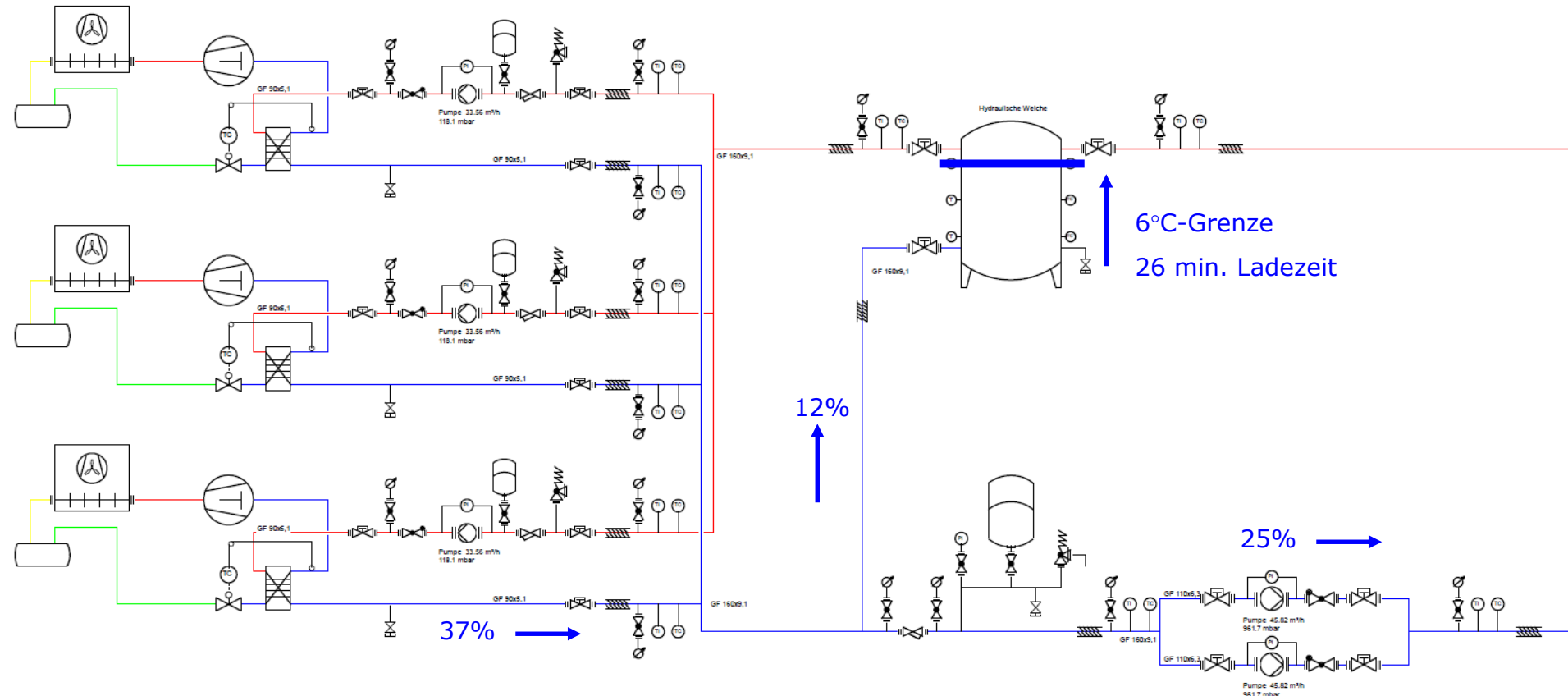
**Hydraulische Weiche zur Trennung von Primär-/Sekundärkreis,
Hydraulischer Abgleich mittels dynamischen Volumenstromreglern von Caleffi oder geregelten Motor-Kugelventilen von Bellimo über SPS.**



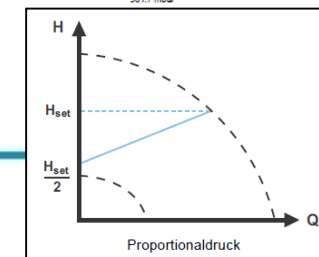
Regelungskonzept Kaltwasser

Primär-/ Ladekreis mit
110% Volumenstrom

Sekundär-/ Verbraucherkreis mit
100% und hydraulischem
Abgleich



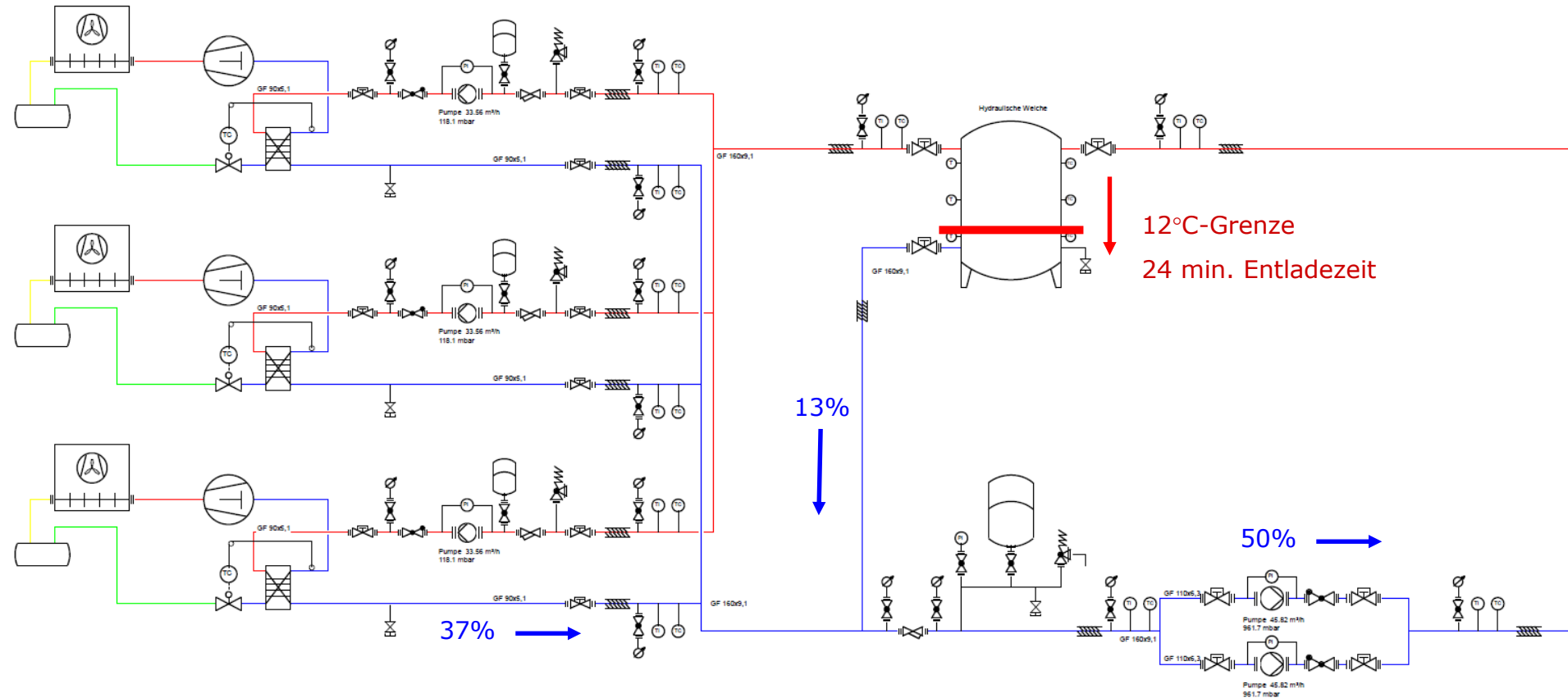
- Vortrag Dipl. Ing. V. Mergl



Regelungskonzept Kaltwasser

Primär-/ Ladekreis mit
110% Volumenstrom

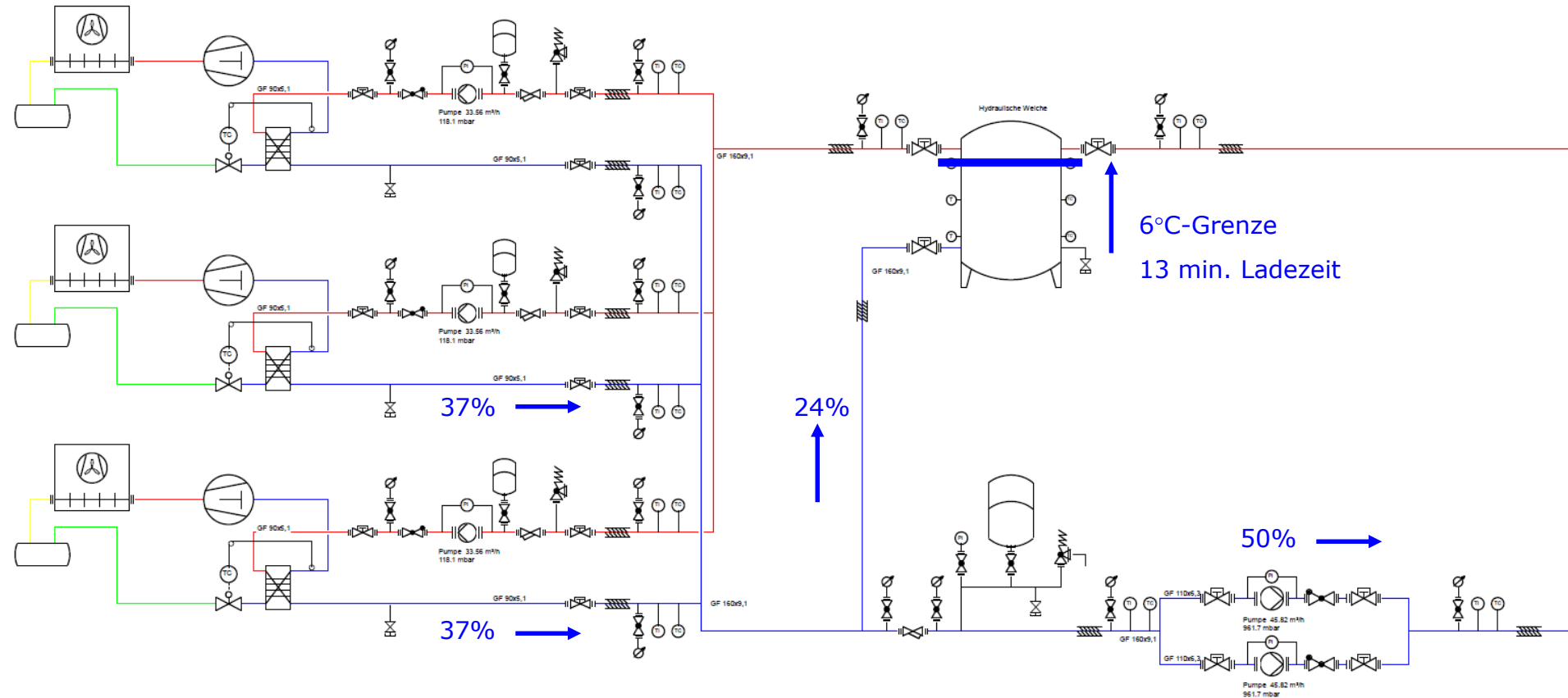
Sekundär-/ Verbraucherkreis mit
100% und hydraulischem
Abgleich



Regelungskonzept Kaltwasser

Primär-/ Ladekreis mit
110% Volumenstrom

Sekundär-/ Verbraucherkreis mit
100% und hydraulischem
Abgleich





Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

Preisgefüge:

Angebot 50 R410A-Klimaanlagen	€ 500.000,-
-------------------------------	-------------

Ausführung Kaltwasseranlage R290 mit 18 Luftkühlern Incl. Planungskosten	€ 518.000,-
--	-------------

Förderung Bafa	- € 94.000,-
----------------	--------------

Investitionskosten für den Betreiber	€ 424.000,-
--------------------------------------	-------------





Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

- Alle relevanten und sensiblen Teile der Kälteerzeugung befinden sich im Maschinencontainers.
- Ein Sicherstellen eines ordnungsgemäßen Betriebs ist einfach zu realisieren.
- Die bisherigen Erfahrungen des Betreibers, der am bisherigen Standort, aufgrund der Vielzahl der direkt verdampfenden Kältekreisläufe, permanent Probleme mit Kältemittelmangel und defekten Bauteilen hatte, sind seit der Inbetriebnahme nicht aufgetreten.
- Die Anlage läuft seit der Inbetriebnahme 10/2016 störungsfrei (!) und konnte im Betrieb mittels vorgesehener Blindflansche oder Anbohrschellen um weitere Kühlstellen erweitert werden.
- Dies ist auf durch die konsequente Ausführung der Anlage mit geregelten Pumpen, Ventilatoren und Verdichtern ohne kritische Betriebszustände zurückzuführen.





Planung und Berechnung einer nachhaltigen, F-Gas freien Klimaanlage zur industriellen Klimatisierung im Stahlwerk

Abschließende Fragen?

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit.

CoolTool Technology GmbH
Kruppstr. 184
D-47229 Duisburg

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