Magdeburg, 17.11.2022

EcoVap - Energieeinsparung beim Einsatz von Industriegasen

F. Herzog, R. Talluto, J. Tauchmann - Messer SE & Co. KGaA
S. Terkatz – Messer Industriegase GmbH

MESSER Gases for Life

Dr.- Ing. Friedhelm Herzog

- Studium: Maschinenbau, RWTH Aachen (D)
- Messer Griesheim: seit 1990 (Messer Group: seit 2004)
- Kryoprozesstechnik (Entwicklung, Anwendung, Vertrieb)
- Abteilungsleiter (international agierende Ingenieure)
- Job Title: Senior Manager
  Application Technology
  Industry

MESSER Gases for Life

Dr.- Ing. Friedhelm Herzog

- Studium: Maschinenbau, RWTH Aachen (D)

Messer SE & Co. KGaA

- Messer Griesheim: seit 1990 (~~Messer Group~~: seit 2004)
- Kryoprozesstechnik (Entwicklung, Anwendung, Vertrieb)
- Abteilungsleiter (international agierende Ingenieure)
- Job Title: Senior Manager
  Application Technology
  Industry

MESSER Gases for Life

Das Unternehmen

Messer ist das weltweit größte eigentümergeführte Industriegase-unternehmen.

Unser Liefergebiet ist Europa, Asien und Amerika.

Die Produkte

Sauerstoff, Stickstoff, Argon, Kohlendioxid, Wasserstoff, Helium, Schweiß-schutzgase, medizinische Gase, Lebensmittelgase, Gasgemische.

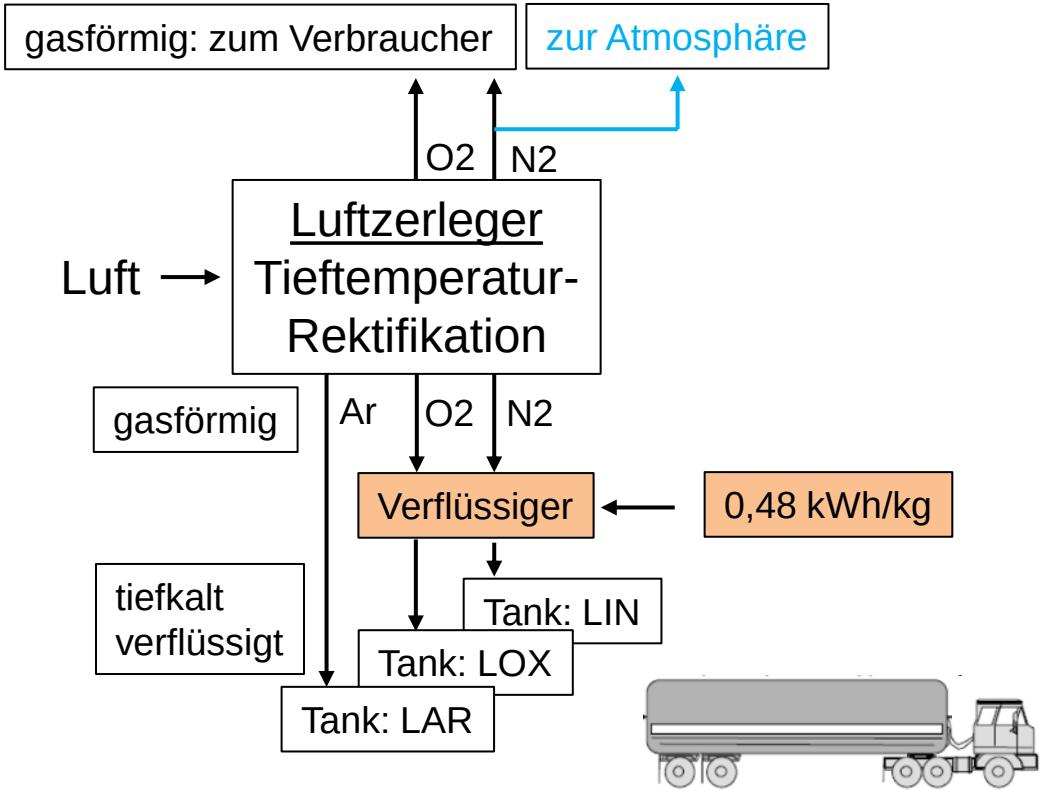
Die Kunden

Produkte und Anwendungs-technologien für fast alle Industrie-branchen, das Gesundheits-wesen sowie Forschung und Wissenschaft.

MESSER Gases for Life

Luftgase - Produktion

- Zerlegung der Luft in ihre Hauptbestandteile:
- (78% N2 - 21% O2 - 1% Ar)
- Hauptmenge geht gasförmig zum Kunden (Rohrleitung).
- Teilmenge wird verflüssig. (Tankwagen)
- Überschuss (haupts. N2) wird abgeblasen.
- Verflüssiger ist i.d.R. sehr viel kleiner als der Zerleger.



MESSER Gases for Life

Luftgase (N2, O2, Ar): Produktion und Logistik

Luftzerleger:

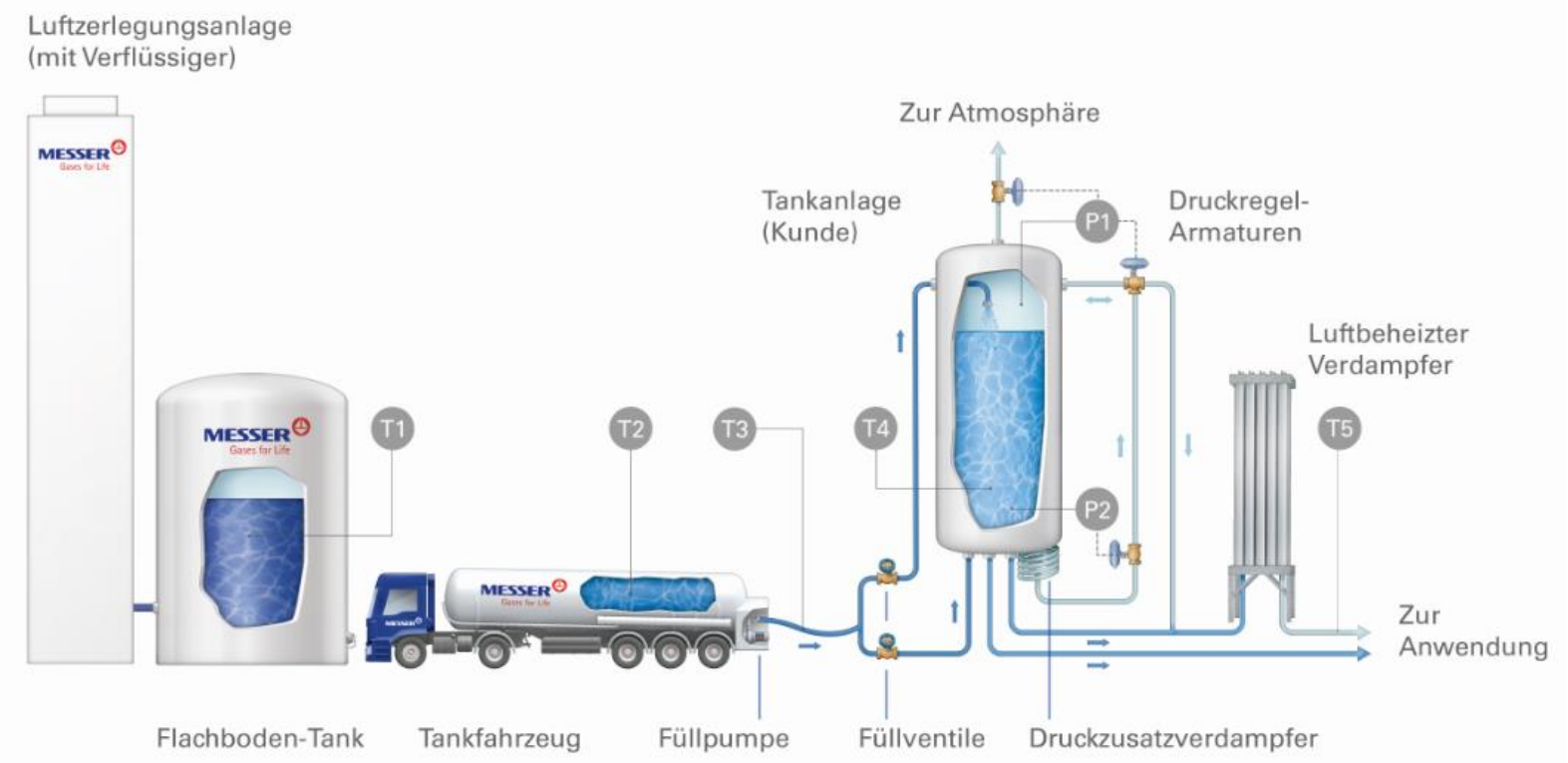
- ➔ Trennkolonne
  - ➔ Maschinenhaus
    - ➔ Tanklager (LIN, LOX, LAR)

➔ Transport

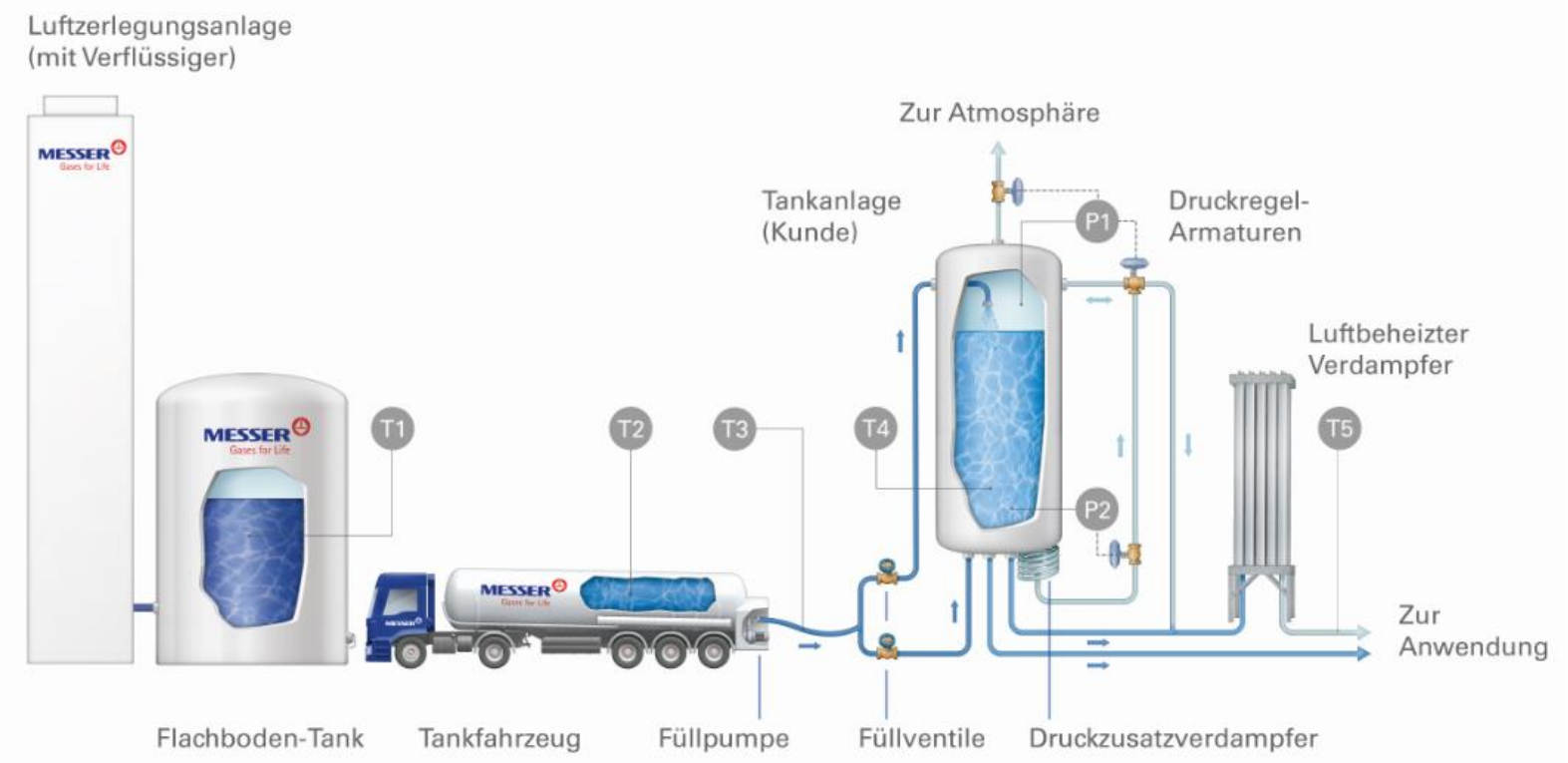
➔ Installation beim Kunden

MESSER Gases for Life

Kälte- und Gasverluste bei der Flüssigas-Logistik



Kälte- und Gasverluste bei der Flüssistickstoff-Logistik



N2-Enthalpie: -122 kJ/kg ➔ ca. -102 kJ/kg ➔ 261 bis 292 kJ/kg

Rechenbeispiel (Energie): Stickstoffbedarf = 360 kg/h (0,1 kg/s)

- Verflüssigung: $P_{(el.)}$ = 360 kg/h x 0,48 kWh/kg ➔ 173 $kW_{(el.)}$
- Logistik: $\dot{Q}$ = 0,1 kg/s x (102 kJ/kg - 122 kJ/kg) ➔ 2 $kW_{(th.)}$

- Verdampfung / Anwärmung:

N2-Temperatur: -20°C (Enthalpie: 261 kJ/kg)

➔ $\dot{Q}$ = 0,1 kg/s x (261 kJ/kg + 102 kJ/kg) ➔ 36 $kW_{(th.)}$

N2-Temperatur: +10°C (Enthalpie: 292 kJ/kg)

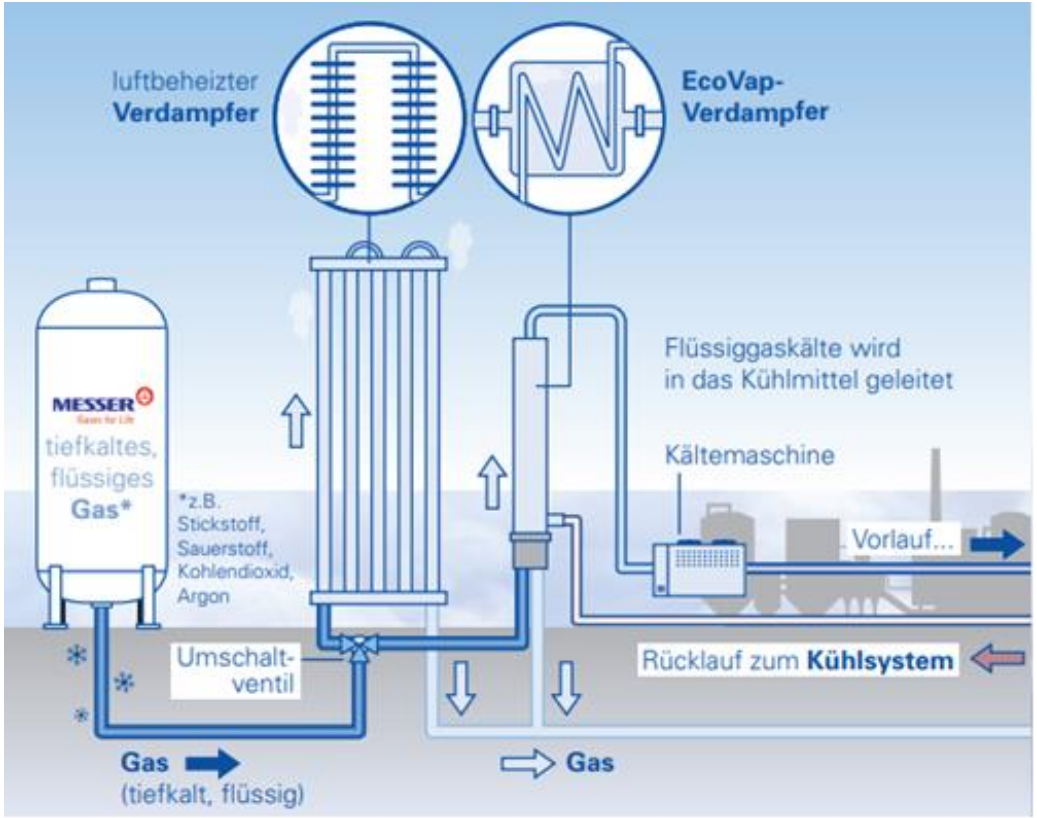
➔ $\dot{Q}$ = 0,1 kg/s x (292 kJ/kg + 102 kJ/kg) ➔ 39 $kW_{(th.)}$

MESSER Gases for Life

Luftverdampfer (umgebungsluftbeheizte Flüssiggasverdampfer) in Betrieb

MESSER Gases for Life

EcoVap – schematische Darstellung und reale Installation



MESSER
Gases for Life

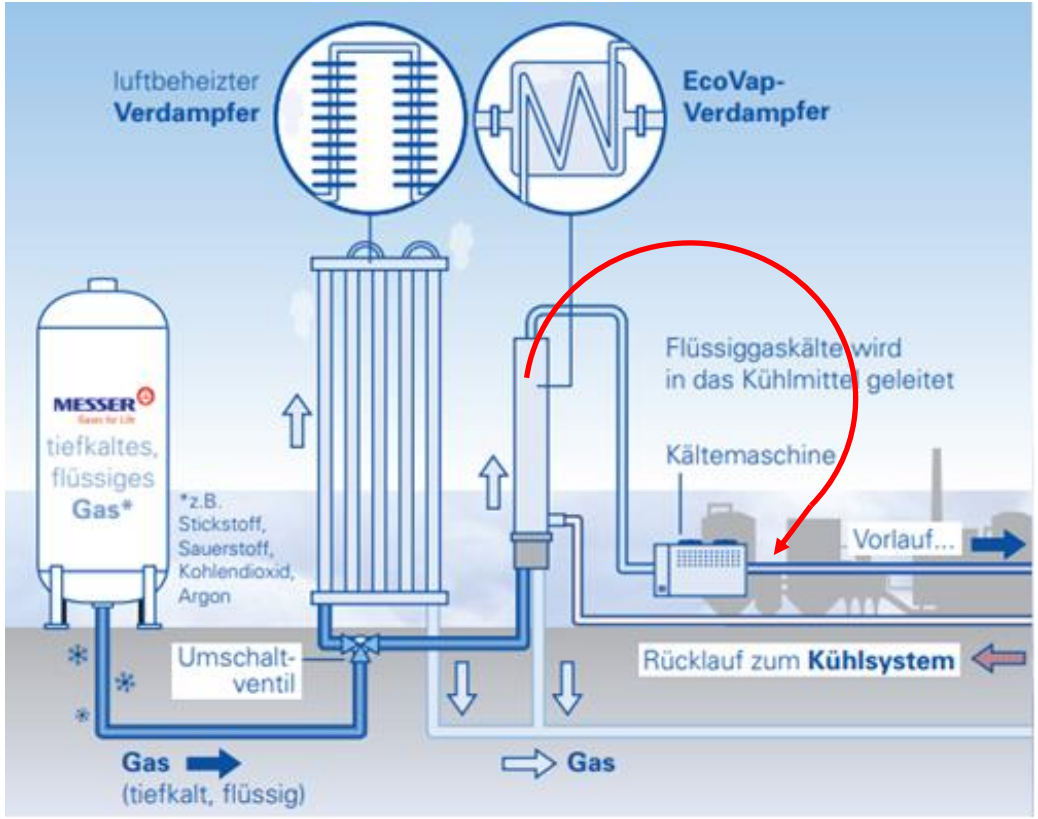
EcoVap-Sonderausführung

- Bei Betriebstemperaturen < 10°C für das Kühlmittel empfiehlt sich eine Kälteisolation.
- So wird eine Bereifung des EcoVaps vermieden.
- Der EcoVap wird i.d.R. vom rücklaufenden (warmen) Kühlmittel beheizt.

MESSER Gases for Life

EcoVap-Sonderausführung

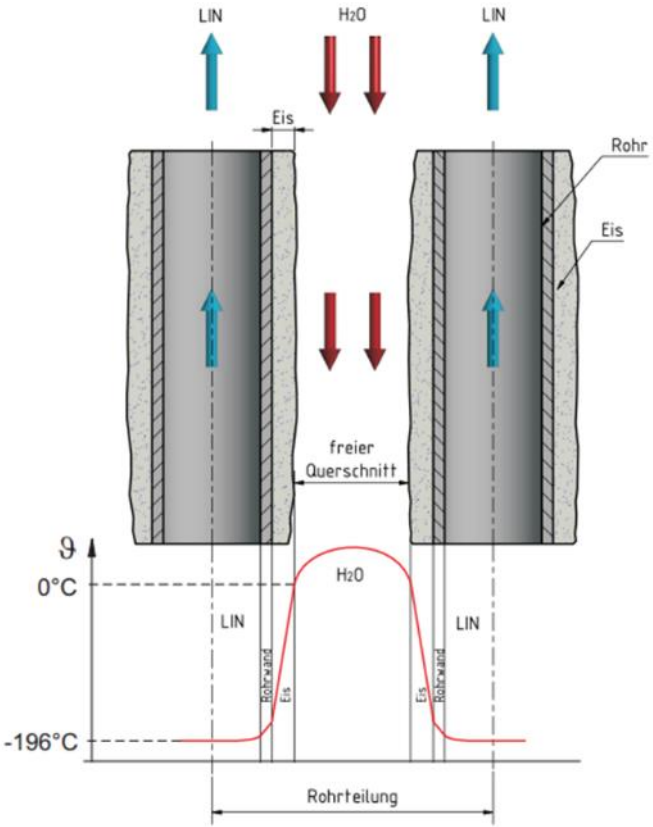
- Der EcoVap wird i.d.R. vom rücklaufenden (warmen) Kühlmittel beheizt (max. N2-Kälte).
- Er kann dort auch als „Leistungs“-Booster eingesetzt werden.
- Beim Einbau in den Kühlmittel-Vorlauf kann er als „Temperatur“ -Booster dienen.



MESSER Gases for Life

Beispiel: wasserbeheizter Verdampfer für Flüssig-Stickstoff (LIN)

- Auf den Verdampfer-Rohren bildet sich eine Eisschicht.
- Freier Querschnitt wird keiner:
  - ➔ Strömungsgeschwindigkeit steigt
  - ➔ α(a) steigt
- Eiswachstum ist begrenzt, auch bei Dauerbetrieb.
- Auslegung: Druckverlust und Isolationswirkung der Eisschicht beachten !



MESSER Gases for Life

Rechenbeispiel (Energie-Ersparnis): Stickstoffbedarf = 360 kg/h (0,1 kg/s)

- Tiefkühllager (Kühlmittelrücklauf -18°C):

  N2-Temperatur: -20°C (Enthalpie: 261 kJ/kg)

  ➔ $\dot{Q}$ = 0,1 kg/s x (261 kJ/kg + 102 kJ/kg) ➔ 36 $kW_{(th.)}$

  ➔ COP (Kälteanlage): 2 ➔ 18 $kW_{(el.)}$

- Kaltwassersatz (Kühlmittelrücklauf +12°C):

  N2-Temperatur: +10°C (Enthalpie: 292 kJ/kg)

  ➔ $\dot{Q}$ = 0,1 kg/s x (292 kJ/kg + 102 kJ/kg) ➔ 39 $kW_{(th.)}$

  ➔ COP (Kälteanlage): 3 ➔ 13 $kW_{(el.)}$

MESSER Gases for Life

Rechenbeispiel (Energie-Ersparnis): Stickstoffbedarf = 360 kg/h (0,1 kg/s)

- “versteckte” Einsparung (bei N2-Anwärmung in der Gasanwendung):

N2-Temperatur: -20°C (Luftverdampfer im Winter)

N2-Temperatur: +10°C (Austritt EcoVap)

➔ $\dot{Q}$ = 0,1 kg/s x 1 kJ/kgK x 30 K

➔ Ersparnis bei elektrischem N2-Anwärmer:

Einsparungen

➔ 3 $kW_{(th.)}$

➔ 3 $kW_{(el.)}$

- Diese Einsparung bleibt meist unbemerkt, ist aber vorhanden.

MESSER Gases for Life

Rechenbeispiel (Energie-Ersparnis): Stickstoffbedarf = 360 kg/h (0,1 kg/s)

- “versteckte” Einsparung (bei N2-Anwärmung in der Gasanwendung):
- Beispiel: Inertgas-Lötanlage für Elektronik-Bauteile

➔ elektrische Beheizung der Lötanlage: ➔ 3 $kW_{(el.)}$

➔ Kühlanlage zur Leistungssteigerung (Coolsold-Verfahren): ➔ 13 $kW_{(el.)}$

➔ Summe: ➔ 16 $kW_{(el.)}$

- Nebeneffekt: kein Kondenswasser an kalten Gasleitungen im Produktionsgebäude

MESSER Gases for Life

Rechenbeispiel (Energie-Ersparnis): CO2-Bedarf = 360 kg/h (0,1 kg/s)

- CO2-flüssig Tank (-20°C / 20 bar) ➔ Enthalpie: 155 kJ/kg
- CO2 nach Verdampfung (+10°C / 20 bar) ➔ Enthalpie: 471 kJ/kg

➔ $\dot{Q}$ = 0,1 kg/s x (471 kJ/kg - 155 kJ/kg) ➔ 32 $kW_{(th.)}$

➔ COP (Kälteanlage): ca. 3 ➔ 11 $kW_{(el.)}$

MESSER Gases for Life

Rechenbeispiel (Energie-Ersparnis): CO2-Bedarf = 360 kg/h (0,1 kg/s)

- CO2-flüssig Tanks werden oft mit Elektro-Heizern ausgestattet, um eine konstante CO2-Temperatur (umgebungsunabhängig) zu erzielen.
- Diese Leistung kann beim Einsatz des EcoVaps zusätzlich eingespart werden.
- Ersparnis: E-Heizer: ➔ 32 $kW_{(el.)}$
  Kältemaschine: ➔ 11 $kW_{(el.)}$
  gesammt: ➔ 43 $kW_{(el.)}$

Foto:

Der CO2-EcoVap wird als Platten-Wärmetauscher ausgeführt, wenn das Kreislauf-Medium zur Beheizung einen Schmelzpunkt < -20°C aufweist (z.B. Ethylenglykol-H2O).

MESSER Gases for Life

Zusammenfassung: Bei einem Gasebedarf von 360 kg/h lassen sich folgende Elektroleistungen einsparen:

- Einsparung bei elektrischer Gasanwärmung (ohne Kältemaschine): 3 $kW_{(el.)}$
- Einsparung bei einem Kaltwassersatz (+12°C / +8°C): 13 $kW_{(el.)}$
- Einsparung bei einer Tiefkühlanlage (-18°C / -22°C°C): 18 $kW_{(el.)}$
- Einsparung bei Lötanlagen für elektronische Bauteile (Coolsold): 16 $kW_{(el.)}$
- Einsparung bei der CO2-Verdampfung (+12°C / +8°C): 11 $kW_{(el.)}$
- Ersatz elektrischer CO2-Verdampfer bei der Karbonisierung: 43 $kW_{(el.)}$

Das entspricht einer jährlichen Einsparung in der Größenordnung von 100.000 $kWh_{(el.)}$ (oder der CO2-Emission von 12 PKWs mit einer Fahrleistung von jeweils 30.000 km/a).

MESSER Gases for Life

EcoVap – Energieeinsparung beim Einsatz von Industriegasen – alle Zahlen auf einen Blick

Bei einem Gasebedarf von 360 kg/h (0,1 kg/s) entstehen folgende Kälteleistungen für das Kühlsystem:

- Flüssigstickstoff, Verdampfung und Anwärmung auf +10°C (283 K): 39 $kW_{(th.)}$
- Flüssigstickstoff, Verdampfung und Anwärmung auf-20°C (253 K): 36 $kW_{(th.)}$
- CO2-flüssig, Verdampfung und Anwärmung auf +10°C (283 K): 32 $kW_{(th.)}$

In der Produktionsanlage reduziert sich dann der elektrische Leistungsbedarf von Kältemaschinen bzw. Elektroerhitzern typischerweise um folgende Beträge:

- Einsparung bei elektrischer Gasanwärmung (ohne Kältemaschine): 3 $kW_{(el.)}$
- Einsparung bei einem Kaltwassersatz (+12°C / +8°C): 13 $kW_{(el.)}$
- Einsparung bei einer Tiefkühlanlage (-18°C / -22°C°C): 18 $kW_{(el.)}$
- Einsparung bei Lötanlagen für elektronische Bauteile (Coolsold): 16 $kW_{(el.)}$
- Einsparung bei der CO2-Verdampfung (+12°C / +8°C): 11 $kW_{(el.)}$
- Ersatz elektrischer CO2-Verdampfer bei der Getränkekarbonisierung: 43 $kW_{(el.)}$

Bei Verdampfung von flüssigem Sauerstoff liegen die Einsparungen etwa 6% niedriger, bei flüssigem Argon ist der massenspezifische Kälteinhalt ca. 36% geringer als beim Stickstoff.

Je nach Anwendungsfall und Auslastung der Produktion summieren sich die Elektroenergieeinsparungen in der Praxis auf eine Größenordnung von 100.000 kWh pro Jahr. Das entspricht beim heutigen Energiemix einer CO2-Emission von ca. 12 PKWs mit je 30.000 km/a Fahrleistung.

MESSER Gases for Life

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

DKV – Tagung 2022

MESSER Gases for Life