

Der Preis der Kälte

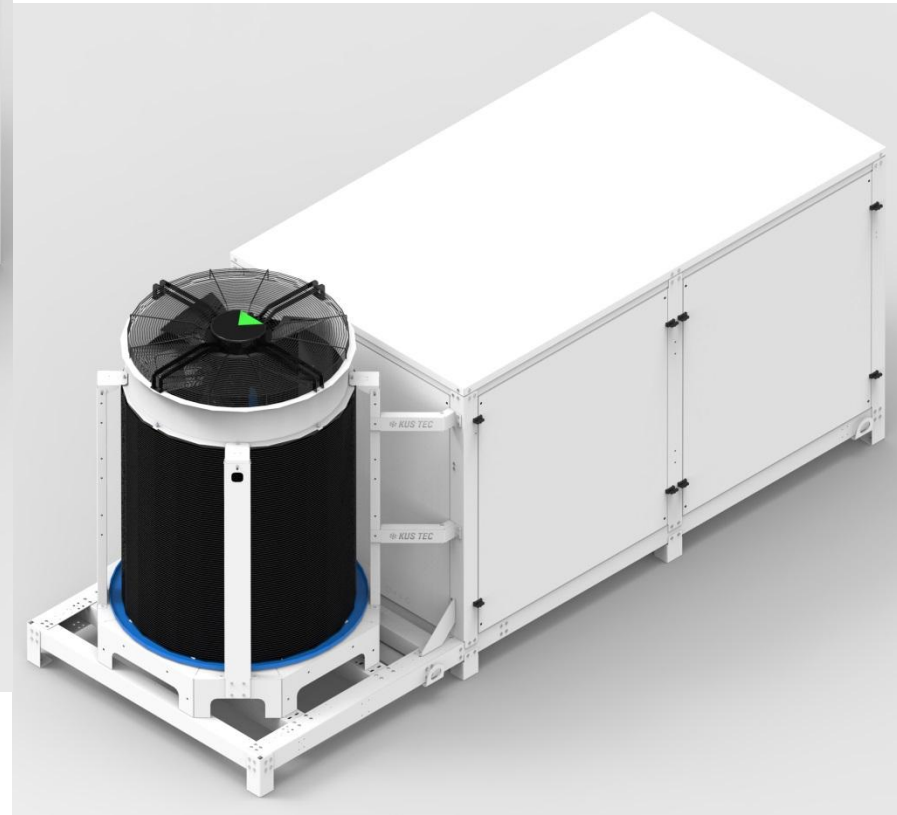
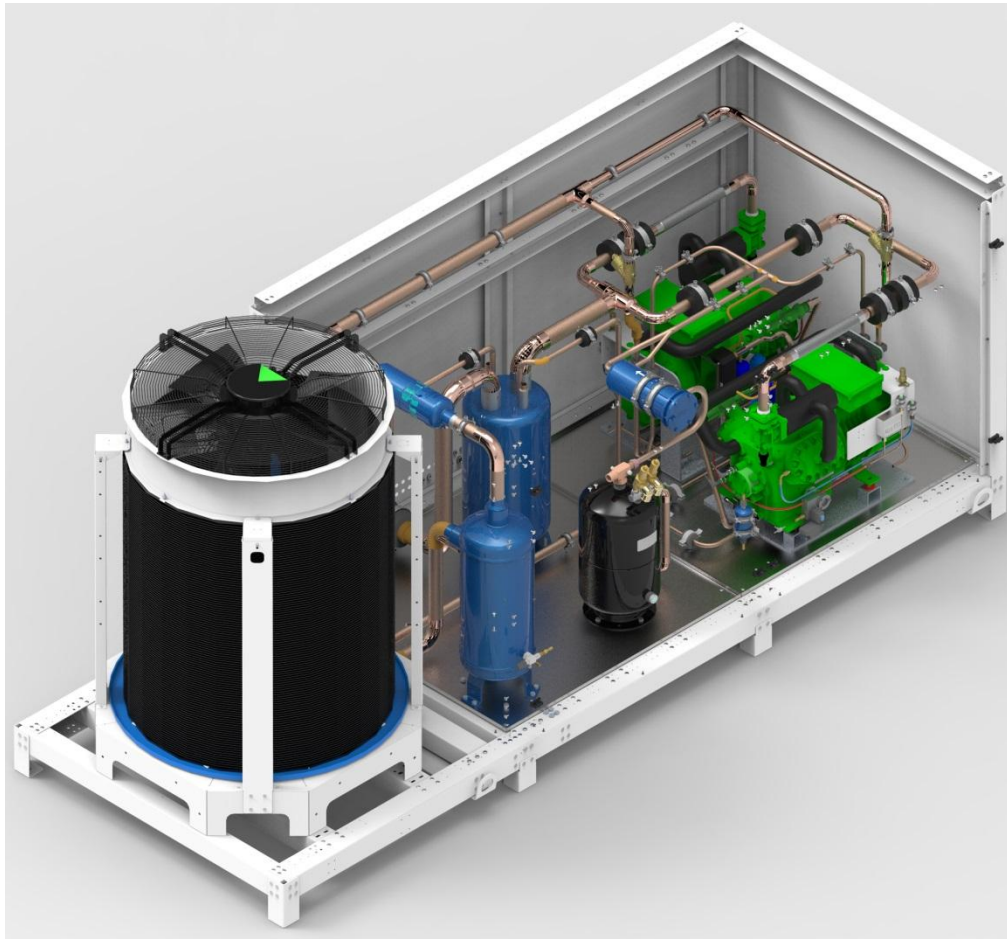
Auslegungssirrtümer und ihre Folgen

Agenda:

- Unternehmens Präsentation und Vorstellung
- Warum Wasserstoff kühlen
- Grundlagen der Kältetechnik
- SAE Norm
- Parameter zur Auslegung einer Kälteanlage
- Fehler und deren Folgen von schlechter Auslegung



KUSTEC plant Ihre Kälteanlage als Gesamtsystem



Unsere Kühltssysteme richten sich nach Ihren Bedürfnissen!

Unsere globale Präsenz und unser Erfolg geben uns die Kompetenz, Ihre gewünschte Lösung zu liefern!





Schnaittach, Germany



Utrecht, Netherlands



Hellesylt, Norway



Niebüll, Germany



Rally Dakar, Saudi Arabia



Muscat, Oman



Emeryville, CA, United States



Barcelona, Spain



Carugate Est, Italy



Waterberg, South Africa



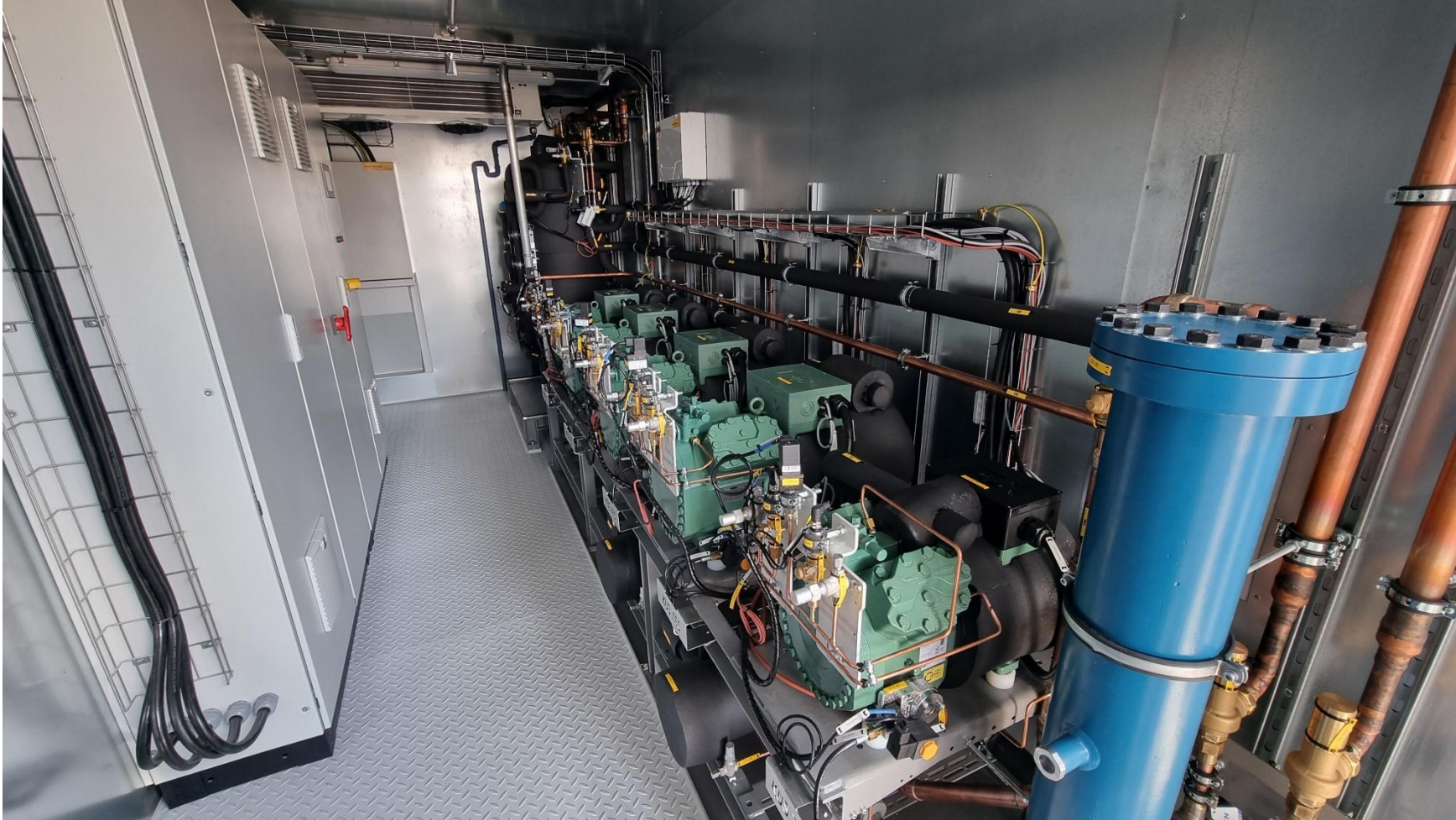
Jandakot, Australia



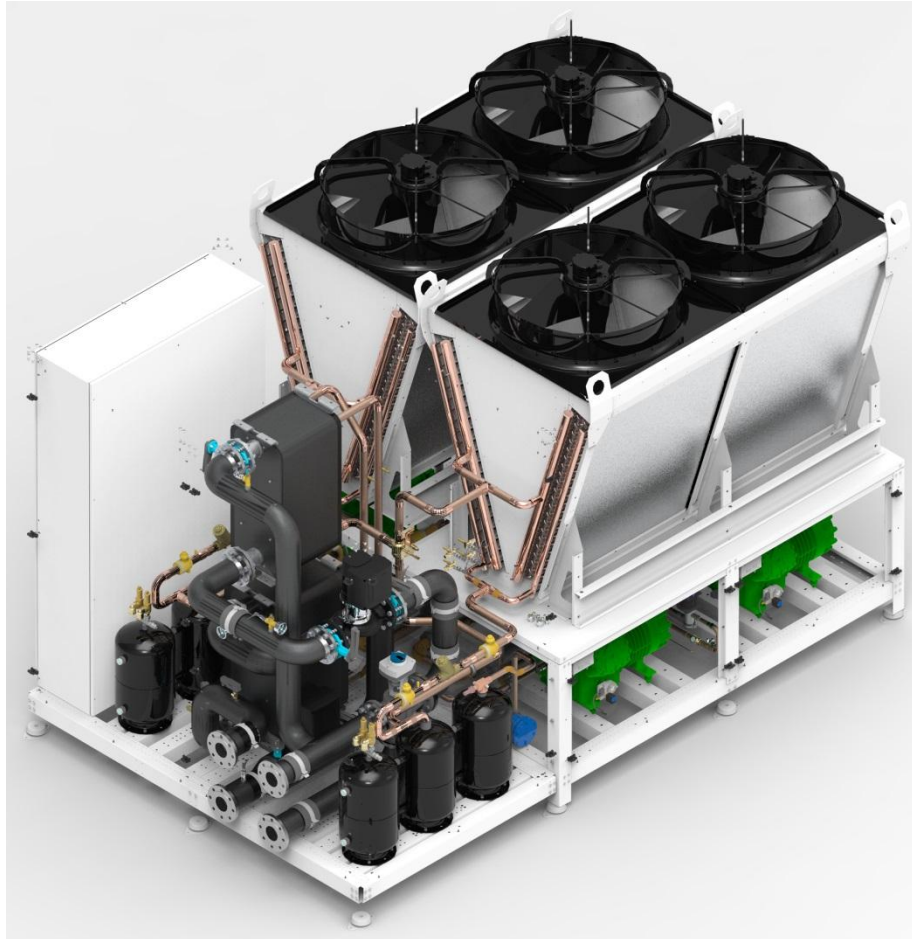
Altona, Australia

Unsere Kühltssysteme richten sich nach Ihren Bedürfnissen!

Unsere globale Präsenz und unser Erfolg geben uns die Kompetenz, Ihre gewünschte Lösung zu liefern!



KUSTEC plant Ihre Kälteanlage als Gesamtsystem







Hydrogen pre-cooling



**Refrigeration Systems
Industry & Commerce**



**Mushroom Growing
Container**

Ing. Felix KOLM

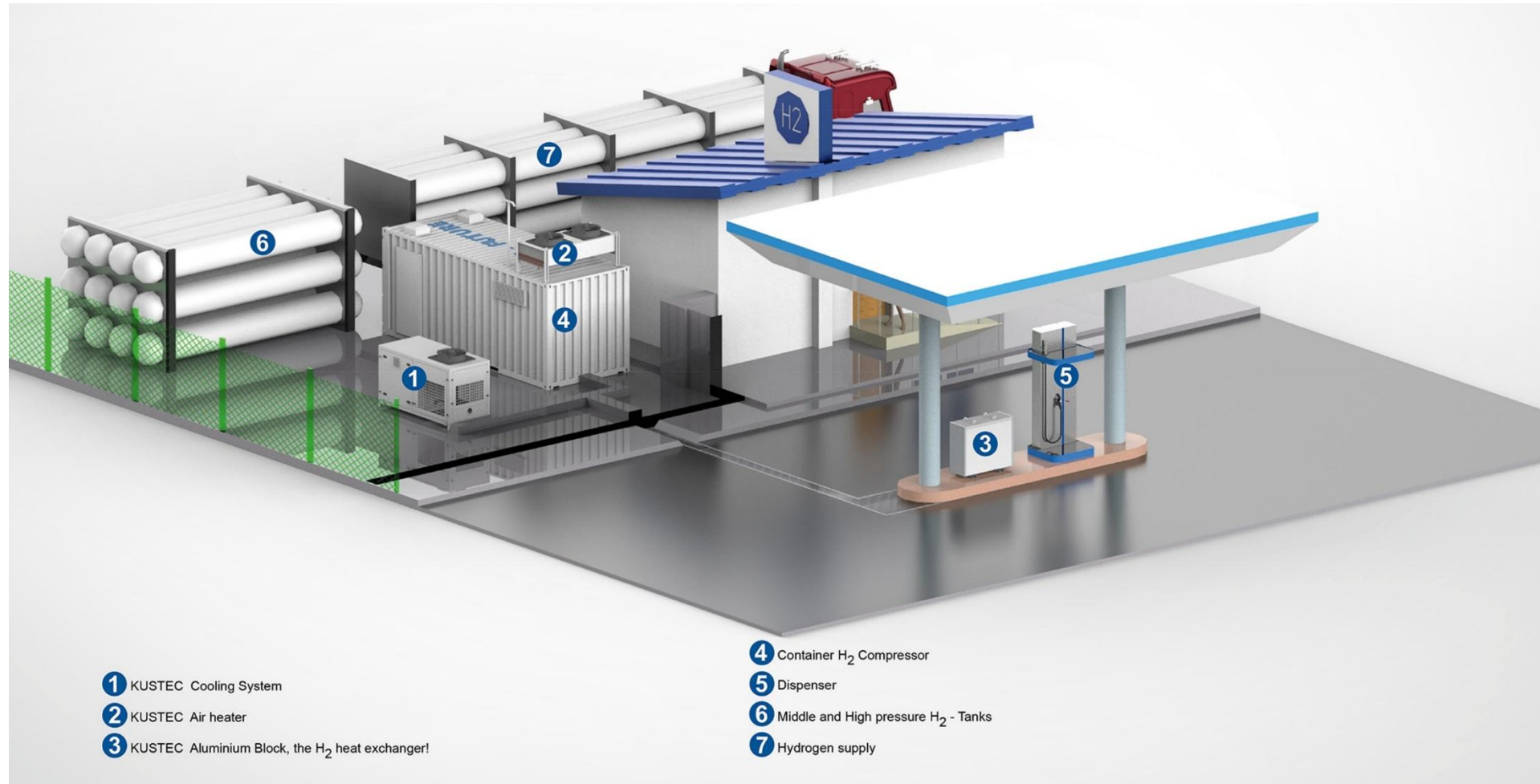
Ausbildung:
HTL-Maschinenbau
Hollabrunn, Österreich

9 Jahre bei Kustec beschäftigt:

- ab 2017 Zusammenbau und Inbetriebnahme Techniker weltweit
- ab 2019 Werkstatt- und Teststandleitung
- ab 2022 Business development

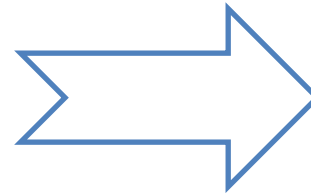


Warum bei der Betankung H₂ Kühlen?

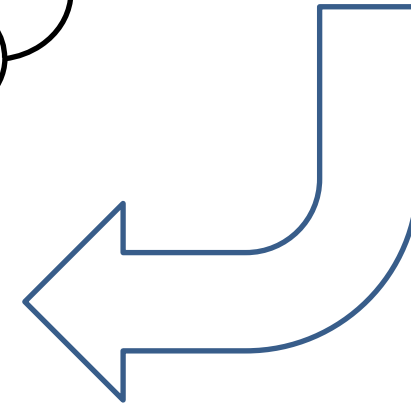
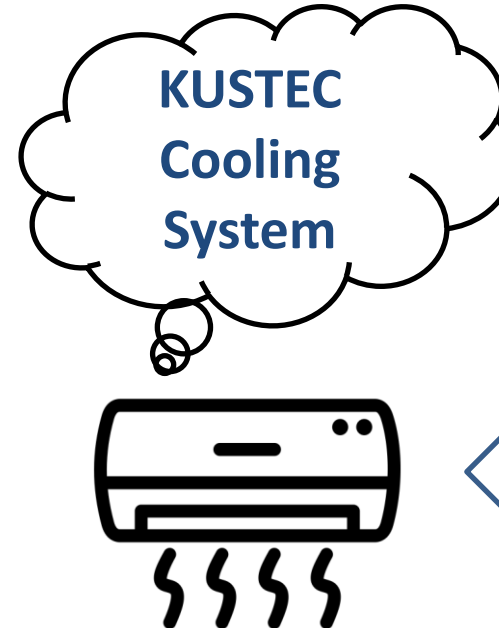
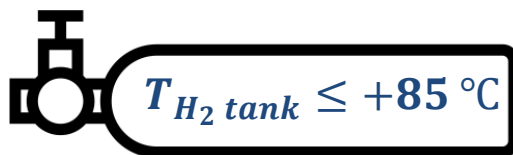




WHY H_2 COOLING?!



High mass
flowrate, thus the
Joule Thomson
Effect



Wärmequellen bei der Betankung von Wasserstoff

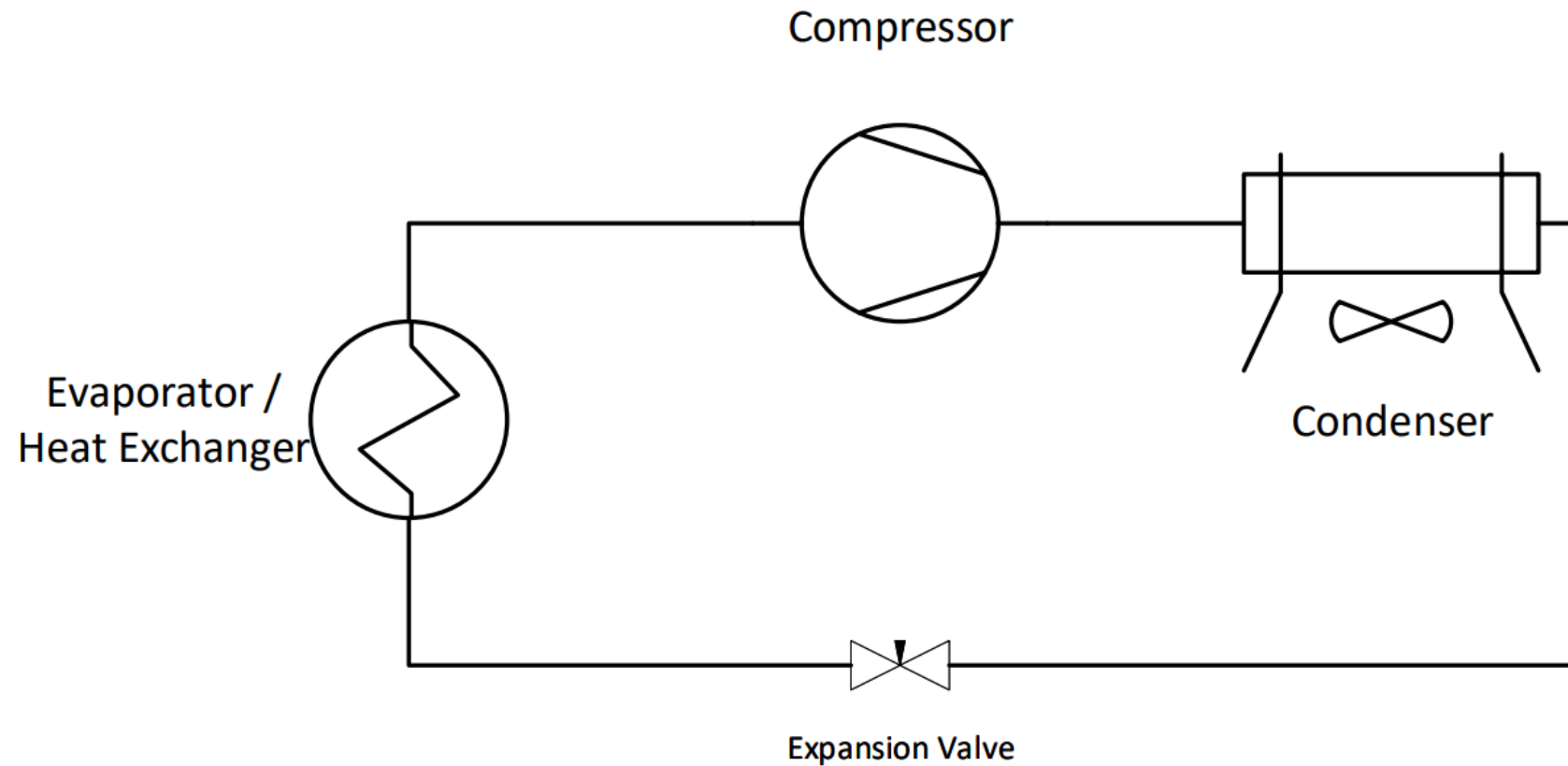
- **1. Kompression im Fahrzeugtank (ca. 70 % bis 85 %)**

Wenn der Wasserstoff mit hohem Druck in den Tank strömt, komprimiert das nachfließende Gas das bereits im Tank befindliche Gas sowie sich selbst.

- **2. Der inverse Joule-Thomson-Effekt (ca. 15 % bis 25 %)**

- **3. Strömungsreibung und Dissipation (unter 5 %)**

Die Reibung des Gases an den Rohrleitungswänden, Ventilen und der Tankinnenwand



Betankungsnorm SAE J2601



Figure 1 illustrates the fueling time definitions for the main and overall fueling time as described in 5.3.1 to 5.3.3.

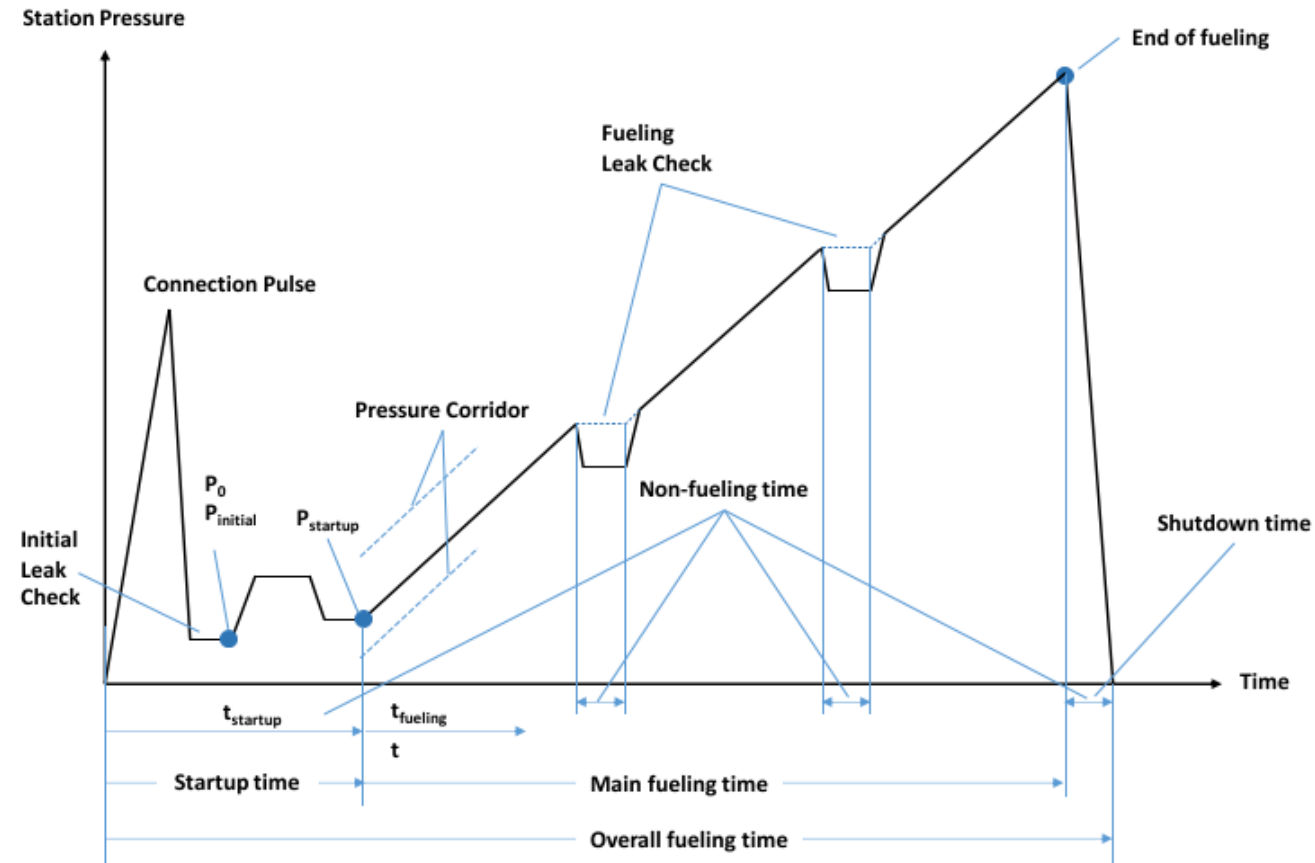
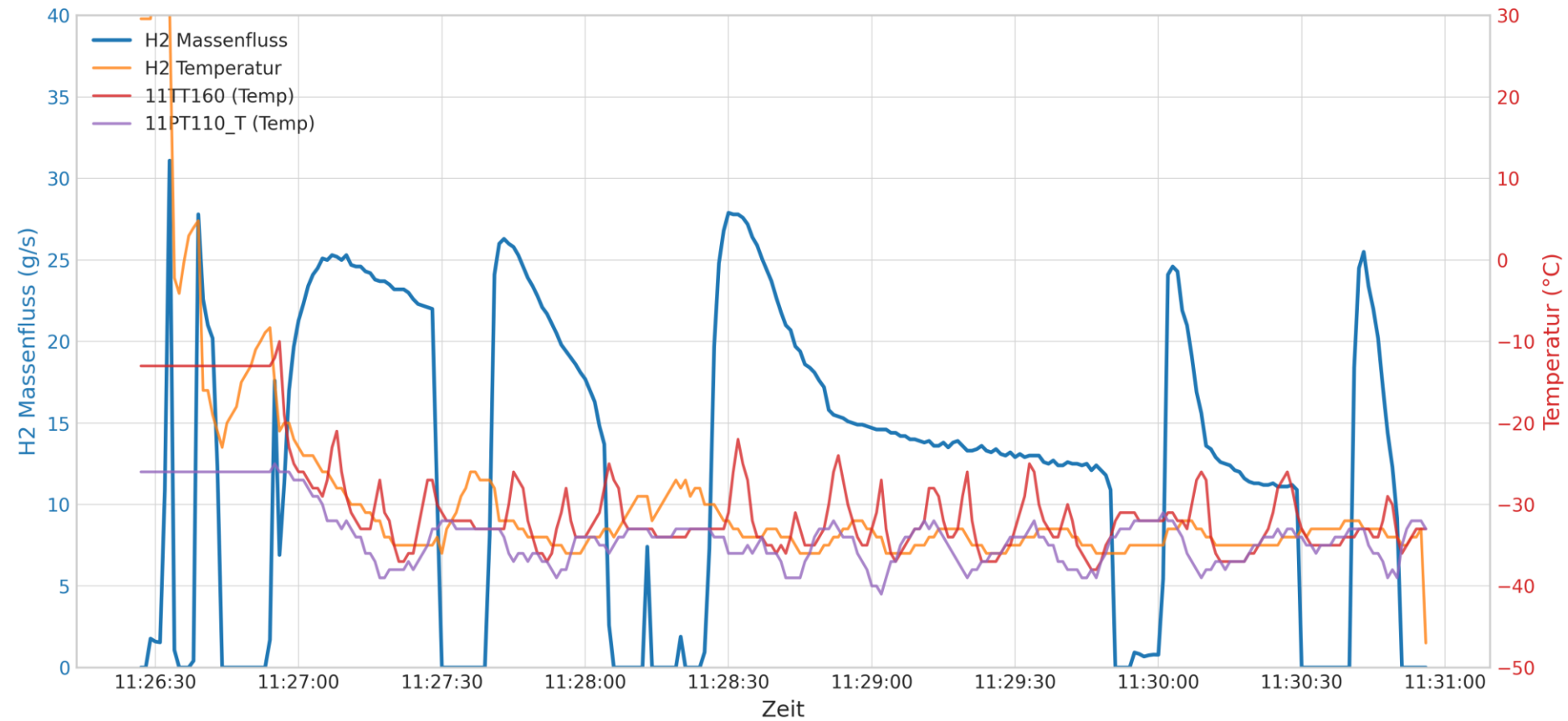


Figure 1 - Representative hydrogen fueling time diagram

Table D4 - H35-T40: CHSS Capacity Category A communications

H35-T40 CHSS Capacity Category A Comm		APRR [MPa/min]	Target Pressure, P_{target} [MPa]								
			Initial Tank Pressure, P_0 [MPa]								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Ambient Temperature, T_{amb} [°C]	>50	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling
	50	3,2	43,0	43,0	42,9	42,8	42,7	42,4	41,5	40,7	no fueling
	45	5,8	43,0	43,0	42,9	42,8	42,5	42,1	41,0	40,0	no fueling
	40	8,6	43,0	43,0	42,9	42,6	42,2	41,7	40,3	39,2	no fueling
	35	9,7	43,1	43,1	42,9	42,6	42,2	41,8	40,3	39,2	no fueling
	30	12,5	43,1	43,1	42,9	42,5	42,0	41,5	39,9	38,7	no fueling
	25	15,7	43,1	43,0	42,8	42,3	41,8	41,1	39,5	no fueling	no fueling
	20	19,3	43,1	43,0	42,7	42,2	41,5	40,8	39,0	no fueling	no fueling
	10	27,0	43,2	43,1	42,7	42,0	41,2	40,3	38,3	no fueling	no fueling
	0	28,5	42,7	42,5	42,0	41,1	40,2	39,1	36,7	no fueling	no fueling
	-10	28,5	42,7	42,5	42,0	41,1	40,1	39,1	36,7	no fueling	no fueling
	-20	28,5	42,7	42,4	41,9	41,0	40,0	39,0	no fueling	no fueling	no fueling
	-30	28,5	42,6	42,4	41,9	40,9	40,0	38,9	no fueling	no fueling	no fueling
	-40	28,5	42,6	42,4	41,8	40,9	39,9	38,9	no fueling	no fueling	no fueling
	<-40	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling

H2 Betankungsverlauf



Wo sind die Stellschrauben mit den die Kälteanlagen
genau ausgelegt werden?

Wo sind die Stellschrauben mit den die Kälteanlagen genau ausgelegt werden?

- Wasserstoff Eintritts-temperatur

Wo sind die Stellschrauben mit den die Kälteanlagen genau ausgelegt werden?

- Wasserstoff Eintritts-temperatur
- Massenstrom

Wo sind die Stellschrauben mit den die Kälteanlagen genau ausgelegt werden?

- Wasserstoff Eintritts-temperatur
- Massenstrom
- Umgebungstemperatur

Woast Case Auslegung:

Maximale Leistung?

- Max Durchfluss 60g/s
- Max Temp. inlet 35°C

Woast Case Auslegung:

Maximale Leistung?

- Max Durchfluss 60g/s
- Max Temp. inlet 35°C

Medium	Hydrogen			
Pressure	350	bar(a)		
Mass flow	60	g/s	216	kg/h
Refrigerant	R744			
H2-in	35	°C		
H2-out	-40	°C		
h-in	4277,907085	kJ/kg		
h-out	3164,668568	kJ/kg		
Q0	66,79431102	kW		

Woast Case Auslegung:

Minimale Leistung?

- Max Durchfluss 15g/s
- Max Temp. inlet 20°C

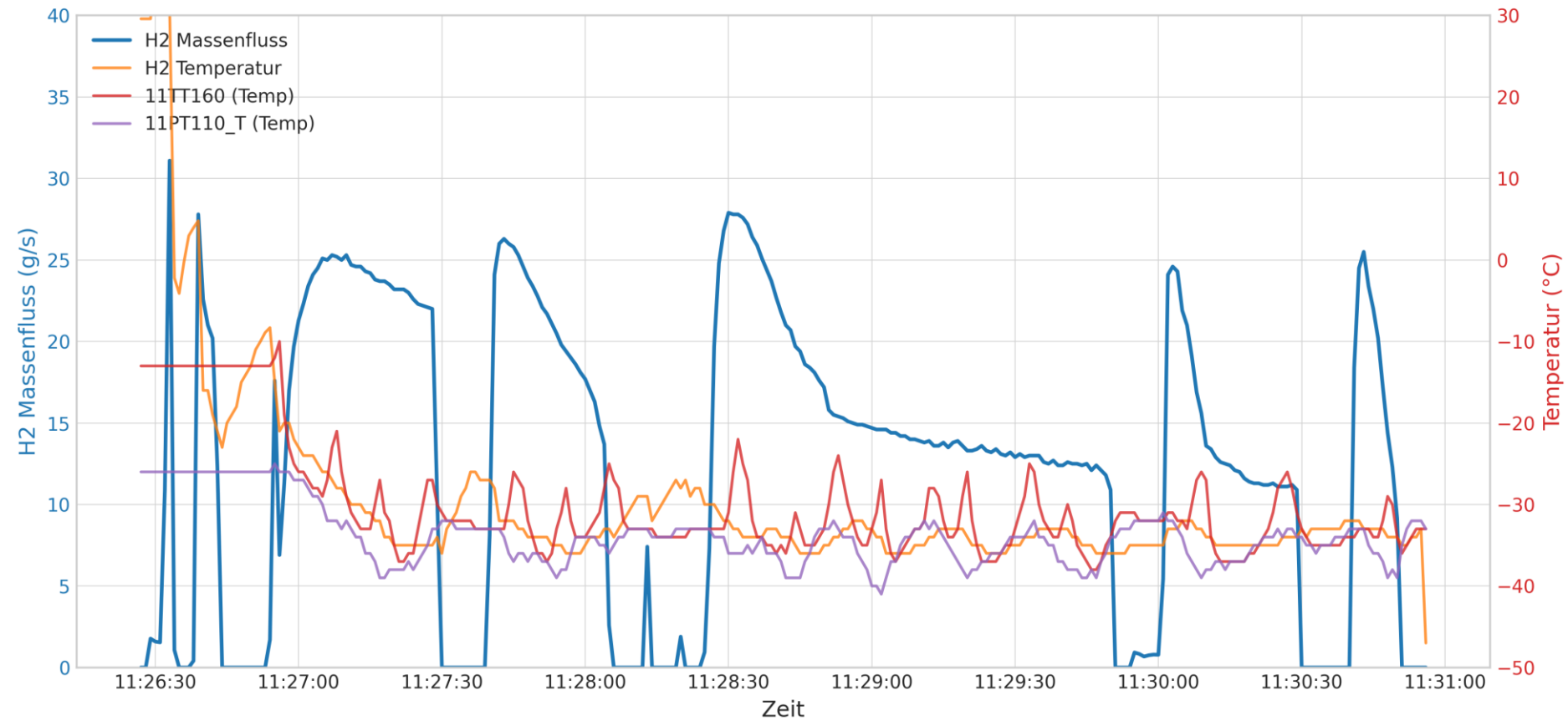
Woast Case Auslegung:

Minimale Leistung?

- Max Durchfluss 15g/s
- Max Temp. inlet 20°C

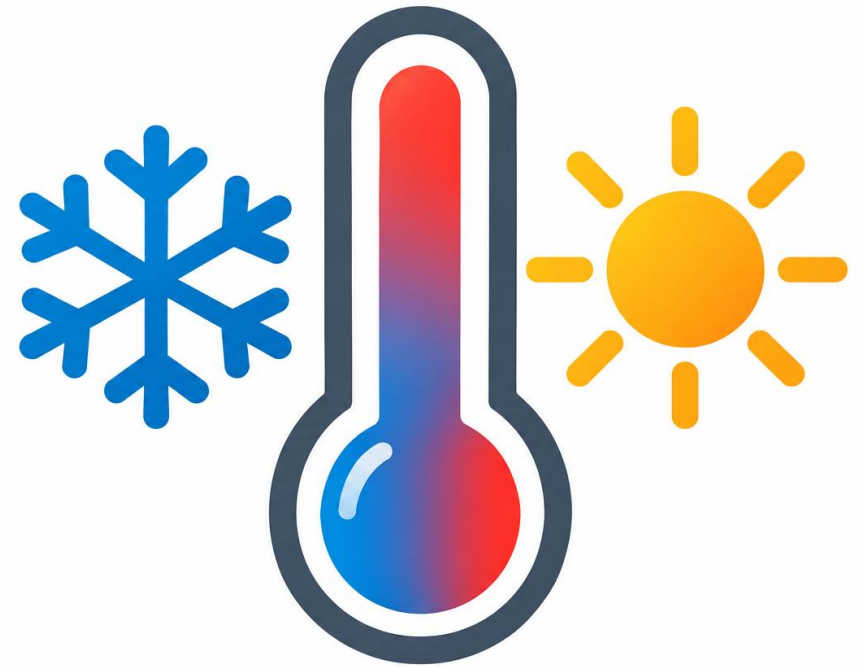
Medium	Hydrogen				
Pressure	350	bar(a)			
Mass flow	15	g/s		54	kg/h
Refrigerant	R744				
H2-in	20	°C			
H2-out	-40	°C			
h-in	4054,886709	kJ/kg			
h-out	3164,668568	kJ/kg			
Q0	13,35327211	kW			

H2 Betankungsverlauf



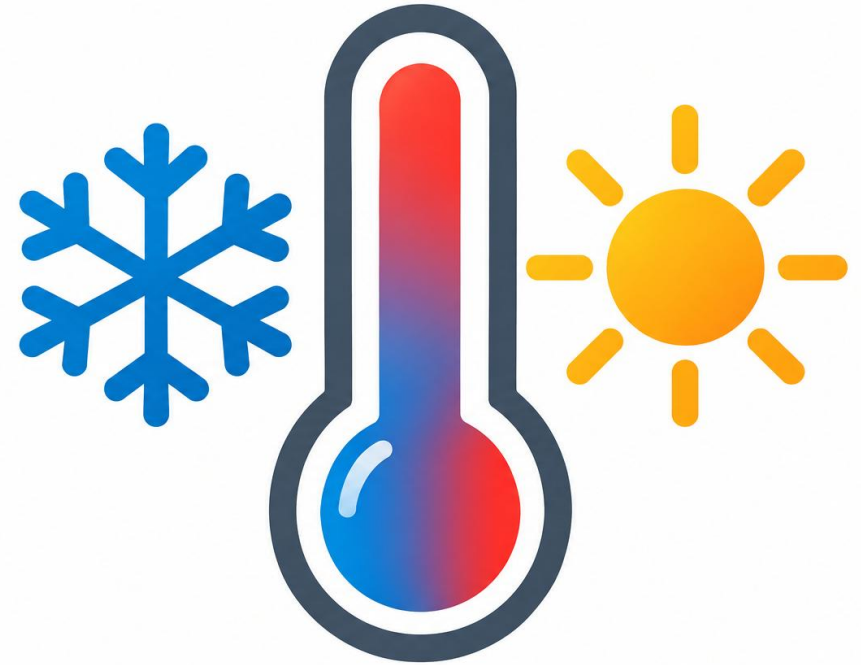
Außentemperatur:

- Maximal gemessen Temperatur
- Jahresdurchschnitt



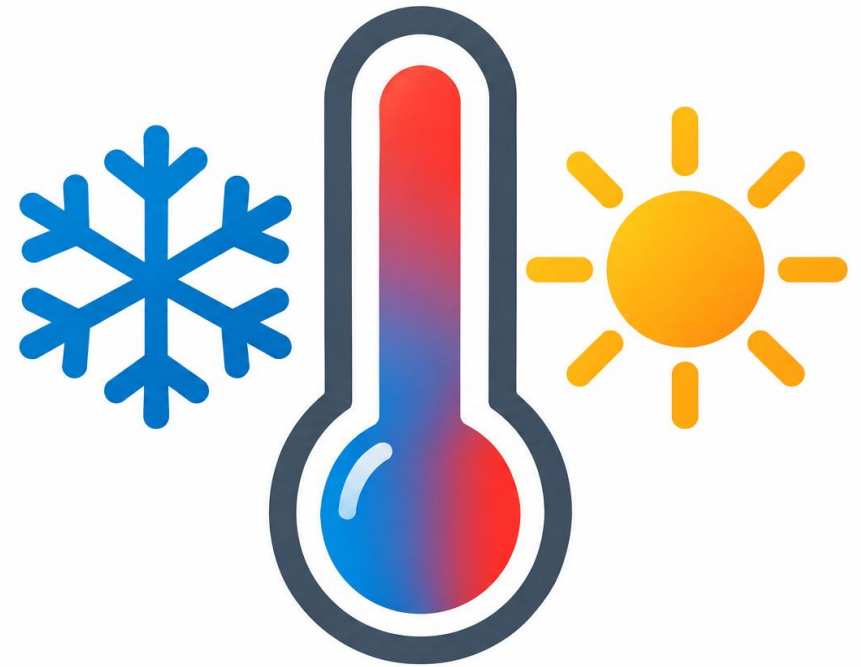
Außentemperatur:

- Maximal gemessen Temperatur
- Jahresdurchschnitt
- Tage über 30°C
- Tage über 40°C



Außentemperatur:

- Maximal gemessen Temperatur
- Jahresdurchschnitt
- Tage über 30°C
- Tage über 40°C



Verdichter bei to 45°C ausgelegt, hat bei to 30°C um ca. 20% mehr Leistung

Table D4 - H35-T40: CHSS Capacity Category A communications

H35-T40 CHSS Capacity Category A Comm		APRR [MPa/min]	Target Pressure, P_{target} [MPa]								
			Initial Tank Pressure, P_0 [MPa]								
			0,5	2	5	10	15	20	30	35	>35
Ambient Temperature, T_{amb} [°C]	>50	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling
	50	3,2	43,0	43,0	42,9	42,8	42,7	42,4	41,5	40,7	no fueling
	45	5,8	43,0	43,0	42,9	42,8	42,5	42,1	41,0	40,0	no fueling
	40	8,6	43,0	43,0	42,9	42,6	42,2	41,7	40,3	39,2	no fueling
	35	9,7	43,1	43,1	42,9	42,6	42,2	41,8	40,3	39,2	no fueling
	30	12,5	43,1	43,1	42,9	42,5	42,0	41,5	39,9	38,7	no fueling
	25	15,7	43,1	43,0	42,8	42,3	41,8	41,1	39,5	no fueling	no fueling
	20	19,3	43,1	43,0	42,7	42,2	41,5	40,8	39,0	no fueling	no fueling
	10	27,0	43,2	43,1	42,7	42,0	41,2	40,3	38,3	no fueling	no fueling
	0	28,5	42,7	42,5	42,0	41,1	40,2	39,1	36,7	no fueling	no fueling
	-10	28,5	42,7	42,5	42,0	41,1	40,1	39,1	36,7	no fueling	no fueling
	-20	28,5	42,7	42,4	41,9	41,0	40,0	39,0	no fueling	no fueling	no fueling
	-30	28,5	42,6	42,4	41,9	40,9	40,0	38,9	no fueling	no fueling	no fueling
	-40	28,5	42,6	42,4	41,8	40,9	39,9	38,9	no fueling	no fueling	no fueling
	<-40	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling	no fueling

Folgen von schlechter Auslegung

- Viel Platz
- Hohe Anschlussleistung
- Ungünstiger Betriebspunkt
- Hohe Anlagenkosten und Betriebskosten

