

°LAUDA



°FAHRENHEIT. °CELSIUS. °LAUDA.

HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE BEI DER VORKÜHLUNG VON WASSERSTOFF BEI DER BETANKUNG

Im Rahmen des 8. „Marktplatz Zulieferer
Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ der NOW GmbH

Dr. Anna Jahnke • 15.6.2023

INHALT

- 01 Firmenpräsentation
- 02 LAUDA Kälteanlagen im Bereich Wasserstoff
- 03 Gründe für die Vorkühlung von Wasserstoff bei der Betankung
- 04 Herausforderungen und Lösungsansätze bei der Vorkühlung
 - Unterschiedliche Gegebenheiten an den Tankstellen
 - Energieeffizienz
 - Phase-out F-Gase
- 05 EU-Projekt “RHeaDHy”
- 06 Zusammenfassung und Ausblick

01 FIRMENPRÄSENTATION

°LAUDA



Unternehmenspräsentation

MIT EXAKTEN TEMPERATUREN
GEMEINSAM DIE WELT VERBESSERN

°FAHRENHEIT. °CELSIUS. °LAUDA.

01 LAUDA BEARBEITET AKTIV DIE WICHTIGSTEN MÄRKTE

Mit fünf F&E- und Produktions-Standorten sowie zehn Vertriebsgesellschaften mit sieben eigenen Service Centern ist LAUDA global aufgestellt.



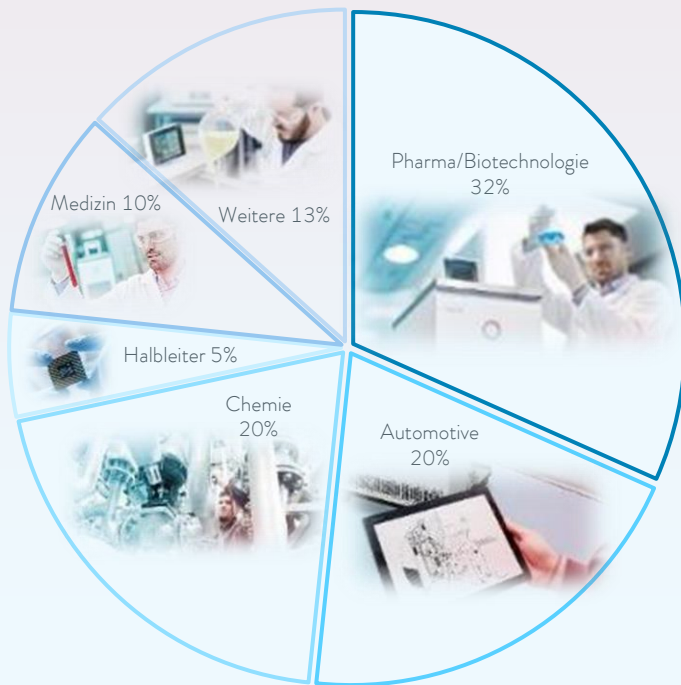
01 HAUPTSITZ DES UNTERNEHMENS IN LAUDA-KÖNIGSHOFEN

14.000 qm Gesamtfläche mit 10.300 qm für Produktion und Logistik sowie 3.140 qm Bürofläche



01 UMSATZSTARK IN SIGNIFIKANTEN BRANCHEN

Gesamtumsatz 120 Mio. € mit 580 Beschäftigten. Stärkster Umsatz im Bereich Pharma/Biotechnologie, Automotive und Chemie. Weitere Wachstumsmärkte Medizin, Halbleiter, Wasserstoff



GESAMTUMSATZ

120
MILLIONEN EURO



MITARBEITERINNEN & MITARBEITER

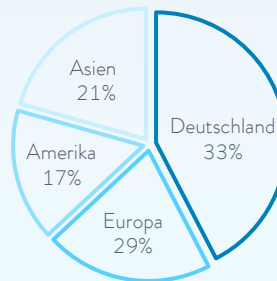
580



MANAGEMENT

LAUDA ist ein Unternehmen in Familienbesitz. Langfristige Entscheidungen sowie ein hohes Qualitätsbewusstsein sind zentrale Elemente des Leitbilds.

REGIONEN



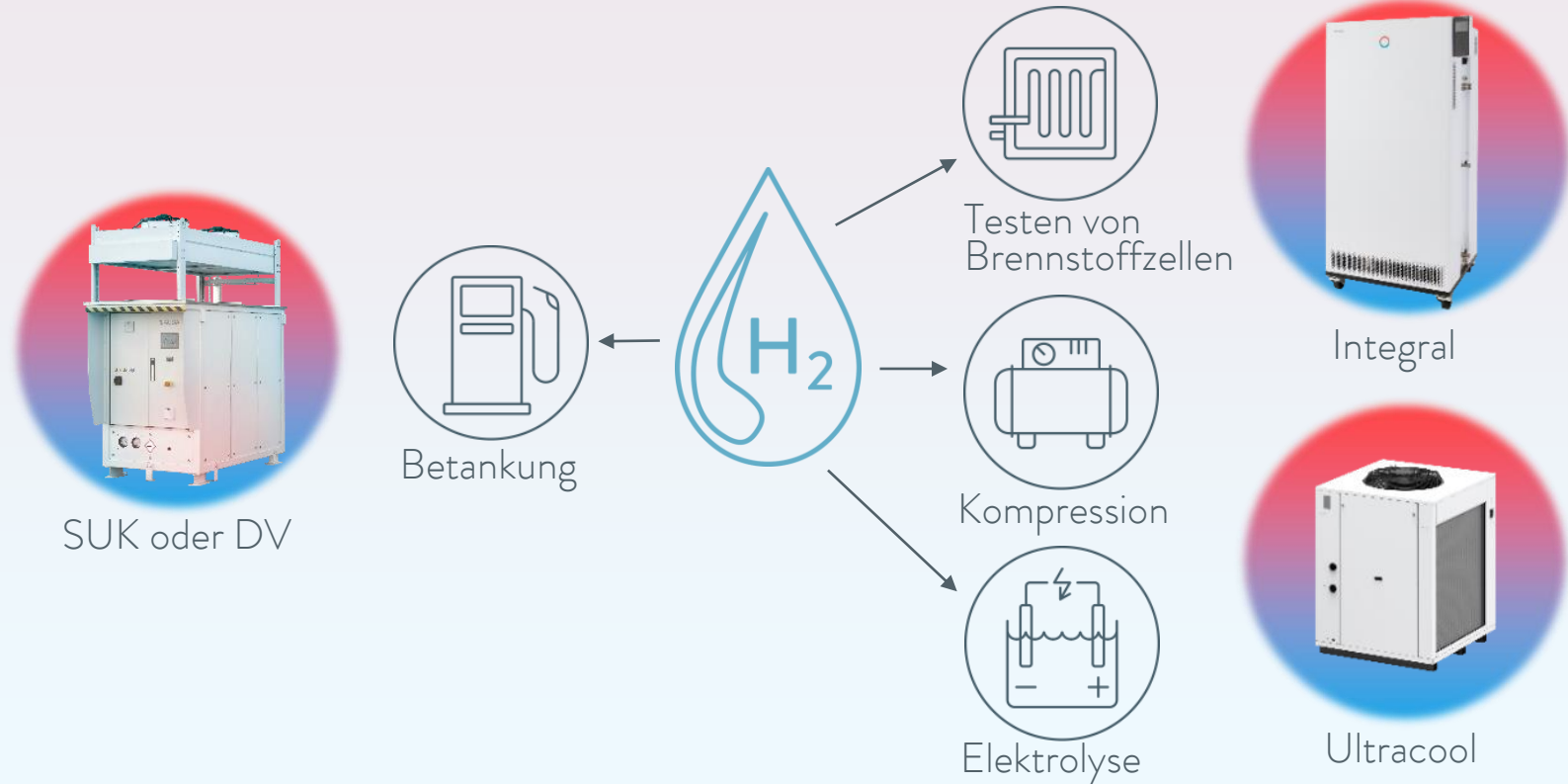
Zahlen 2022



02 LAUDA KÄLTEANLAGEN IM BEREICH WASSERSTOFF

02 LAUDA KÄLTEANLAGEN IM BEREICH WASSERSTOFF

Überblick



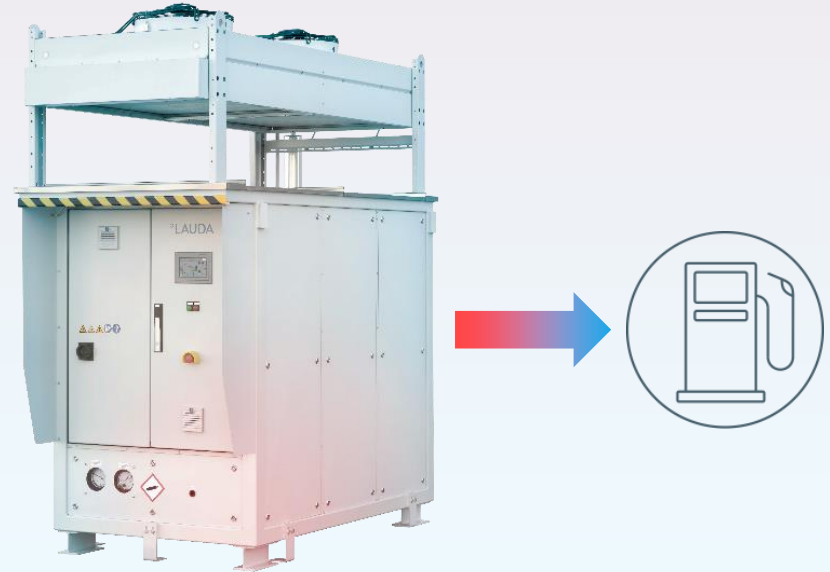
02 LAUDA KÄLTEANLAGEN IM BEREICH WASSERSTOFF

Wasserstoff-Tankstellen

LAUDA hat seit 2015 erfolgreich Kälteanlagen zur Vorkühlung von Wasserstoff bei der Betankung auf den Markt gebracht.

PRODUKTBESCHREIBUNG

- separat stehend & zur Außenaufstellung
- geeignet für PKWs & LKWs
- modular erweiterbar
- Möglichkeit der Fernwartung
- SAE J2601 Betankungsprotokoll
- neue Anlagen mit natürlichen Kältemitteln



03 GRÜNDE FÜR DIE VORKÜHLUNG

03 GRÜNDE FÜR DIE VORKÜHLUNG

- Fahrzeugtank darf 85 °C nicht überschreiten (Verbundmaterialien).
- Kompression im Fahrzeugtank beim Befüllen => Temperaturanstieg.
- Negativer Joule-Thomson-Effekt vor dem Einströmen.

⇒ Tiefe Vorkühlung erhöht Geschwindigkeit.

⇒ Geringe Vorkühlung erstrebenswert, aber längere Betankungszeiten. Ohne Kommunikation zwischen Fahrzeug und Tankstelle werden große Sicherheiten eingeplant.

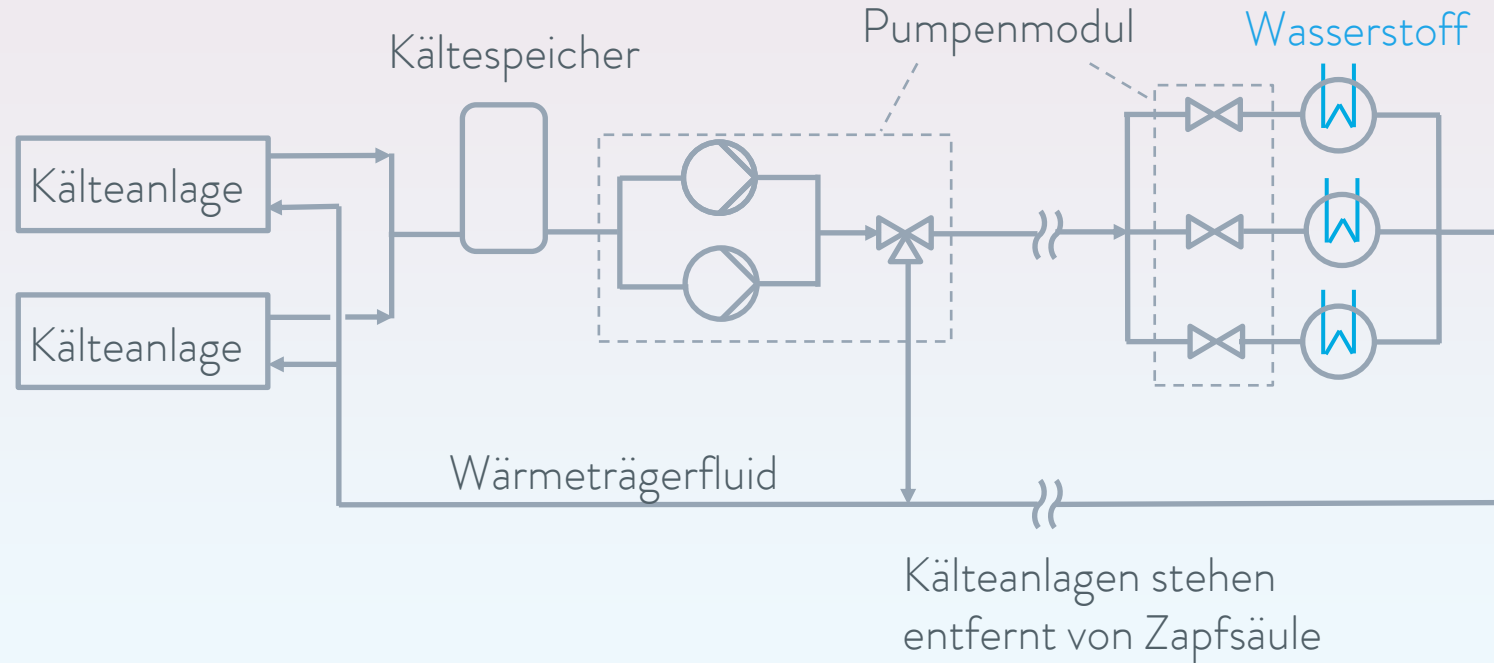
04 HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE

04 HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE

Unterschiedliche Gegebenheiten an den Tankstellen

- Entfernung zwischen Zapfsäule und Kälteanlage
- Lastanforderungen (Frequenz und Größe PKWs & LKWs, Anzahl Zapfsäulen)
- Umgebungstemperaturen
- Schallschutz
- Platzbedingungen zur Aufstellung

⇒ modulares Konzept



04 HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE

Energieeffizienz

- Effizienz Prozesskette Wasserstoff („grüner“ Gedanke)
- Investitionskosten (energieeffiziente Kälteanlagen werden auch kleine Kälteanlagen)
- Betriebskosten

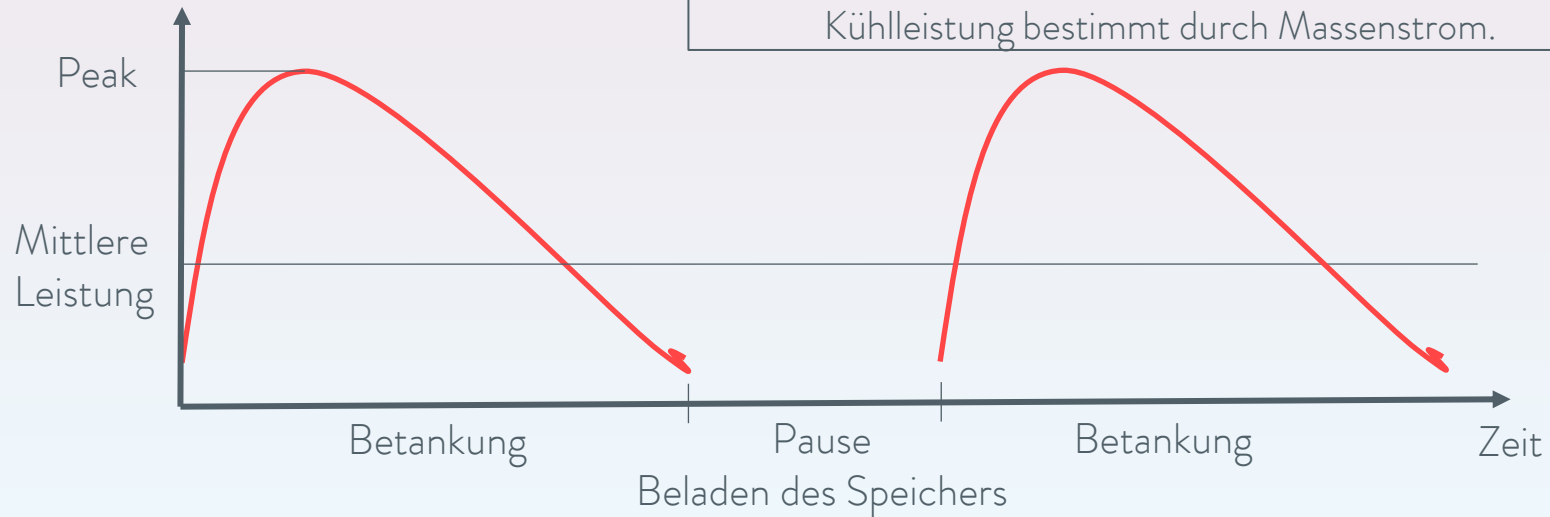
⇒ Nutzung eines Kältespeichers & indirekte Kühlung

⇒ Prozessführung mit möglichst geringem Temperaturlift

04 HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE

Energieeffizienz – Nutzung eines Kältespeichers

Thermische Leistung [kW]

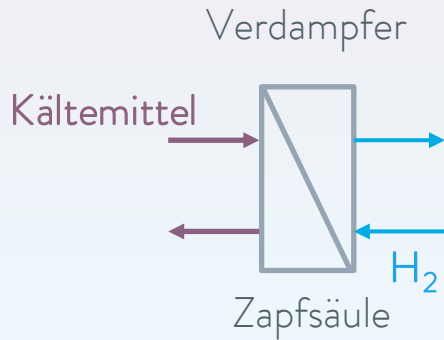


- Auslegung Kälteanlage auf mittlere Leistung (Kältespeicher)
- kleinere Kälteanlage: Reduzierung Investitions- und Betriebskosten

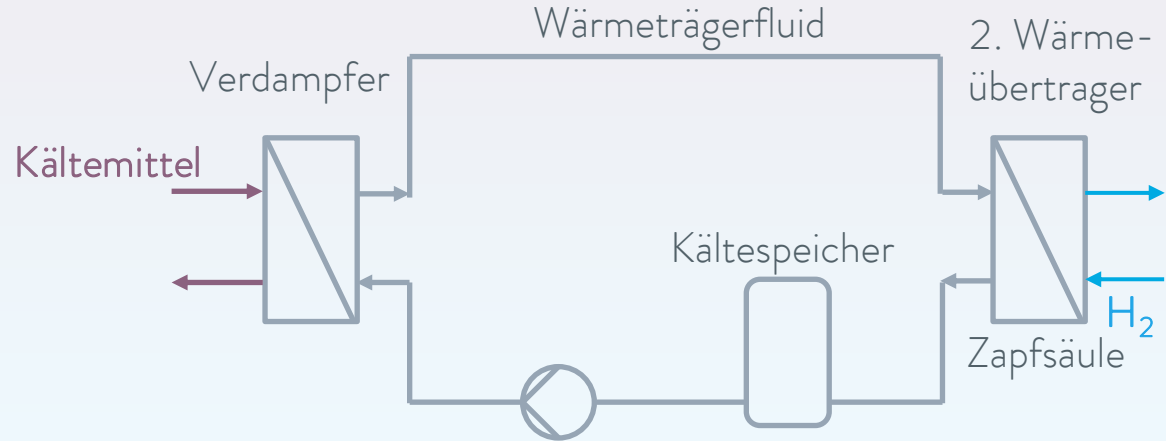
04 HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE

Energieeffizienz – Indirekte Kühlung

- **Direkte** Kühlung: Verdampfer kühlt Wasserstoff H_2 direkt in der Zapfsäule.
- **Indirekte** Kühlung: Zusätzlicher Wärmeträgerkreislauf kühlt Wasserstoff H_2 . Verdampfer kühlt Wärmeträgerfluid.



Direkte Kühlung



Indirekte Kühlung

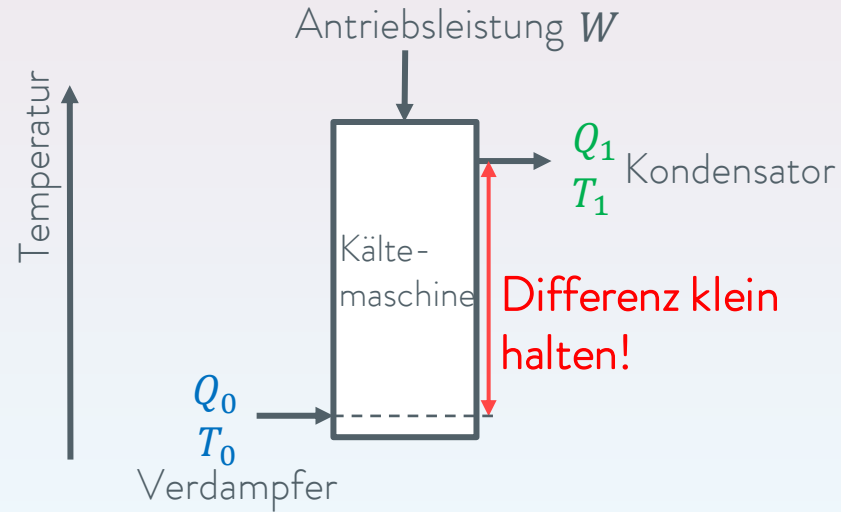
04 HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE

Energieeffizienz – Indirekte Kühlung

Direkt		<u>Indirekt</u>	
Vorteile ⊕	Nachteile ⊖	Vorteile ⊕	Nachteile ⊖
Weniger Komponenten	Auslegung für Peak-Leistung notwendig (große Kälteanlage)	Auslegung für mittlere Leistung (Kältespeicher)	Zusätzliches Wärmeträgerfluid notwendig
Einfacher Aufbau	Nur für kurze Distanzen geeignet	Für lange und kurze Distanzen geeignet	Verluste durch Pumpe
	Empfindliches System	Robustes System	

04 HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE

Energieeffizienz zentral – Carnotprozess & Grundlagen



$$COP_{real} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{Q_0}{W}$$

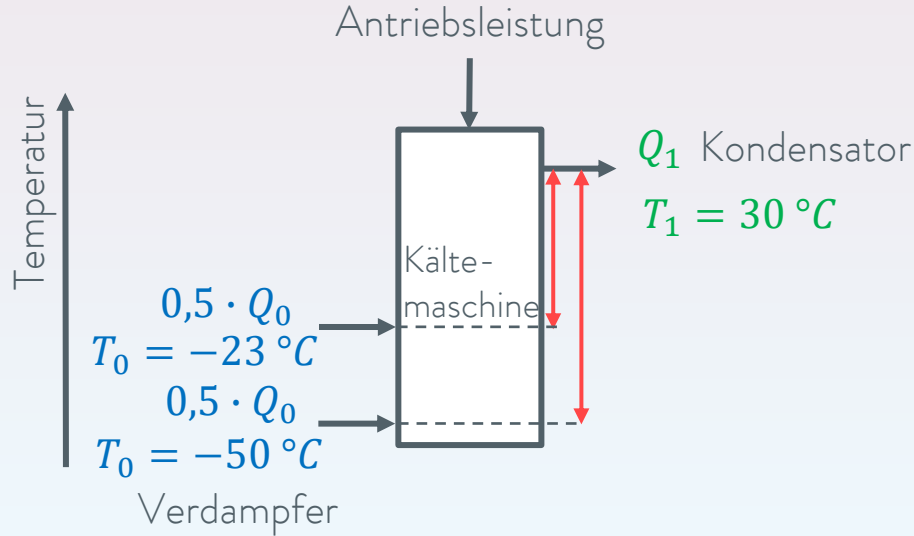
$$COP_{Carnot} = \frac{T_0}{T_1 - T_0}$$

Temperaturlift möglichst klein:

- Temperaturprofile nutzen
- Abkühlung möglichst stufenweise

04 HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE

Energieeffizienz – Prozessführung mit geringem Temperaturlift



$$COP_{Carnot} = \frac{T_0}{T_1 - T_0}$$

$$COP_{Carnot, -23^\circ\text{C}} = 4,7$$

$$COP_{Carnot, -50^\circ\text{C}} = 2,8$$

$$COP_{Carnot, mittel (50 / 50)} = 3,8$$

Grobe Abschätzungen:
Stromkosten der Vorkühlung circa
0,5 bis 4 % der Kosten für Wasserstoff

04 HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE

Phase-out F-Gase

- F-Gas-Verordnung der EU: Phase-out fluorierte Treibhausgase bis 2030. Verschärfung möglich.
- Viele herkömmliche Kältemittel enthalten PFAS; auch hier Verbote.

⇒ Nutzung von natürlichen Kältemitteln.

⇒ „Brennbare“ natürliche Kältemittel wie R-1270 Propen, R-290 Propan oder R-170 Ethan für Anwendung energieeffizient.

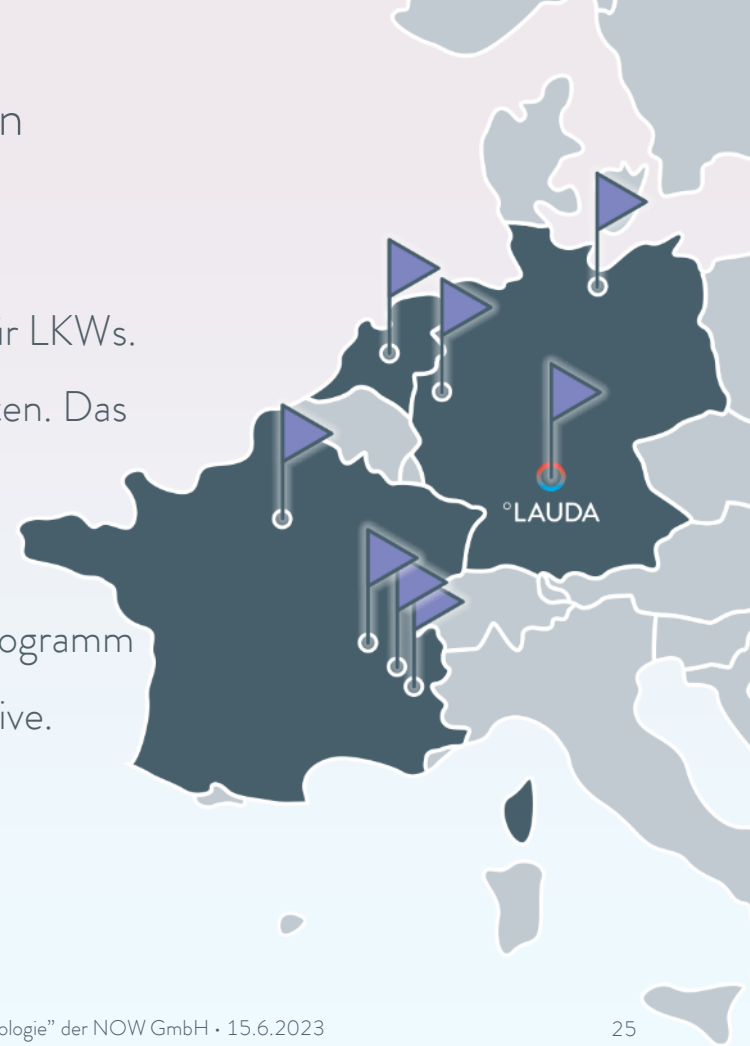
⇒ Kältenorm EN 378 beschreibt notwendige sicherheitstechnische Maßnahmen.

05 EU-PROJEKT “RHEADHY”

05 EU-PROJEKT „RHEADHY“

Refueling Heavy Duty with very high flow Hydrogen

- Ziele:
 - Entwicklung und Erprobung von Wasserstoff-Tankstellen für LKWs.
 - Befüllung von bis zu 100kg H₂ bis 700 bar in nur 10 Minuten. Das ist fünf Mal so schnell wie bisher.
- <https://rheadhy.eu/> & www.linkedin.com/company/rheadhy/
- Das Konsortium wird kofinanziert vom EU Horizon Europe Programm und unterstützt von der "Clean Hydrogen Partnership"-Initiative.



Funded by
the European Union

06 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

06 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

- Sinnvolle Lösungsansätze für die erkannten Herausforderungen sind vorhanden.
- Ausreifung und Erprobung nötig. Beispielsweise wurde eine Zwischenkühlung mit mehreren Temperaturstufen noch nicht umgesetzt.
- Zusammenspiel zwischen Komponenten einer Wasserstoff-Tankstelle ist kompliziert. Ein besseres Systemverständnis bei allen Beteiligten ist notwendig.
- Geringerer Fokus auf Investitionskosten und stärkere Berücksichtigung Betriebskosten würde Technik verbessern.



Fragen



Dr.-Ing. Anna Jahnke
Projektleiterin Anlagenbau
T +49(0)9343 503-314
anna.jahnke@lauda.de
www.lauda.de