NOW-GMBH.DE

Hochschule Bremerhaven
Smart Mobility Institute

NOW-Studie „Klimafreundliche Kühlsysteme für den Straßengüterverkehr“

Ergebnisvorstellung, Online 20.07.2023

Prof. Dr.-Ing. Benjamin Wagner vom Berg
Prof. Dr.-Ing. Uwe Arens
Dipl.-Ing. Uta Kühne
Jan-Patrick Stenau

Agenda

- Institutsvorstellung Smart Mobility Institute
- Motivation
- Vorstellung Studienergebnisse
  - Status Quo Kühltransporte in Deutschland
  - Technische Analyse der aktuellen Kühlsysteme und Betrachtung Kältemittel
  - Regulatorischer Rahmen
  - Darstellung der Optionen emissionsfreier Kühlsysteme
  - Potentiale und Handlungsoptionen
- Fragenrunde/Diskussion

Hochschule Bremerhaven
Smart Mobility Institute

Smart Mobility Institute

In-Institut HS Bremerhaven

Smart Mobility Institute

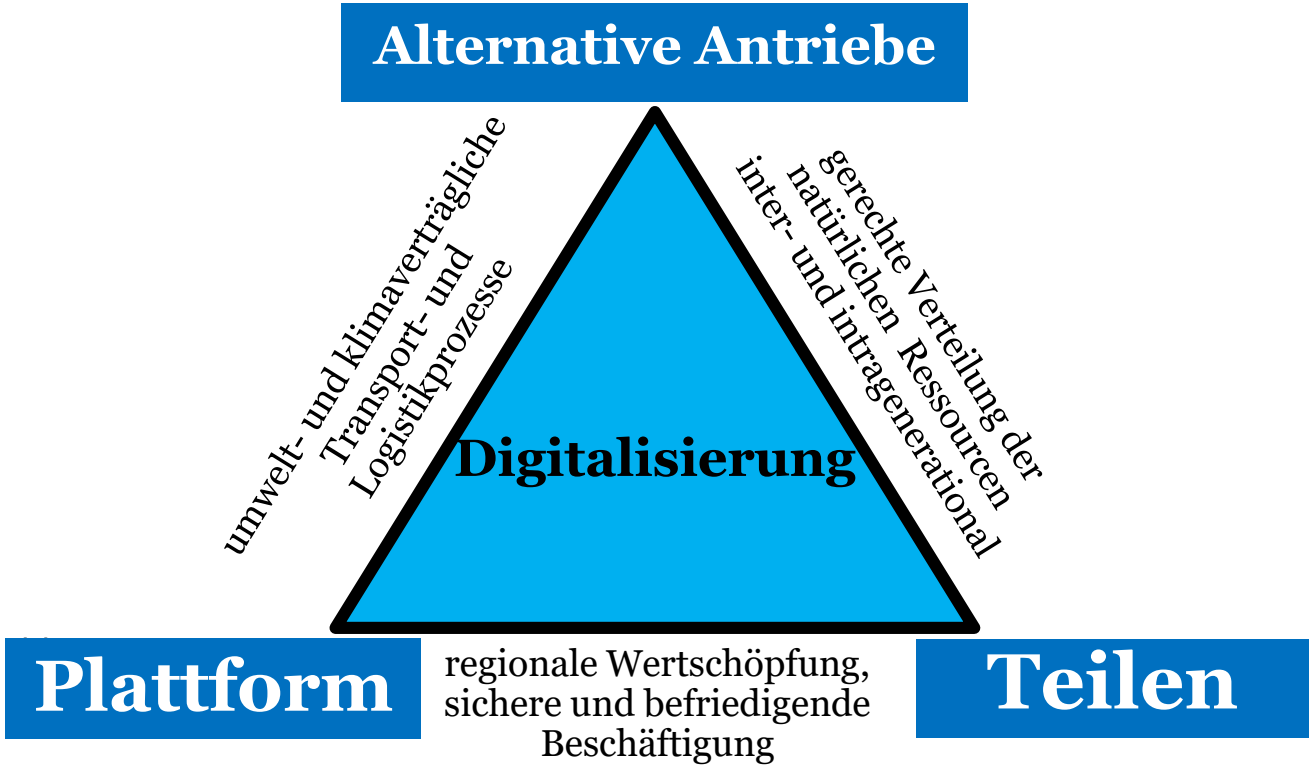
Hochschule Bremerhaven
Smart Mobility Institute

- In-Institut der Hochschule Bremerhaven
- Gegründet 2021
- Ca. 18 Mitarbeiter insgesamt

- Gründungsmitglieder:
  - Prof. Dr.-Ing. Benjamin Wagner vom Berg (Institutsleitung)
  - Prof. Dr.-Ing. Uwe Arens
  - Prof. Dr. Miriam O´Shea

Smarte Mobilitätslösungen = Digital + Nachhaltig!

Hochschule Bremerhaven
Smart Mobility Institute



www.smart-mobility-institute.de

Ausgesuchte Forschungsprojekte

Hochschule Bremerhaven
Smart Mobility Institute

- Vorraussichtlicher Projekstart Sep. 2023: **Green Delivery Analytics (GDA)** gemeinsam mit Hermes. mFUND (BMDV.
- Projektstart Jan. 2023: **Implementierung einer H2-Rangierlok zur Reduktion klimarelevanter Emissionen im Hafenquartier (SH2unter)**. NIP(BMDV)
- Projektstart 01.07.2021: **Resilient Regional Retail (R3) in der Metropolregion Nordwest**. Ausschreibung „Nachhaltige Mobilität“ der Metropolregion Nordwesten e. V.
- Sep. 2022-Mai 2023: Studie **Klimafreundliche Kühlsysteme für den Straßengüter-verkehr.** Auftrag NOW (BMDV).
- Okt. 2021-Dez. 2022: **Konzept zur Umrüstung von Polizeifahrzeugen mit Brennstoffzellen (KUPoB)**. Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff. BIS.
- Projektstart 01.09.2020: **Wasserstofftechnologie Business Process Management Modeling (H2-BPMM)**. Ausschreibung „Digitalisierung“ der Metropolregion Nordwesten e. V.
- Feb. 2021-Dez. 2023: **Konzept zur Umrüstung eines Kühl-Lkw (H2Cool)**. (AUF Angewandte Umweltforschung, Land Bremen)
- 01.07.2020 – 30.09.2021: **CO2 -freie Hafen- und Logistikprozesse durch Wasserstofftechnologie am Beispiel der Stadt Brake – Wesermarsch (H2BrakeCO2)**. Hyland-Programm (BMVI).
- 15.06.2018 – 30.11.2020: Koordination und Hauptantragsteller **Pilotprojekt „Nachhaltige Crowd-Logistik Bremerhaven“ (AUF Angewandte Umweltforschung, Land Bremen)** gemeinsam mit Rytle u. Krone.

NOW-GMBH.DE

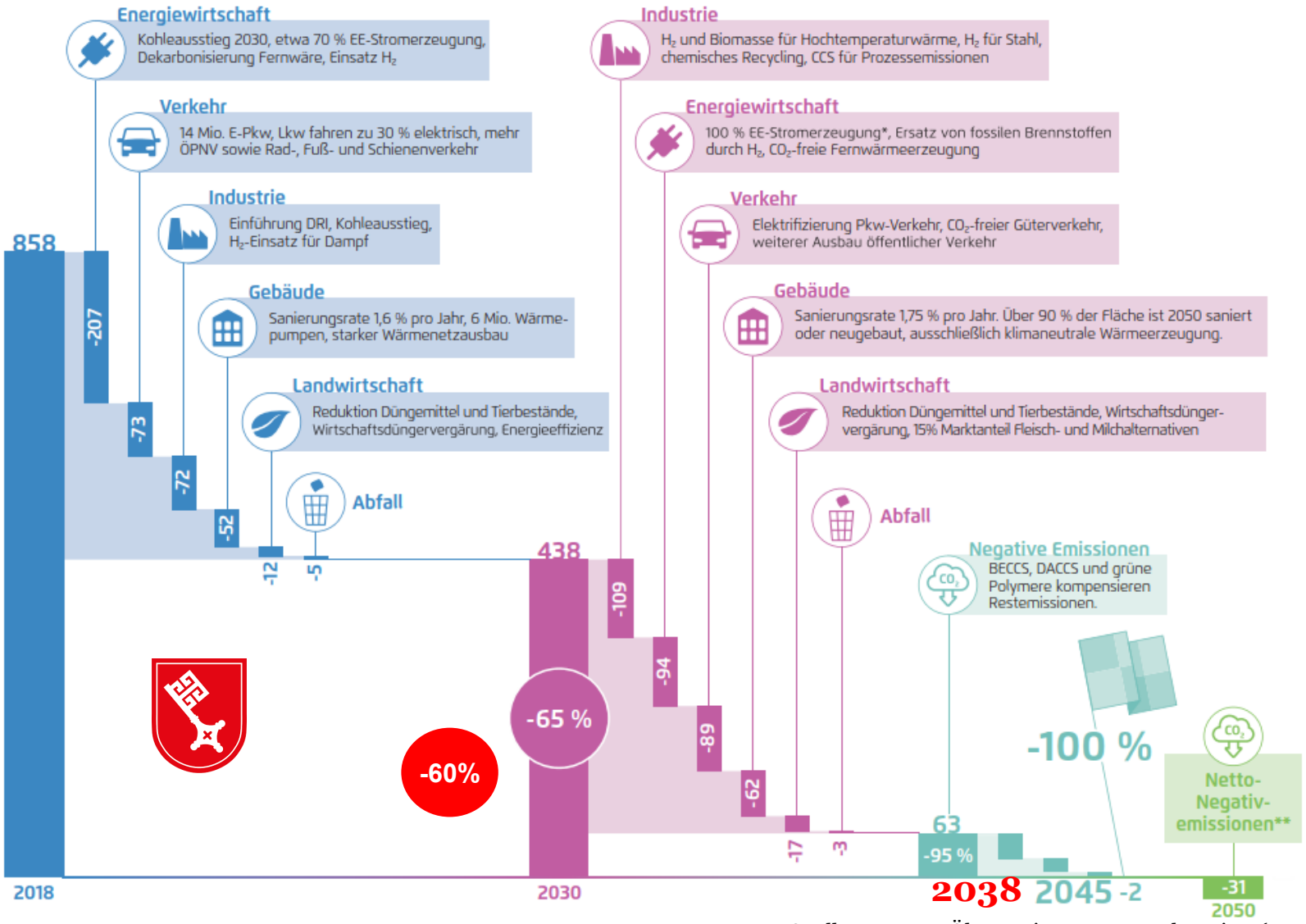
Hochschule Bremerhaven
Smart Mobility Institute

Studienergebnisse

Motivation

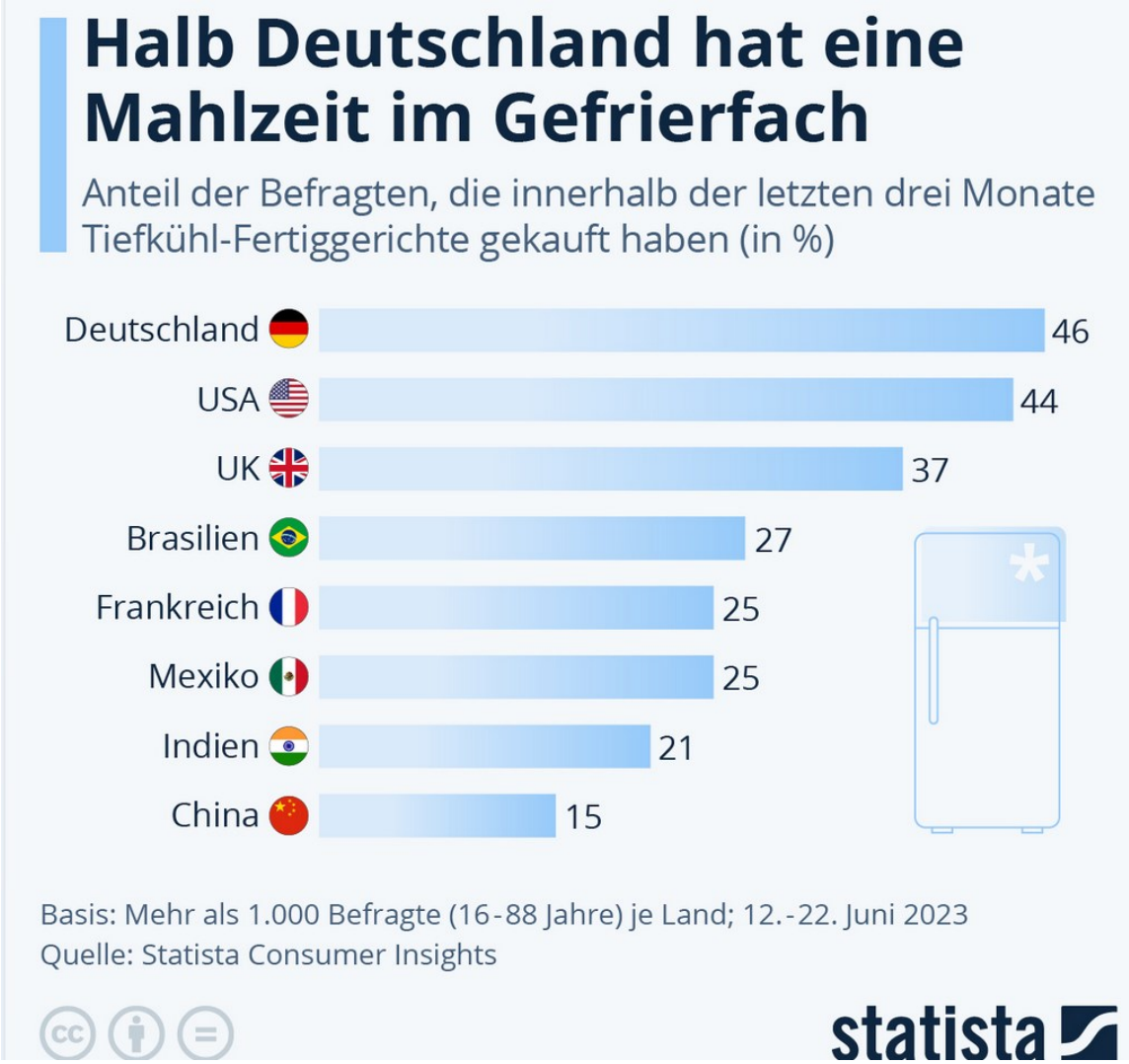
Motivation zur Studie

Maßnahmen und Ziele CO2-Reduktion Klimaneutral 2045 (Mio. t CO2-Äq.)



Quelle: Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2021)

Motivation zur Studie



- Gründe Nachfragesteigerung im Lebensmittelbereich:
  - Veränderung der Ernährungsgewohnheiten
  - Zunahme von Singlehaushalten
  - gesteigerte Anforderungen an die Produktqualität
- Jährlicher Umsatz von 15,924 Mrd. EURO (3,773 Mio. t) mit Tiefkühlprodukten
- Nachfrage nach Frische- & Tiefkühlprodukten ↑ → Anteil der temperaturgeführten Transporte ↑
- Nutzfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht > 3,5 t verursachen ca. 38 Mio. t CO_2 pro Jahr mit steigender Tendenz
- LKW > 26 t zulässigem Gesamtgewicht weniger als 10 % Anteil aller Nutzfahrzeuge im Bestand aus, aber ca. 50 % der Emissionen

Quellen: Statista, Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (2020), Deutsches Tiefkühlinstitut e. V.

NOW-GMBH.DE

Hochschule Bremerhaven
Smart Mobility Institute

Studienergebnisse

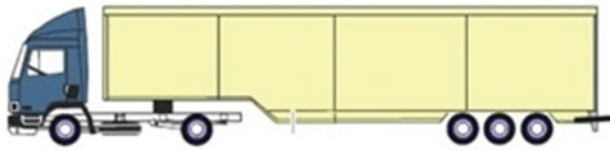
Status Quo Kühltransporte in Deutschland

Status Quo Kühltransport in Deutschland

Beschreibung der auf dem Markt befindlichen Fahrzeuglösungen und deren Unterschiede

Betrachtungsgrenzen

- Betrachtung der Nutzfahrzeugklassen N2 und N3 sowie der Anhängerklassen O3 und O4
- Fahrzeugart und Ausstattung hängen stark vom Einsatzzweck und dem Einsatzbereich ab
- Hauptsächliche Unterscheidung nach Sattelzug, Motorwagen mit Kühlkoffer oder BDF-Wechselbrücke
- Sattelzüge überwiegend mit Kühlaggregat in Stirnwandmontage, Motorwagen überwiegend mit Überdachmontage
- Anteil der Sattelzüge am Güternah- und Verteilverkehr nimmt zu
- Potential von Lang-LKW ist auch in der Kühl-Logistik vorhanden



Quelle: BMVI, Bundesanstalt für Straßenwesen, www.Spier.de

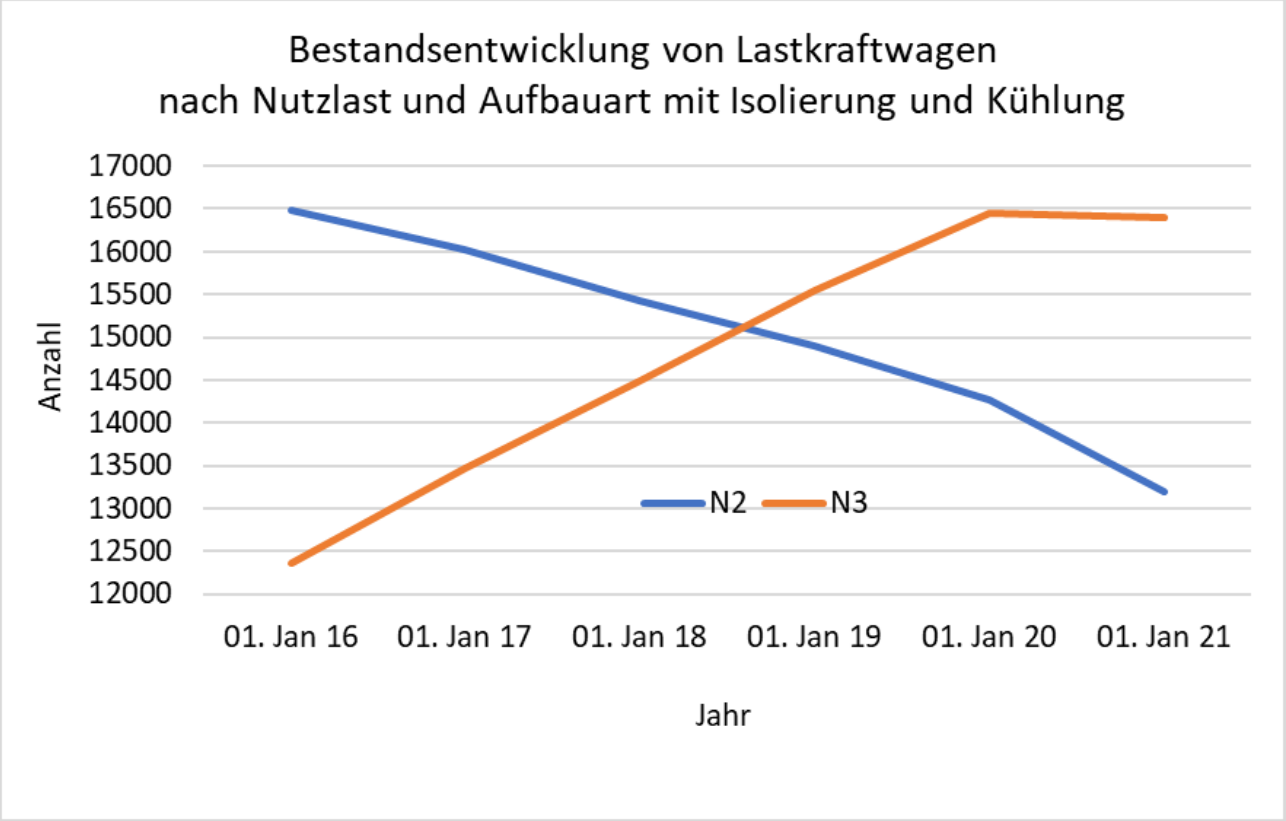
Status Quo Kühltransport in Deutschland

Erfassung und Auswertung von (Neu-)Zulassungszahlen von Kühl-LKW in Deutschland

Statistik des Kraftfahrtbundesamtes Fahrzeugzulassungen (FZ 25)

- Alternativ Marktdaten des Verbands Deutscher Kühlhäuser & Kühllogistik-unternehmen e.V. betrachtet
- Nur leichte Differenzen festgestellt

Anhänger	O3 > 3,5 t – 10 t	O4 > 10 t
01. Jan 21	671	44383
01. Jan 20	920	44357
01. Jan 19	928	43329
01. Jan 18	968	41010
01. Jan 17	985	40011
01. Jan 16	1006	38702



Status Quo Kühltransport in Deutschland

Identifizierung der Einsatzorte der Kühlsysteme

KBA-Statistik „Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge – Güterbeförderung“, Jahr 2021 - nach Konsumgüter zum kurzfristigen Verbrauch – Nahrungs- und Genussmittel (NST - 2007)

	Fahrten mit Ladung			
Güterabteilung Nahrungs- und Genussmittel	**Anzahl in 1.000**	**Zurückgelegte Entfernung in 1.000 km**	**Beförderte Gütermenge in 1.000 t**	**Ladevermögen in 1.000 t**
Nahbereich - Gesamtverkehr	6 670,8	172 310,3	87 615,1	149 306,7
Regionalbereich - Gesamtverkehr	8 955,0	846 687,7	117 590,4	198 612,8
Fernbereich - Gesamtverkehr	8 327,6	2 617 707,8	118 396,2	209 498,9

Laut BAG - Bundesamt für Güterverkehr, 2021:

Nahverkehr: bis 50 km

Regionalverkehr: von 51 km bis 150 km

Fernverkehr: ab 151 km

Quellen: KBA, https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/deutscherLastkraftfahrzeuge/vd_Gueterbefoerderung/vd_gueterbefoerderung_node.html
BAG, https://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Marktbeobachtung/Herbstberichte/Herbst_2021.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (Seite 14, Tabelle 5)

NOW-GMBH.DE

Hochschule Bremerhaven
Smart Mobility Institute

Studienergebnisse

Technische Analyse der aktuellen Kühlsysteme und Betrachtung Kältemittel

Technische Analyse der aktuellen Kühlsysteme und Betrachtung Kältemittel

Technischer Überblick zu Systemen zur Effizienzsteigerung und Minderung der Emissionen

Auswahl technische Maßnahmen der Kühlaggregat- und Trailer-Hersteller

- Optimierung der Regelungs- und Steuerungsstrategien
- Verbesserung der Motorentechnik
- Senkung der Geräuschemissionen und des Kältemittelverbrauchs
- Solarintegration

Technische Analyse der aktuellen Kühlsysteme und Betrachtung Kältemittel

Technischer Überblick zu Systemen zur Effizienzsteigerung und Minderung der Emissionen

Beispiel: Solar-Integration zur Energieversorgung

- Solar-Integration auf dem Dach und an den Seiten des (Kühl-)Aufliegers

Anwendung:

- Speisung Akku und Versorgung elektrischer Kühlaggregate
- Reichweitenverlängerung vollelektrischer LKW
- Versorgung Strombedarf Zugmaschine / LKW
- Senkung Kraftstoffverbrauch bei Hybrid-LKW
- Besondere Verwendung bei hohen Außentemperaturen mit starker Sonneneinstrahlung und maximal notwendiger Kühlung des Laderaumes
- Anwenderbeispiel: Sono Motors und Chereau

Quellen: https://sonomotors.com/site/assets/files/6479/220907_solar_info_sheet_truck_dt.pdf

Technische Analyse der aktuellen Kühlsysteme und Betrachtung Kältemittel

Darstellung häufig eingesetzter Kältemittel und möglicher Substitute

Kältemittel, aktuell	GWP-Wert TTW	GWP-Wert WTW
R 404 A	3.920 (Martin Schmied and Wolfram Knörr, 2013, p. 32)	4.025 (Martin Schmied and Wolfram Knörr, 2013, p. 32)
R 410 A	2.088	2.177
R 452 A	2.140	nicht bekannt
Kältemittel, zukünftig	**GWP-Wert TTW**	**GWP-Wert WTW**
R 449 A	1397	nicht bekannt
R 454 C	148	nicht bekannt

Kältemittel	TTW THG-Emissionen in kg CO_2e/kg	WTW THG-Emissionen in kg CO_2e/kg	Nachfüllmenge in kg/Jahr
R 404 A	3.920	4.025	1,0
R 410 A	2.088	2.177	1,0
R 452 A	2.140	nicht bekannt	1,0
R 449 A	1.397	nicht bekannt	1,0
R 454 C	148	nicht bekannt	1,0

Kältemittel (1,0 l)	GWP-Wert TtW	GWP-Wert WtW
R 404 A	3.920	4.025
R 452 A	2.140	nicht bekannt
R 410 A	2088	2.177

Einsparpotenzial von R 452 A gegenüber R 404 A liegt beim TtW-Wert bereits bei 1780.

Alternative zu R 410 A ist ggf. R 32 mit einem GWP-Wert (TtW) von 675.

Quelle: DSLV, Infraserv, Angaben Spedition

Technische Analyse der aktuellen Kühlsysteme und Betrachtung Kältemittel

Darstellung häufig eingesetzter Kältemittel und möglicher Substitute

Fazit

- In neuen Kühlaggregaten kommen insbesondere die Kältemittel R 452 A und R 410 A zum Einsatz.
- Ältere Fahrzeuge führen noch das Kältemittel R 404 A, welches durch R 452 A substituiert werden kann.
- Dadurch kann bei GWP-TTW-Wert ein Einsparpotenzial von 1780 kg CO2e/kg bei 1,0 l Nachfüllmenge erreicht werden.
- Austausch von klimaschädlichen Kältemittel durch Kältemittel mit einem geringeren GWP-Wert führen zu **Gesamtreduktion der direkten THG-Emissionen (TTW) um rund 64,4 % (R454 C führt sogar zu Reduktion von 96,2%)**

NOW-GMBH.DE

Hochschule Bremerhaven
Smart Mobility Institute

Studienergebnisse

Regulatorischer Rahmen

Regulatorischer Rahmen

Untersuchungsgegenstände

- Recherche und Darstellung der zulassungs- und genehmigungsrechtlichen Regelungen für Neufahrzeuge und Umbauten mit alternativen Antrieben
- Gefahrgutrechtliche Bestimmungen
- Einordnung der eingesetzten Kältemittel hinsichtlich der F-Gase-Verordnung
- Berücksichtigung der EU-CO2-Flottenzielwerte (Verordnung (EU) 2019/631) sowie des „Vehicle Energy Consumption Calculation Tool“ der EU und der EU-Verordnung 2016/1628

Regulatorischer Rahmen

Europäische Abgas- und CO2-Gesetzgebung

EU-Verordnung (EU) 2019/1242

- Erstmals europäische Regulierung, die CO2-Flottenzielwerte für neue schwere Nutzfahrzeuge (SNF) festlegt.
- Flottengrenzwerte für SNF (im Vergleich zu 2019/2020):
  - Ab 2025: CO2-Minderung von mindestens 15 %
  - Ab 2030: CO2-Minderung von mindestens 30 %
- Als Bezugswert für die CO2-Emissionen gelten die durchschnittlichen spezifischen CO2-Emissionen in g CO2/tkm aller neuen schweren Nutzfahrzeuge in jeder Fahrzeuguntergruppe, ausgenommen Arbeitsfahrzeuge, für den Referenzzeitraum vom 1. Juli 2019 bis zum 30. Juni 2020.
- Neuer Vorschlag der EU-Kommission (2023):
  - Bis 2030: Absenkung auf 45 %
  - Bis 2035: Absenkung auf 65%
  - Bis 2040: Absenkung auf 90 %

EU-Verordnung (EU) 2022/1362

- Seit 01. August 2022
- Prinzipien und Verfahrensweisen für die zukünftigen Anforderungen an die CO2-Zertifizierung von schweren Anhängern

Quellen: BMUV, European Commission, Umweltbundesamt

Regulatorischer Rahmen

Einordnung der eingesetzten Kältemittel hinsichtlich der F-Gase-Verordnung

- Seit 01. Januar 2015 gilt die so genannte F-Gase-Verordnung (Verordnung (EU) Nr. 517/2014 über fluorierte Treibhausgase)
- Alternative Kältemittel zu FCKW weisen häufig ein klimaschädliches GWP-Potential auf. Über die F-Gase-Verordnung wird der Zugang und das Angebot an klimaschädlichen Kältemitteln reguliert und Richtlinien zur Handhabung und Inverkehrbringung erstellt.
- Maßnahmen:
  - Senkung der Emissionen fluorierter Treibhausgase des Industriesektors bis zum Jahr 2030 um 70 Prozent gegenüber 1990
  - Verschärfung der Regelungen zu Dichtheitsprüfungen, Zertifizierung, Entsorgung und Kennzeichnung
  - Schrittweise Beschränkung (Phase down) der Mengen an teilfluorierten Kohlenwasserstoffen (HFKW)
  - Verhängung von Verwendungs- und Inverkehrbringungsverboten

NOW-GMBH.DE

Hochschule Bremerhaven
Smart Mobility Institute

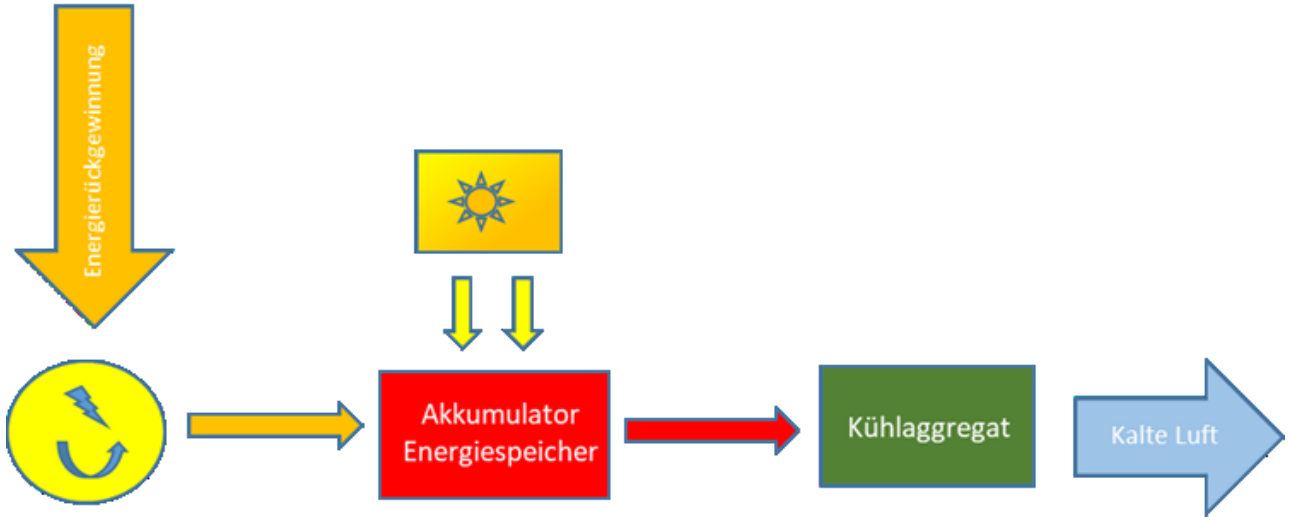
Studienergebnisse

Darstellung der Optionen emissionsfreier Kühlsysteme

Darstellung von Optionen für emissionsfreie Kühlsysteme

Untersuchung der technischen Umsetzung emissionsfreier Kühlsysteme

Konzept Rekuperationsachse und Kühlung



Darstellung von Optionen für emissionsfreie Kühlsysteme

Marktrecherche zu Entwicklern/Herstellern von emissionsfreien Kühlaggregaten - Kühlaggregat und Trailer

1. Konzepte mit Rekuperationsachse und Kühlung

Weitere Anwendungsmöglichkeiten:

- Unterstützung einer konventionellen Diesel-Sattelzugmaschine im Antrieb (Prinzip „eTrailer“)
- Verlängerung der Reichweite einer Zugmaschine mit BEV-Antrieb (Prinzip „eTrailer“)

Anwender/Hersteller:

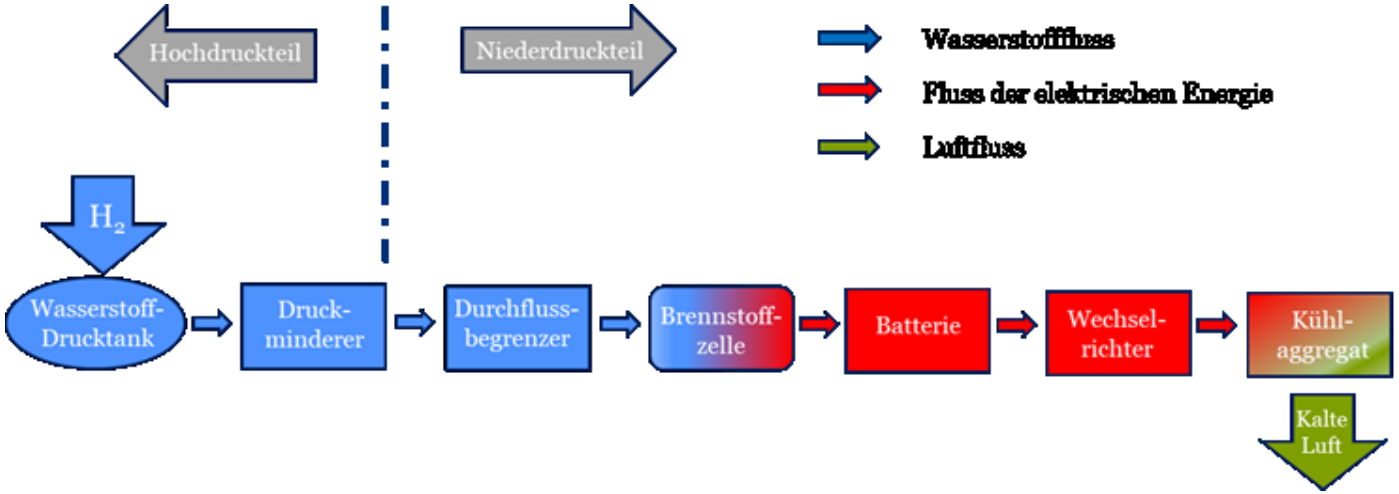
- eCool Liner und eCool Liner mit Celsineo Kühlaggregat (Trailer Dynamics, Krone und Liebherr)
- Vector eCool mit E-Drive-Technologie (Carrier Transicold, mit elektronischem Plug-In-System von AddVolt)
- BPW und ThermoKing, Energieversorgung Kühlaggregat mit ePower-Achse
- Schmitz Cargobull S.KOe

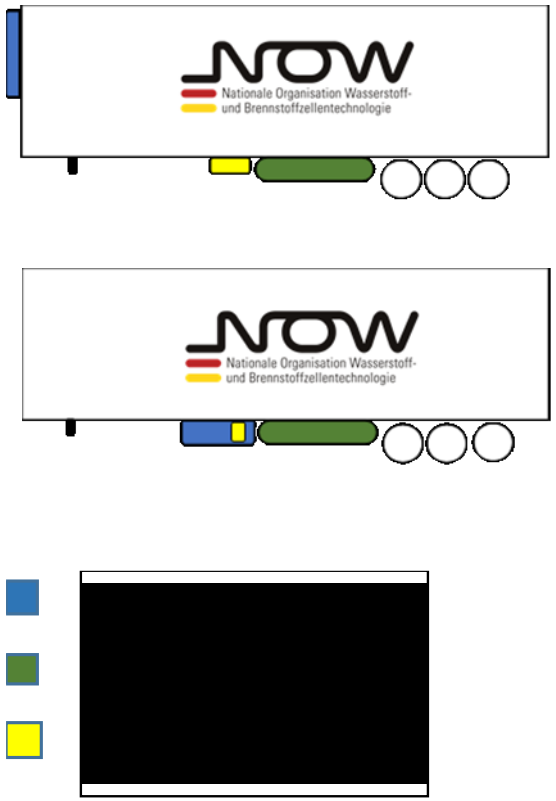
Quellen: https://www.krone-trailer.com/news/krone-mission-beyond-zero
https://www.celsineo.com/
https://www.shareddocs.com/hvac/docs/2000/Public/03/Vector_eCool_GER.pdf
https://addvolt.com/
Schmitz Cargobull
BPW

Darstellung von Optionen für emissionsfreie Kühlsysteme

Untersuchung der technischen Umsetzung emissionsfreier Kühlsysteme

Konzept Wasserstoff-Brennstoffzellen-Kühlsystem





Darstellung von Optionen für emissionsfreie Kühlsysteme

Marktrecherche zu Entwicklern/Herstellern von emissionsfreien Kühlaggregaten

2. Konzepte mit einem Wasserstoff-Brennstoffzellen-Kühlsystem

Französisches Projekt ROAD - Hydrogen refrigerated semi-trailer von Chereau

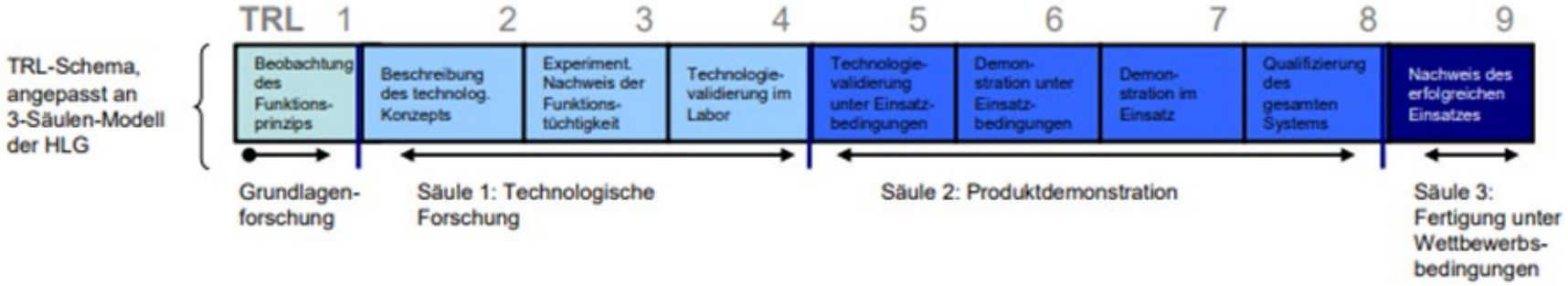
- Partnerschaft zwischen Chereau, Amvalor, FCLab (Forschungseinrichtung), Tronico, Carrier Transigold, Malherbe (Spedition - Test des Aufliegers) und weitere.
- Wasserstoffversorgung eines Kühlaggregats über eine 11 kW Brennstoffzelle, weitere Maßnahmen zur Emissions-Einsparung
- H2-Tanks: 350 bar, 14 kg H2, auf rechter Trailerseite (anstelle Palettenstaukästen)
- Tankfüllung innerhalb von 10 Minuten
- Laufzeit 09.2016 – 09.2019, 5,5 Mio. Euro
- Nachfolgeprogramm: From ROAD to REAL

Quelle: Chereau

Darstellung von Optionen für emissionsfreie Kühlsysteme

Untersuchung der technischen Umsetzung emissionsfreier Kühlsysteme

Bewertung Technologiereifegrad



Konzept Rekuperationsachse mit Kühlung: TRL 7 bis 9

- Bestehende Erfahrungen aus BEV-Fahrzeugen und der Rekuperationsachsen-Technologie
- Anwendungsfeld „Kühlung“ ist noch relativ neu
- Hauptfokus: Zusammenspiel der Komponenten, Optimierung Betriebsmodi, Anpassung an Anwendungsfelder

Konzept Wasserstoff-Brennstoffzellen-Kühlsystem: TRL 4 bis 5

- Bisher wenig (Langzeit-)Erfahrungen und kein Einsatz unter Realbedingungen
- Großer Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Quelle: Europäische Kommission, 2021, modifizierte Darstellung

Darstellung von Optionen für emissionsfreie Kühlsysteme

Betrachtung der Betankungs- und/oder Ladeinfrastruktur

Ausschnitt Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, AG 5: „Ladeinfrastruktur für batterieelektrische LKW“

Niedrige bis mittlere Ladeleistungen (100-150 kW bzw. 150-500 kW) - abhängig davon, ob parallel oder sequenziell geladen wird	Mittlere Ladeleistung (350-500 kW)	Niedrige Ladeleistung (150 kW)	Niedrige Ladeleistung (100-150 kW) - in Verbindung mit Lastmanagement	Hohe Ladeleistung (750 kW-1 MW)

Ladestandard:

Combined Charging System (CCS)

Megawatt Charging System (MCS)

STANDARD	LEISTUNG	EINSATZBEREICH	ZEITLICHE VERFÜGBARKEIT
CCS	• Bis 500 kW (bzw. bis 500 A/ bis 1.000 V) • Aktuell im Pkw-Bereich primär bis 350 kW genutzt, bis 500 kW möglich	• Einstieg für elektrische Nutzfahrzeuge • Nach Einführung MCS: Für Nutzfahrzeuge mit geringerem Leistungsbedarf (z. B. regionale Lieferfahrzeuge)	verfügbar
MCS	• Bis 4,5 MW (bis 3.000 A/ bis 1.500 V) • Voraussichtlich bei Einführung 750 kW bis 1 MW genutzt	• Für alle Nutzfahrzeuge mit hohem Leistungsbedarf (mit größeren Batterien, im Langstreckenverkehr ohne Möglichkeit auf Depot zu laden)	2023

Quelle: Nationale Plattform Zukunft der Mobilität

Darstellung von Optionen für emissionsfreie Kühlsysteme

Betrachtung der Betankungs- und/oder Ladeinfrastruktur

Initiativen für temperaturgeführte Transporte: NomadPower:

Ladesystem für Kühlaggregate (Sockel)

Zwei CEE 32 A/400 V 5-poliger Stecker für Drehstrom-Anschlüsse

Ladekapazität: je 22 kW

Zugang und Kontrolle über NomadPower App und Webseite

Mit Bezahlfunktion

Kosten: 3.950,- € ohne MWSt.

Wallbox für Kühltrailer in Vertriebszentren und Kühlhäusern

Bis zu 4 CEE 32 A/400 V Anschlüsse

Aktivierung durch mobile App und Webseite

Kosten: 3.250,- € ohne MWSt.

Quelle: https://shop.nomadpower.eu

NOW-GMBH.DE

Hochschule Bremerhaven
Smart Mobility Institute

Studienergebnisse

Ökonomische und ökologische Analyse aktueller und emissionsfreier Kühlsysteme

Ökonomische und ökologische Analyse aktueller und emissionsfreier Kühlsysteme

Ökonomische Analyse aktueller und emissionsfreier Kühlsysteme

Vergleich Motorwagen

	Diesel Motorwagen + Diesel Aggregat [€]	Diesel Motorwagen + E-Aggregat [€]	Diesel Motorwagen + H2-Aggregat [€]
km-Satz	1,00	0,96	1,04
Tages-Satz	489,96	472,62	508,51
	FCEV Motorwagen + Diesel Aggregat [€]	**FCEV Motorwagen + E-Aggregat [€]**	**FCEV Motorwagen + H2-Aggregat [€]**
km-Satz	1,25	1,21	1,28
Tages-Satz	609,87	592,53	628,43
	BEV Motorwagen + Diesel Aggregat [€]	**BEV Motorwagen + E-Aggregat [€]**	**BEV Motorwagen + H2-Aggregat [€]**
km-Satz	0,91	0,87	0,95
Tages-Satz	445,60	428,27	464,16

km-Satz = Gesamte Fahrzeugkosten / Jahreslaufleistung
Tagessatz = Gesamte Fahrzeugkosten / Jahreseinsatzzeit (Tage)

Ökonomische und ökologische Analyse aktueller und emissionsfreier Kühlsysteme

Ökologische Analyse aktueller und emissionsfreier Kühlsysteme

Berechnung Energieverbräuche und THG-Emissionen

Diesel B7	Energieverbrauch F in l/100 km	WtW-THG-Emissionen in kg CO_2e/100 km
Sattelzugmaschine	26	81,90
Motorwagen	26	81,90

WtW-THG-Emissionen Sattelzug und Motorwagen

FCEV	Energiever-brauch F in kg/100 km	WtW-THG-Emissionen grün WE-Off in kg CO_2e/100 km	WtW-THG-Emissionen grün WE-On in kg CO_2e/100 km	WtW-THG-Emissionen grün (WE-On)/grau in kg CO_2e/100 km	WtW-THG-Emissionen grau Dampfref. in kg CO_2e/100 km	WtW-THG-Emissionen Strommix in kg CO_2e/100 km
Sattelzugma-schine	7,48	2,24	3,99	42,63	77,29	205,43
Motorwagen	7,48	2,24	3,99	42,63	77,29	205,43

BEV	Energieverbrauch F in kWh/100 km	WtW-THG-Emissionen dt. Strommix 2020 in kg CO_2e/100 km	WtW THG-Emissionen, Grünstrom aus WE-On und Off in kg Co_2e/100 km
Sattelzugmaschine	106	44,45	2,31
Motorwagen	106	44,45	2,31

Reduktionspotential der Emissionen: 97, 2 %

Quellen: DSLV-Leitfaden, Studie Öko-Institut, Studie DWGW / ebi, eigene Berechnungen

Ökonomische und ökologische Analyse aktueller und emissionsfreier Kühlsysteme

Ökologische Analyse aktueller und emissionsfreier Kühlsysteme

Berechnung Energieverbräuche und THG-Emissionen

Diesel-/Elektro-Kühlaggregat	Jahreseinsatz-zeit [h] Dieselbetrieb	Jahreseinsatz-zeit [h] Netzbetrieb	WtW THG-Emissionen Diesel in kg CO_2e	WtW-THG-Emissionen dt. Strommix 2020 in kg CO_2e	WtW-THG-Gesamtemissionen in kg CO_2e
Kühlaggregat Sattelzug	1.200	350	13.884,73	1.174,04	15.058,77
Kühlaggregate Lastzug	2.400	700	18.462,94	1.555,6	20.018,54

WtW-THG-Emissionen bezogen auf die Jahreseinsatzzeit für Kühlaggregate Diesel/Elektro

Konzept "Rekuperations-achse + Kühlung"	Jahreseinsatzzeit [h] Netzbetrieb	WtW-THG-Emissionen dt. Strommix 2020 in kg CO_2e	WtW THG-Emissionen, Strom aus WE-On und Off in kg CO_2e
Kühlaggregat Sattelzug	350	1.174	61,00
Kühlaggregate Lastzug	700	1.555,6	80,82

analog Konzept „Rekuperationsachse + Kühlung“

Reduktionspotential der Emissionen: 99,9 %

Quellen: DSLV-Leitfaden, Studie Öko-Institut, Studie DWGW / ebi, eigene Berechnungen

NOW-GMBH.DE

Hochschule Bremerhaven
Smart Mobility Institute

Studienergebnisse

Potentiale und Handlungsempfehlungen

Potentiale klimafreundlicher Kühlsysteme

- Konfigurationen mit batteriebetriebener Sattelzugmaschine und Konzept “Rekuperationsachse + Kühlung” weisen heute schon geringste Km- und Tagessätze auf
  - Konfigurationen mit FCEV Sattelzugmaschine und Wasserstoff-Brennstoffzellen-Kühlsysteme erweitern Einsatzmöglichkeiten (Reichweite + Zuladung), sind aber (heute noch) teuer
- ökologisches Einsparpotential temperaturgeführter Transporte durch Einsatz von grünem Strom und grünem Wasserstoff besonders hoch: 7,43 Mio. t CO2-e (gesamter Fahrzeugbestand)
  - Ausbau On- und Offshorewindenergie, Solar sowie Import von grünem Wasserstoff
- Durch Austausch klimaschädlicher Kühlmittel signifikant Treibhausgasemissionen reduziert: Austausch des Kältemittels R 452 A durch das Kältemittel R 449 A hätte bspw. ein Reduktionspotential von77.480 t TTW-THG-Emissionen
- Henne-Ei-Problem bei Infrastruktur ist zu lösen
  - Entscheidungsprägend sind grundsätzlich die Traktionsalternativen (FCEV / BEV)
  - Öffentliche Infrastruktur für Nutzfahrzeuge heute nicht ausreichend
  - Kühlsysteme benötigen nur niederschwellige Infrastruktur (400 V Drehstrom-Anschluss)

Handlungsempfehlungen – Verlagerung, Vermeidung, Infrastruktur

- Verlagerung von Kühltransporten auf nachhaltigere Transportmittel
  - Stärkung des Kombinierten Verkehrs bei temperaturgeführten Transporten
  - Verlagerung auf Schiene Energieeinsparungen bis 75% pro tkm möglich + grüner Strom nutzbar
    - Aufrechterhaltung der Kühlkette notwendig → gesonderte Infrastruktur, z.B. mit SWS Power Box
- Vermeidung = Reduktion von Transporten
    - Anteil der Leerfahrten von LKW 2021 im deutschen Inlandsverkehr bei 37,6 % (KBA)
      → Einsatz von digitalen TMS und Frachtenbörsen (!)
    - Verhinderung von durch Verlader vertraglich geforderte Rückladungsverbote und Exklusivladungsgebote
- Infrastrukturausbau
  - Genereller Ausbau der Betankungs- und Ladeinfrastruktur für Wasserstoff- und Elektro-Nutzfahrzeuge an Rastanlagen, Autohöfen, Parkplätzen und Be-/Entlade-Depots sowie auf Betriebshöfen
  - Keine gesonderte H2-Infrastruktur nur zur „Betankung“ der Kühlaggregate notwendig
  - Ladedienstleistung Traktion an Kühlung! (roter Stecker)

Handlungsempfehlungen –
– Förderung u. Regulatorik

- Pull-Maßnahmen (Anreize durch Förderprogramme)
  - Förderung der Entwicklung und Anschaffung von emissionsarmen Kühlaufliegern (Erweiterung KSNI)
  - Fokussierung der Förderung von F&E-Projekten auf die Entwicklung innovativer emissionsarmer (Kühl-) Trailersysteme

- Push-Maßnahmen (verbunden mit Zwangsmaßnahmen und/oder Verboten)
  - Maut und Besteuerung
  - Förderung von emissionsfreien Kühlaufliegern durch Steuerbefreiung und ggf. Mautbefreiung / Mautanpassung bei Kombination aus konventioneller SZM und emissionsfreien Kühlauflieger
  - Teilweise Kfz-Steuerbefreiung für Trailer mit emissionsarmen Kühlaggregaten bzw. Energieversorgung, Rekuperationsachsen, Solarsystemen
  - CO2-Bepreisung
  - F-Gase-Verordnung
  - Verbote, wie Fahrverbote, Produktionsverbote

Handlungsempfehlungen – Fahrzeugtechnologie

	Diesel(-Elektro) - Kühlaggregat	Rekuperationsachse + Batterie + Kühlung	Wasserstoff-Brennstoffzellen-Kühlsystem
Traktion fossil (Diesel inkl. LNG, CNG etc.)	Geringe CO_2-Reduktion möglich, schnellstmögliche Substitution	Heute bereits im Einsatz, Brückentechnologie, ermöglicht zumindest CO_2-arme Kühlung, ggf. Kombination mit niederschwelliger Ladeinfrastruktur	Nicht sinnvoll
BEV	Nicht sinnvoll	Hohes Potential für CO_2-arme Kühltransporte, hoher TLR, leistungsstarke Ladeinfrastruktur erforderlich, ggf. nicht alle Bedarfe abdeckbar. Bei Nah- u. Regional-verkehr + Nutzung Ladeinfrastruktur in Logistikzentren heute schon einsetzbar	Sinnvoll nur dann, wenn Starkstromladung am Kühlaggregat verfolgt wird, da sonst unterschiedliche und kostenintensive Energieinfrastruktur für Traktion und Kühlung
FCEV	Nicht sinnvoll	Sinnvoll nur dann, wenn Starkstromladung am Kühlaggregat verfolgt wird, da sonst unterschiedliche und kostenintensive Energieinfrastruktur für Traktion und Kühlung	Hohes Potential für CO_2-arme Kühltransporte, relativ hoher TLR, erfordert H_2-Tankinfrastruktur, Abdeckung aller heutigen Bedarfe inkl. Fernstrecke + hohe Transportgewichte möglich

NOW-GMBH.DE

Hochschule Bremerhaven
Smart Mobility Institute

Fragenrunde/Diskussion

Vielen Dank!

Hochschule Bremerhaven
Smart Mobility Institute

Institutsleitung:
Prof. Dr.-Ing. Benjamin Wagner vom Berg

Smart Mobility Institute an der Hochschule Bremerhaven
An der Karlstadt 8
27568 Bremerhaven
Mail: benjamin.wagnervomberg@hs-bremerhaven.de
www.hs-bremerhaven.de