

# Executive Summary

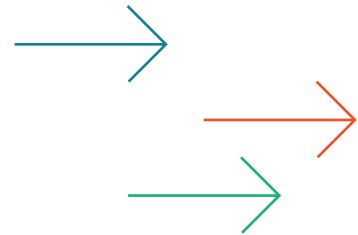
## Studie „Klimafreundliche Kühle Systeme für den Straßengüterverkehr – Marktüberblick und Dekarbonisierungspotenziale“

### Welche Bedeutung haben Kühlaggregate für die Klimabilanz des deutschen Verkehrssektors?

Bis 2045 soll Deutschland klimaneutral werden – das ist das Ziel der Bundesregierung in Reaktion auf die Verabschiedung des Pariser Klimaschutzabkommens von 2015. Das zu diesem Zweck verabschiedete Klimaschutzgesetz sieht bereits bis 2030 eine sektorenübergreifende Senkung der Treibhausgasemissionen um 65 Prozent gegenüber 1990 vor. Besonders großes Senkungspotenzial besteht im Verkehrssektor, da er der einzige Sektor ist, dessen Emissionen im Vergleich zu 1990 trotz verbesserter Fahrzeugeffizienz nicht zurückgegangen, sondern gestiegen ist. Grund dafür ist das stark gestiegene Verkehrsaufkommen, vor allem im Güterverkehr. Trotz des relativ kleinen Anteils von circa zehn Prozent am Gesamtbestand der Nutzfahrzeuge, verursacht der Schwerlastverkehr etwa die Hälfte der Emissionen im Nutzfahrzeugbereich.

Auch die Nachfrage nach Frisch- und Tiefkühlprodukten wächst kontinuierlich, sodass bei der Gesamtbetrachtung der Emissionen im Verkehr auch die Emissionen von Kühlaggregaten, die auf Nutzfahrzeugen und an Anhängern verbaut sind, mitberücksichtigt werden müssen. Der Markthochlauf klimafreundlicher Nutzfahrzeuge mit Batterie- und Brennstoffzellenantrieb hat bereits erheblich an Fahrt aufgenommen – Kühlaggregate für Frischprodukte laufen jedoch noch immer mehrheitlich mit Diesel. Hier gibt es also noch großes Potenzial für klimaneutrale Technologien und es besteht Bedarf, eine Umstellung voranzutreiben.

Um die Bedeutung emissionsarmer Kühle Systeme für die Erreichung der Klimaziele besser einschätzen zu können, hat die NOW GmbH das Smart Mobility Institute der Hochschule Bremerhaven mit der Erstellung der Studie „Klimafreundliche Kühle Systeme für den Straßengüterverkehr – Marktüberblick und Dekarbonisierungspotenziale“ beauftragt, deren Ergebnisse hier in Kürze dargestellt sind.



#### Fragen, die die Studie beantwortet:

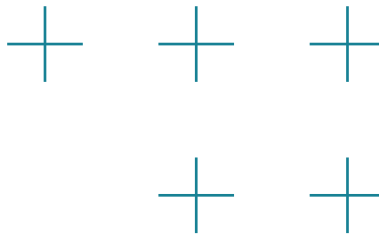
1. Welchen Anteil haben Transporte mit Kühlaggregaten momentan an den Treibhausgasemissionen?
2. Welche Techniken kommen bei Kühltransporten zum Einsatz?
3. Welche emissionsfreien Techniken stehen als Alternativen zur Verfügung?
4. Wie groß ist das Einsparpotenzial bei den alternativen Kühle Systemen?
5. Welche Handlungsempfehlungen gibt die Studie?



### 1. Welchen Anteil haben Transporte mit Kühlaggregaten momentan an den Treibhausgasemissionen?

Der Bereich der Kühltransporte – man spricht von „temperaturgeführten Transporten“ – hat eine hohe Relevanz für den gesamten Logistiksektor in Deutschland. Mit einem jährlichen Umsatz von fast 16 Milliarden Euro ist der Markt für Tiefkühlprodukte ein erheblicher Wirtschaftsfaktor im Bereich Ernährung, der durch Änderungen der Ernährungs- und Konsumgewohnheiten, etwa durch einen wachsenden E-Food-Sektor, weiter im Wachstum ist. Somit wird auch das Volumen von temperaturgeführten Transporten weiter steigen. Dieser Anstieg wird auch tendenziell durch eine fortschreitende Klimaerwärmung verstärkt. So werden Energieaufwände für die Kühlung steigen und immer mehr Waren temperaturgeführt transportiert werden müssen.

Mit 75.631 Fahrzeugen im Jahr 2022 hat die Kühltransportlogistik schon heute einen hohen Anteil von 5,72 Prozent am Gesamtgüterverkehr in Deutschland. Hieraus leitet sich eine entsprechende Wirkung auf das Verkehrsaufkommen ab sowie ein Anteil von 2.891.496 t CO<sub>2</sub> an den Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors. Die in der temperaturgeführten Logistik eingesetzten Anhänger mit der Aufbauart “Mit Isolierwänden und Kühlung” und der Klassen O3 und O4 erhöhen die derzeit in der Kühllogistik emittierten Treibhausgasemissionen um weitere 4.541.519 t CO<sub>2</sub>. Damit lässt sich das in der temperaturgeführten Logistik vorliegende Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen auf insgesamt rund 7,43 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr beziffern.



### 2. Welche Techniken kommen bei Kühltransporten zum Einsatz?

Zum Transport von temperaturempfindlichen Gütern werden Fahrzeuge mit isolierten Aufbauten und Anhängern sowie Aufliegern eingesetzt, die zumeist mit Kühlaggregaten ausgestattet sind. Im Vergleich zu anderen Aufbauformen im Güterkraftverkehr sind jene zum Transport von gekühlten Produkten technisch aufwendiger gestaltet. Neben den benötigten Kühlaggregaten, welche mit einer Kühl- und Heizfunktion ausgestattet sind, weist insbesondere der Aufbau wesentliche Unterschiede zu einem Trockenfrachtkoffer auf: So wirkt sich die zur Aufrechterhaltung der Kühlleistung erforderliche Isolierung an den Seitenwänden auf die Abmessungen der Nutzfahrzeuge aus.

Der Großteil der im straßengebundenen Gütertransport eingesetzten Kühlaggregate sind mobile Kompressionskälteanlagen, deren Funktionsprinzip auf dem linksläufigen Kreisprozess bzw. thermodynamischen Kälteprozess basieren. Die Systemkomponenten bestehen prinzipiell aus einem Verdichter (Kältekompressor), einem Verdampfer und einem Kondensator sowie einer Drosseleinrichtung, dem Umgebungsluft sowie ein Kältemittel zugeführt wird. Der Betrieb der Anlagen kann in Straßen- und Netzbetrieb unterteilt werden, wobei der Straßenbetrieb dieselelektrisch erfolgt.

Ein typisches herkömmliches Kühlaggregat für mittlere bis schwere LKW sowie für LKW mit Sattelaufleger verfügt über eine integrierte Diesel-Verbrennungskraftmaschine (VKM), die den Kältekompressor direkt mechanisch antreibt. Für den Netzbetrieb ist ein zusätzlicher Drehstrommotor mit 230 V bzw. 400 V Drehstrom installiert. Die Versorgung des Dieselmotors im Kühlaggregat eines Sattelauflegers erfolgt mittels eines separaten Tanks am Auflieger. Bei Lastzügen wird das Motorwagenkühlaggregat über den Dieseltank des Fahrzeugs versorgt, während beim zugehörigen Anhänger die Versorgung über einen separaten Tank am Anhänger erfolgt.

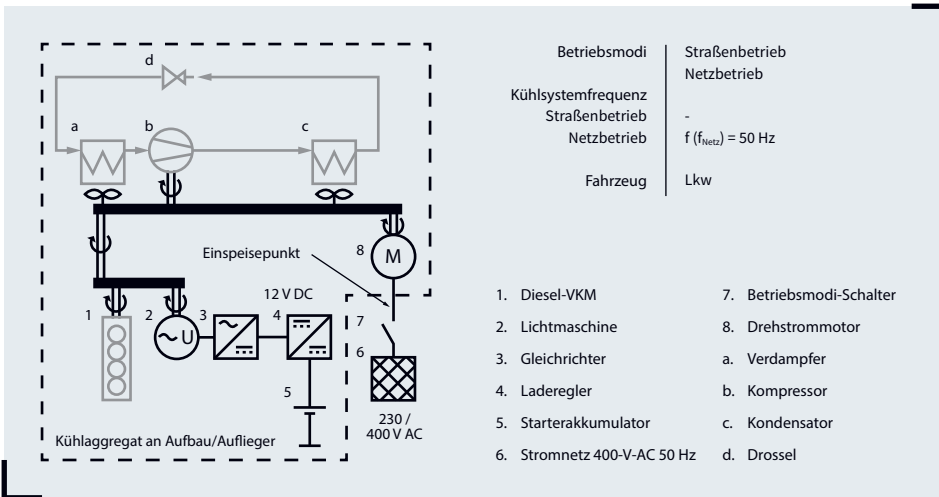


Abbildung 1

Eine weitere gängige Kühlsystemvariante für den elektrischen Straßen- und Netzbetrieb stellt elektrische Energie im Straßenbetrieb über einen Drehstromgenerator bereit, der direkt mit der Verbrennungskraftmaschine des Motorwagens oder der Sattelzugmaschine verbunden ist. Über den integrierten Frequenzumrichter kann die Leistungsregelung der Kühlaggregatantriebe und somit der Temperaturregelung verfeinert werden, was zu einer gleichzeitigen Kraftstoffeinsparung führt.

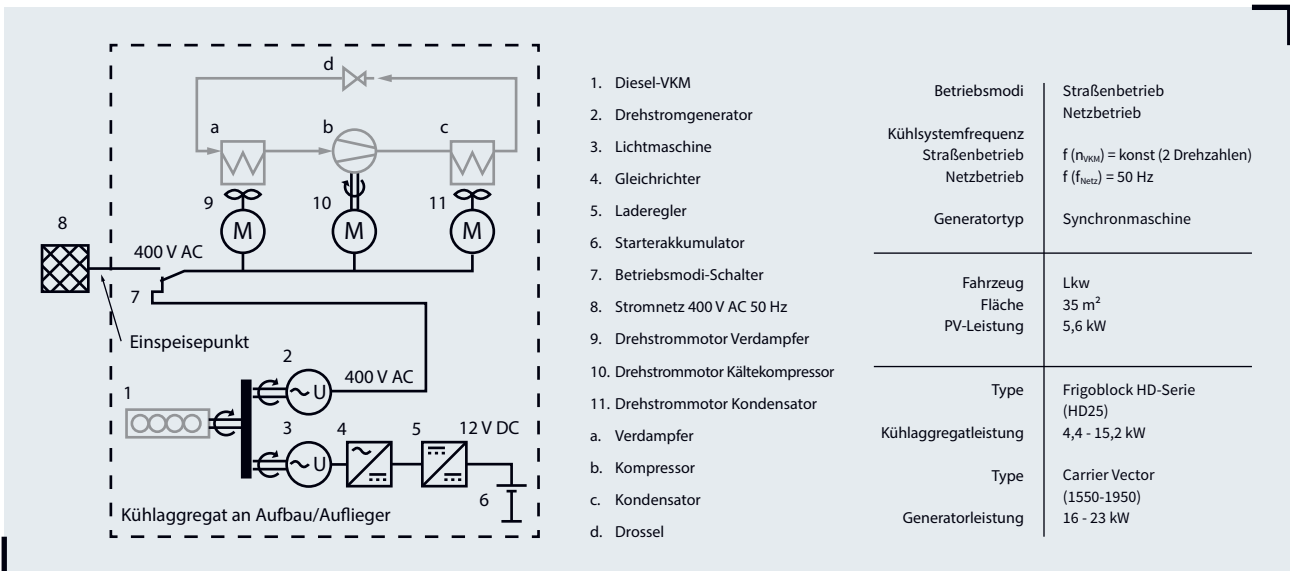
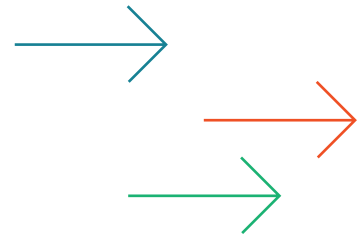
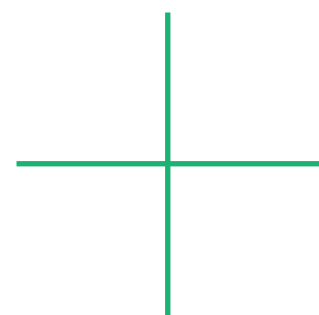


Abbildung 2

Die letzte wichtige Komponente für die in temperaturgeführten Transporten eingesetzten Kühlsysteme sind Kältemittel. Kältemittel gewährleisten durch die Aufnahme und Abgabe von Wärme innerhalb eines Kühlkreislaufes die Aufrechterhaltung des Kühlprozesses. In den Kühlaggregaten von Kühl- und Tiefkühl-Transporten kommen derzeit Kältemittelgemische zum Einsatz. Dabei sind insbesondere die Kältemittel R 452 A und R 410 A in Kühlaggregaten für Neufahrzeuge üblich.



### 3. Welche emissionsfreien Techniken stehen als Alternativen zur Verfügung?

Ein großer Teil der gekühlten Transporte wird momentan auf der Straße durchgeführt. Eine stärkere Verlagerung dieser Transporte auf andere Modi, wie die Schiene, wäre eine grundsätzliche Option, die viele Treibhausgasemissionen einsparen würde. Es ist aber davon auszugehen, dass das Aufkommen der temperaturgeführten Straßentransporte weiterhin wächst.

Die folgenden Technologien sind im Wesentlichen geeignet, dieselbasierte Systeme komplett zu ersetzen und die Treibhausgasemissionen auf ein Minimum zu reduzieren:

- Elektrische Rekuperationsachse
- Batteriebasierte Kühlsysteme
- Brennstoffzellenbasierte Kühlsysteme
- Solarbasierte Stromerzeugung am Trailer

In der Erweiterung um die Antriebssysteme der Fahrzeuge stehen batterieelektrische (BEV) und brennstoffzellenbasierte (FCEV) Fahrzeuge im Fokus.

Diese neuen Technologien sind sehr vielfältig, für unterschiedliche Anwendungsfälle geeignet und mit unterschiedlichen Technologiereifegraden behaftet. Es gilt daher diese Technologien zunächst (weiter) zu entwickeln, zur Serienreife zu führen und einen flächendeckenden Einsatz in der Praxis zu forcieren.

Weiterhin stellt der Austausch der Kältemittel durch solche mit weniger klimaschädlicher Wirkung ein großes Potenzial zur Emissions-senkung dar. Kältemittel weisen im Verhältnis zum Treibhausgas CO<sub>2</sub> oft eine um das Vielfache höhere Treibhausgaswirksamkeit auf. Daher können sich bereits einfache und schnell umsetzbare Anpassungen der in Kühlsystemen eingesetzten Kältemittel positiv auf die Treibhausgasintensität temperaturgeführter Transporte auswirken. Durch die Verwendung klimafreundlicher Kältemittel, sind bereits heute Einsparungen von über 96 Prozent der direkten Treibhausgasemissionen beispielsweise gegenüber dem gängigen Kältemittel R 404 A möglich.

Die Abbildung zeigt, wie groß die Unterschiede bei der klimaschädlichen Wirkung der Kältemittel sind:

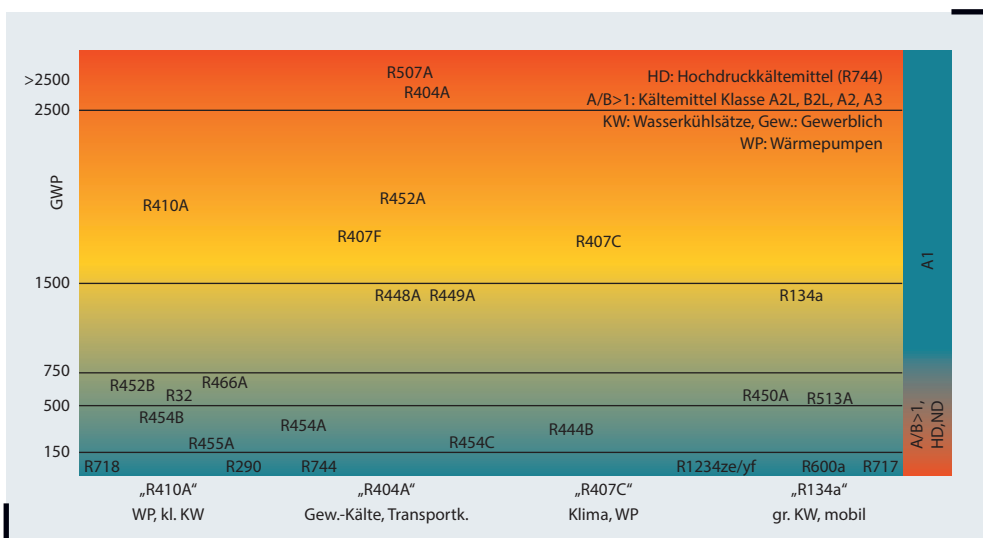
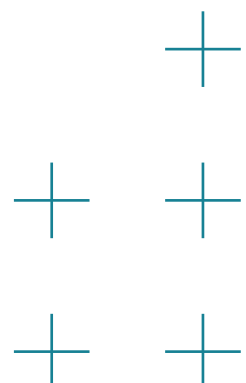


Abbildung 3



## 4. Wie groß ist das Einsparpotenzial bei den alternativen Kühlsystemen?

Mit den verschiedenen alternativen Antriebsvarianten für die Kühlaggregate existieren bereits heute technische Möglichkeiten die Kühlung von Gütern klimafreundlich zu betreiben. Dennoch können vereinzelt dieselbasierte Kühlaggregate erforderlich sein, da ggf. die gesamte Transportkette noch nicht umgestellt werden kann. Wesentliche Anstrengungen im Rahmen der Erreichung der Klimaziele der Bundesregierung müssen darum dahingehend erfolgen, für Kühltransporte auf der Straße Technologien in der Entwicklung zu fördern und schnell in der Praxis zu etablieren, die den Ausstoß von Treibhausgasemissionen auf ein Minimum reduzieren.

Im Bereich der notwendigen Kältemittel, die grundsätzlich eine starke Klimawirkung haben, lassen sich mit dem Ersatz weniger belastender Kältemittelalternativen, wesentliche Effekte erzielen. Ein konsequenter Austausch des Kältemittels R 452 A durch das Kältemittel R 449 A hätte bezogen auf den Nutzfahrzeugbestand von LKW der Klassen N2 und N3 mit der Aufbauart „Mit Isolierwänden und Kühlung“ im Jahr 2020 beispielsweise ein Reduktionspotenzial von 77.480 t Treibhausgasemissionen.

## 5. Welche Handlungsempfehlungen gibt die Studie?

1. **Verlagerung von Transporten auf die Schiene**
2. **Vermeidung von Transporten durch optimierte Logistik**
3. **Aufbau von Tank- und Ladeinfrastruktur für Wasserstoffbrennstoffzellen- und batterieelektrische Nutzfahrzeuge, die eine grundsätzliche Kompatibilität mit entsprechenden Kühlsystemen erlauben**
4. **Weiterentwicklung der Fahrzeugtechnologie dahingehend, dass ein gleichzeitiges Laden/Betanken von Fahrzeug und Kühlsystem erfolgen kann**
5. **Konsequenter Austausch von Kältemitteln gegen solche mit weniger klimaschädlicher Wirkung**
6. **Anpassung der bestehenden Förderprogramme der Bundesregierung an die speziellen Erfordernisse temperaturgeführter Transporte**



Die vollständige Studie „**Klimafreundliche Kühlsysteme für den Straßengüterverkehr – Marktüberblick und Dekarbonisierungspotenziale**“ finden Sie zum

→ [Download auf der NOW-Webseite.](#)





# Impressum

## **Herausgeber**

NOW GmbH  
Fasanenstraße 5  
10623 Berlin

## **Im Auftrag von**

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)  
Invalidenstraße 44  
10115 Berlin

## **Autorinnen und Autoren**

Smart Mobility Institute  
Hochschule Bremerhaven  
Prof. Dr.-Ing. Benjamin Wagner vom Berg  
Prof. Dr.-Ing. Uwe Arens  
Uta Kühne  
Jan-Patrick Stenau  
Senad Hasanspahic  
Mattes Leibenat

## **Gestaltung**

motum GmbH

## **Erscheinungsjahr**

Juli 2023

