



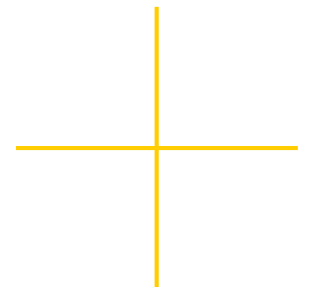
Gesamtkosten klimafreundlicher Nutzfahrzeuge: TCO-Studien im Vergleich

BMDV Fachkonferenz Klimafreundliche
Nutzfahrzeuge

Dr. Susanne Kuhri und Axel Blume

Teamleitung Wissensmanagement und Teamleitung Klimafreundliche Nutzfahrzeuge

12.11.2024

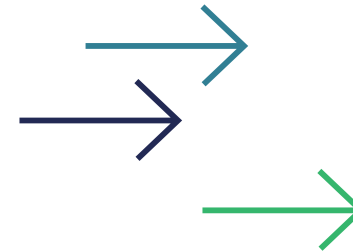


Hintergrund und Zielsetzung

Oder auch: Warum braucht es denn noch eine neue Studie?



- Es gibt viele Studien, die TCO von klimafreundlichen Nutzfahrzeugen analysieren, häufig aber mit einem speziellen Fokus. Ein Vergleich verschiedener Studien und daraus resultierender Aussagen ist kaum möglich.
- Metastudie fasst aktuelle Studien (Zeitraum 2018-2023) zur Entwicklung der Total Cost of Ownership (TCO) für schwere Nutzfahrzeuge zusammen
- Zielhorizont der Metastudie ist das Jahr 2030
- Betrachtet werden die einzelnen TCO-Komponenten, die Einflüsse auf die TCO-Komponenten und der Einfluss auf die Gesamt-TCO
- Für mögliche zukünftige Untersuchungen versucht die Metastudie bisher
 - wenig beachtete oder fehlende Einflüsse zu identifizieren und
 - Einordnung zu geben



Auswahl der Studien

Vorgehen für die Datenerhebung



Filter

Mit TCO-Betrachtung

Mit Betrachtungsjahr 2030

Mit nachhaltigen Antriebsarten

Nicht in anderen Studien
enthalten



A total cost of ownership comparison of truck...	Alternative Antriebe und Kraftstoffe im...	Analysis of cost of ownership and the polic...	Analyzing the competitiveness of low...	Anforderungen an eine elektrische Lade- und...	Batteries, fuel cells, or engines? A probabilistic...	Brennstoffzellen für Langstrecken, Batterien...
Comparison of hydrogen and battery electric trucks	Decarbonising Europe's Trucks How to Minimise..	Die Dekarbonisierung des LKW-Fernverkehrs in...	ELECTRIFYING LAST-MILE DELIVERY A total cost of..	Elektro-Lkw schneller auf die Straße bringen	Energieeffizienzgespreizte Lkw-Maut -...	Fortschrittsbericht zum Gesamtkonzept...
Fuel cells hydrogen trucks	FUEL-CELL HYDROGEN LONG-HAUL TRUCKS IN..	Fueling the Future of Mobility Hydrogen and...	Gesamtkonzept klimafreundliche...	Gestaltung des MKS-Referenzszenarios für di...	Green truck technologies wanted! A cost-optimize...	H2-Infrastruktur für Nutzfahrzeuge im...
Handlungskonzept Schwerer...	Klimabilanz, Kosten und Potenziale verschiedener..	Leitfaden für den Aufbau von Ladeinfrastruktur fü...	Lieferverkehr mit Batterie-Lkw: Machbarkeit 2021	Marktentwicklung klimafreundlicher...	Nachhaltiger Schwerlastverkehr - Stat...	Nutzfahrzeuge mit Null Emissionen
Preparing the world for zeroemission trucks	Roadmap – Markthochläufe...	Routes to decarbonizing commercial vehicles	StratES - Szenarien für die Elektrifizierung des...	Systemvergleich CO2-freier...	Systemvergleich zwischen Wasserstoffverbrennung..	Szenarien und regulatorische...
Technical and Business Aspects of Battery Electr...	Techno-economic uptake potential of zeroemissio...	Technologiestudie – Kurzstudie zur Analyse d...	The power of moving loads: Cost analysis of...	TOTAL COST OF OWNERSHIP FOR...	Total cost of ownership von Sattelzugmaschinen ...	Umweltanalyse: Update der Studie...
Vergleich unterschiedlicher...	Vergleichende Analyse der Potentiale von...	Wasserstoffantriebe im Wettbewerb mit...	WERKSTATTBERICHT ANTRIEBSWECHSEL...			

verbleibende Studien

46

Auswahl der Studien

Vorgehen für die Datenerhebung



Filter

Mit TCO-Betrachtung

Mit Betrachtungsjahr 2030

Mit nachhaltigen Antriebsarten

Nicht in anderen Studien
enthalten



A total cost of ownership comparison of truck...	Alternative Antriebe und Kraftstoffe im...	Analysis of cost of ownership and the polic...	Analyzing the competitiveness of low...	Anforderungen an eine elektrische Lade- und...	Batteries, fuel cells, or engines? A probabilistic...	Brennstoffzellen für Langstrecken, Batterien...
Comparison of hydrogen and battery electric trucks	Decarbonising Europe's Trucks How to Minimise..	Die Dekarbonisierung des LKW-Fernverkehrs in...	ELECTRIFYING LAST-MILE DELIVERY A total cost of..	Elektro-Lkw schneller auf die Straße bringen	Energieeffizienzgespreizte Lkw-Maut -...	Fortschrittsbericht zum Gesamtkonzept...
Fuel cells hydrogen trucks	FUEL-CELL HYDROGEN LONG-HAUL TRUCKS IN..	Fueling the Future of Mobility Hydrogen and...	Gesamtkonzept klimafreundliche...	Gestaltung des MKS-Referenzszenarios für di...	Green truck technologies wanted! A cost-optimize...	H2-Infrastruktur für Nutzfahrzeuge im...
Handlungskonzept Schwerer...	Klimabilanz, Kosten und Potenziale verschiedener..	Leitfaden für den Aufbau von Ladeinfrastruktur fü...	Lieferverkehr mit Batterie-Lkw: Machbarkeit 2021	Marktentwicklung klimafreundlicher...	Nachhaltiger Schwerlastverkehr - Stat...	Nutzfahrzeuge mit Null Emissionen
Preparing the world for zeroemission trucks	Roadmap – Markthochläufe...	Routes to decarbonizing commercial vehicles	StratES - Szenarien für die Elektrifizierung des...	Systemvergleich CO2-freier...	Systemvergleich zwischen Wasserstoffverbrennung...	Szenarien und regulatorische...
Technical and Business Aspects of Battery Electr...	Techno-economic uptake potential of zeroemissio...	Technologiestudie – Kurzstudie zur Analyse d...	The power of moving loads: Cost analysis of...	TOTAL COST OF OWNERSHIP FOR...	Total cost of ownership von Sattelzugmaschinen ...	Umweltanalyse: Update der Studie...
Vergleich unterschiedlicher...	Vergleichende Analyse der Potentiale von...	Wasserstoffantriebe im Wettbewerb mit...	WERKSTATTBERICHT ANTRIEBSWECHSEL...			

verbleibende Studien

36

Auswahl der Studien

Vorgehen für die Datenerhebung



Filter

Mit TCO-Betrachtung

Mit Betrachtungsjahr 2030

Mit nachhaltigen Antriebsarten

Nicht in anderen Studien
enthalten



A total cost of ownership comparison of truck...	Alternative Antriebe und Kraftstoffe im...	Analysis of cost of ownership and the polic...	Analyzing the competitiveness of low...	Anforderungen an eine elektrische Lade- und...	Batteries, fuel cells, or engines? A probabilistic...	Brennstoffzellen für Langstrecken, Batterien...
Comparison of hydrogen and battery electric trucks	Decarbonising Europe's Trucks How to Minimise..	Die Dekarbonisierung des LKW-Fernverkehrs in...	ELECTRIFYING LAST-MILE DELIVERY A total cost of..	Elektro-Lkw schneller auf die Straße bringen	Energieeffizienzgespreizte Lkw-Maut -...	Fortschrittsbericht zum Gesamtkonzept...
Fuel cells hydrogen trucks	FUEL-CELL HYDROGEN LONG-HAUL TRUCKS IN..	Fueling the Future of Mobility Hydrogen and...	Gesamtkonzept klimafreundliche...	Gestaltung des MKS-Referenzszenarios für di...	Green truck technologies wanted! A cost-optimize...	H2-Infrastruktur für Nutzfahrzeuge im...
Handlungskonzept Schwerer...	Klimabilanz, Kosten und Potenziale verschiedener..	Leitfaden für den Aufbau von Ladeinfrastruktur fü...	Lieferverkehr mit Batterie-Lkw: Machbarkeit 2021	Marktentwicklung klimafreundlicher...	Nachhaltiger Schwerlastverkehr - Stat...	Nutzfahrzeuge mit Null Emissionen
Preparing the world for zeroemission trucks	Roadmap – Markthochläufe...	Routes to decarbonizing commercial vehicles	StratES - Szenarien für die Elektrifizierung des...	Systemvergleich CO2-freier...	Systemvergleich zwischen Wasserstoffverbrennung..	Szenarien und regulatorische...
Technical and Business Aspects of Battery Electr...	Techno-economic uptake potential of zeroemissio...	Technologiestudie – Kurzstudie zur Analyse d...	The power of moving loads: Cost analysis of...	TOTAL COST OF OWNERSHIP FOR...	Total cost of ownership von Sattelzugmaschinen ...	Umweltanalyse: Update der Studie...
Vergleich unterschiedlicher...	Vergleichende Analyse der Potentiale von...	Wasserstoffantriebe im Wettbewerb mit...	WERKSTATTBERICHT ANTRIEBSWECHSEL...			

verbleibende Studien

29

Auswahl der Studien

Vorgehen für die Datenerhebung



Filter

Mit TCO-Betrachtung

Mit Betrachtungsjahr 2030

Mit nachhaltigen Antriebsarten

Nicht in anderen Studien
enthalten



A total cost of ownership comparison of truck...	Alternative Antriebe und Kraftstoffe im...	Analysis of cost of ownership and the polic...	Analyzing the competitiveness of low...	Anforderungen an eine elektrische Lade- und...	Batteries, fuel cells, or engines? A probabilistic...	Brennstoffzellen für Langstrecken, Batterien...
Comparison of hydrogen and battery electric trucks	Decarbonising Europe's Trucks How to Minimise..	Die Dekarbonisierung des LKW-Fernverkehrs in...	ELECTRIFYING LAST-MILE DELIVERY A total cost of..	Elektro-Lkw schneller auf die Straße bringen	Energieeffizienzgespreizte Lkw-Maut -...	Fortschrittsbericht zum Gesamtkonzept...
Fuel cells hydrogen trucks	FUEL-CELL HYDROGEN LONG-HAUL TRUCKS IN..	Fueling the Future of Mobility Hydrogen and...	Gesamtkonzept klimafreundliche...	Gestaltung des MKS-Referenzszenarios für di...	Green truck technologies wanted! A cost-optimize...	H2-Infrastruktur für Nutzfahrzeuge im...
Handlungskonzept Schwerer...	Klimabilanz, Kosten und Potenziale verschiedener..	Leitfaden für den Aufbau von Ladeinfrastruktur fü...	Lieferverkehr mit Batterie-Lkw: Machbarkeit 2021	Marktentwicklung klimafreundlicher...	Nachhaltiger Schwerlastverkehr - Stat...	Nutzfahrzeuge mit Null Emissionen
Preparing the world for zeroemission trucks	Roadmap – Markthochläufe...	Routes to decarbonizing commercial vehicles	StratES - Szenarien für die Elektrifizierung des...	Systemvergleich CO2-freier...	Systemvergleich zwischen Wasserstoffverbrennung...	Szenarien und regulatorische...
Technical and Business Aspects of Battery Electr...	Techno-economic uptake potential of zeroemissio...	Technologiestudie – Kurzstudie zur Analyse d...	The power of moving loads: Cost analysis of...	TOTAL COST OF OWNERSHIP FOR...	Total cost of ownership von Sattelzugmaschinen ...	Umweltanalyse: Update der Studie...
Vergleich unterschiedlicher...	Vergleichende Analyse der Potentiale von...	Wasserstoffantriebe im Wettbewerb mit...	WERKSTATTBERICHT ANTRIEBSWECHSEL...			

verbleibende Studien

26

Auswahl der Studien

Vorgehen für die Datenerhebung



Filter

Mit TCO-Betrachtung

Mit Betrachtungsjahr 2030

Mit nachhaltigen Antriebsarten

Nicht in anderen Studien
enthalten



A total cost of ownership comparison of truck...	Alternative Antriebe und Kraftstoffe im...	Analysis of cost of ownership and the polic...	Analyzing the competitiveness of low...	Anforderungen an eine elektrische Lade- und...	Batteries, fuel cells, or engines? A probabilistic...	Brennstoffzellen für Langstrecken, Batterien...
Comparison of hydrogen and battery electric trucks	Decarbonising Europe's Trucks How to Minimise..	Die Dekarbonisierung des LKW-Fernverkehrs in...	ELECTRIFYING LAST-MILE DELIVERY A total cost of..	Elektro-Lkw schneller auf die Straße bringen	Energieeffizienzgespreizte Lkw-Maut -...	Fortschrittsbericht zum Gesamtkonzept...
Fuel cells hydrogen trucks	FUEL-CELL HYDROGEN LONG-HAUL TRUCKS IN..	Fueling the Future of Mobility Hydrogen and...	Gesamtkonzept klimafreundliche...	Gestaltung des MKS-Referenzszenarios für di...	Green truck technologies wanted! A cost-optimize...	H2-Infrastruktur für Nutzfahrzeuge im...
Handlungskonzept Schwerer...	Klimabilanz, Kosten und Potenziale verschiedener..	Leitfaden für den Aufbau von Ladeinfrastruktur fü...	Lieferverkehr mit Batterie-Lkw: Machbarkeit 2021	Marktentwicklung klimafreundlicher...	Nachhaltiger Schwerlastverkehr - Stat...	Nutzfahrzeuge mit Null Emissionen
Preparing the world for zeroemission trucks	Roadmap – Markthochläufe...	Routes to decarbonizing commercial vehicles	StratES - Szenarien für die Elektrifizierung des...	Systemvergleich CO2-freier...	Systemvergleich zwischen Wasserstoffverbrennung..	Szenarien und regulatorische...
Technical and Business Aspects of Battery Electr...	Techno-economic uptake potential of zeroemissio...	Technologiestudie – Kurzstudie zur Analyse d...	The power of moving loads: Cost analysis of...	TOTAL COST OF OWNERSHIP FOR...	Total cost of ownership von Sattelzugmaschinen ...	Umweltanalyse: Update der Studie...
Vergleich unterschiedlicher...	Vergleichende Analyse der Potentiale von...	Wasserstoffantriebe im Wettbewerb mit...	WERKSTATTBERICHT ANTRIEBSWECHSEL...			

verbleibende Studien

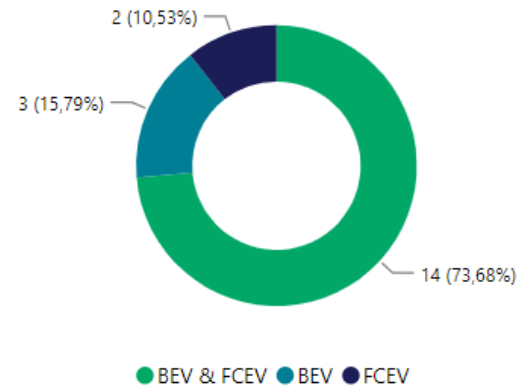
19

Quantitative Analyse der Studien

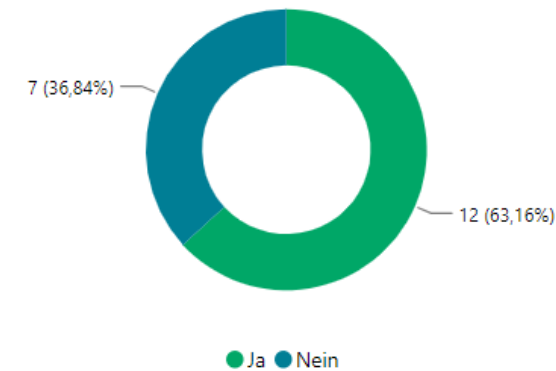
Selbst hier ist das Zielbild noch sehr heterogen



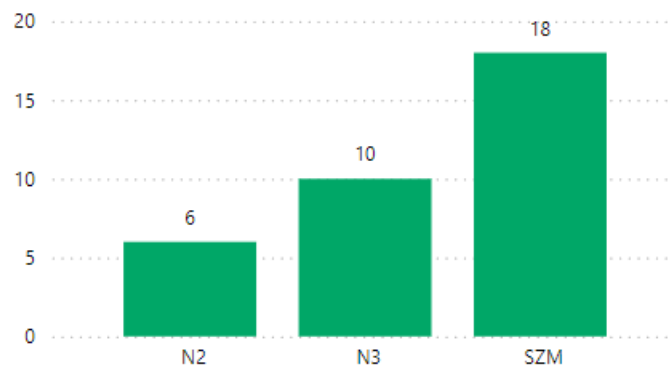
Alternative Antriebstechnologien



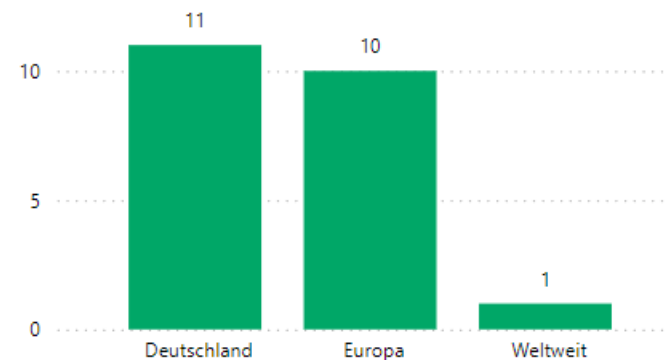
Szenarien-Betrachtung



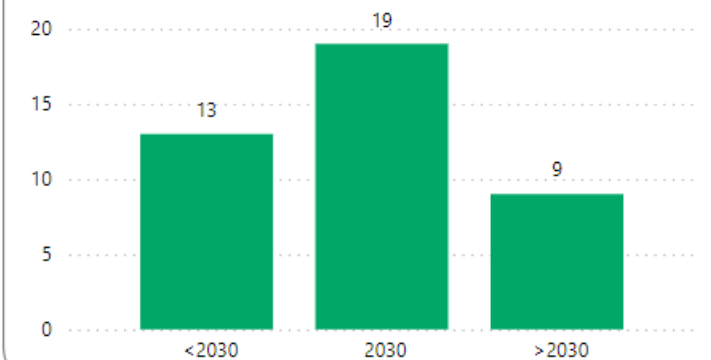
Fahrzeugklassen



Regionaler Fokus



Betrachtungszeitraum



Übersicht der TCO-Kosten

Identifikation von Faktoren der TCO-Kosten [€/km]



Anschaffungspreis

- Investitionskosten [€]
- Restwert [€]/[%-Fahrzeuginvest.]
- Jahresfahrleistung [km]
- Nutzungsdauer [a]

Energiekosten

- Energiekosten pro kWh [€/kWh]
- Verbrauch pro Kilometer [kWh/km]

Wartung und Instandhaltung

- Wartung und Instandhaltung [€/km]

Versicherung

- Versicherung [%-Fahrzeuginvest./a]
- Nutzungsdauer [a]
- Jahresfahrleistung [km]

Mautkosten

- Regulatorische Vorgabe

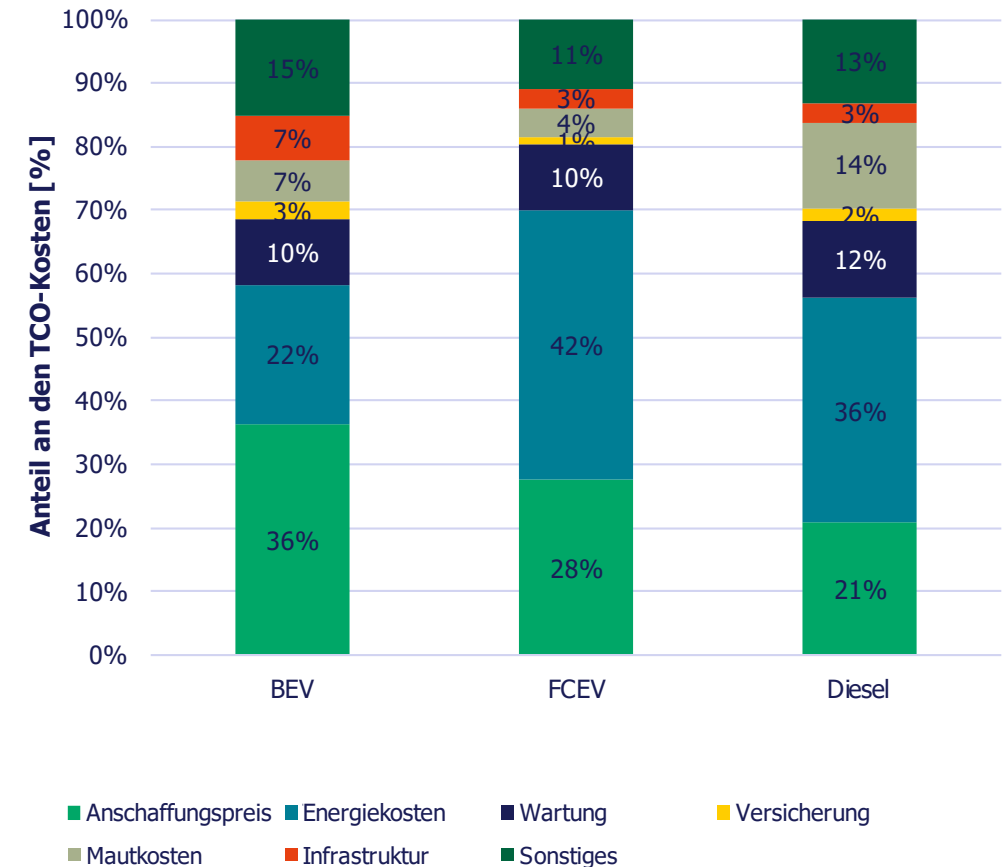
Infrastruktur

- teilweise enthalten in Energiekosten

Sonstiges

- basiert je nach Studie auf unterschiedlichen Kostenpunkten (bspw. Kfz-Steuer, Fuhrparkmanagement etc.)

Sattelzugmaschine im Jahr 2030



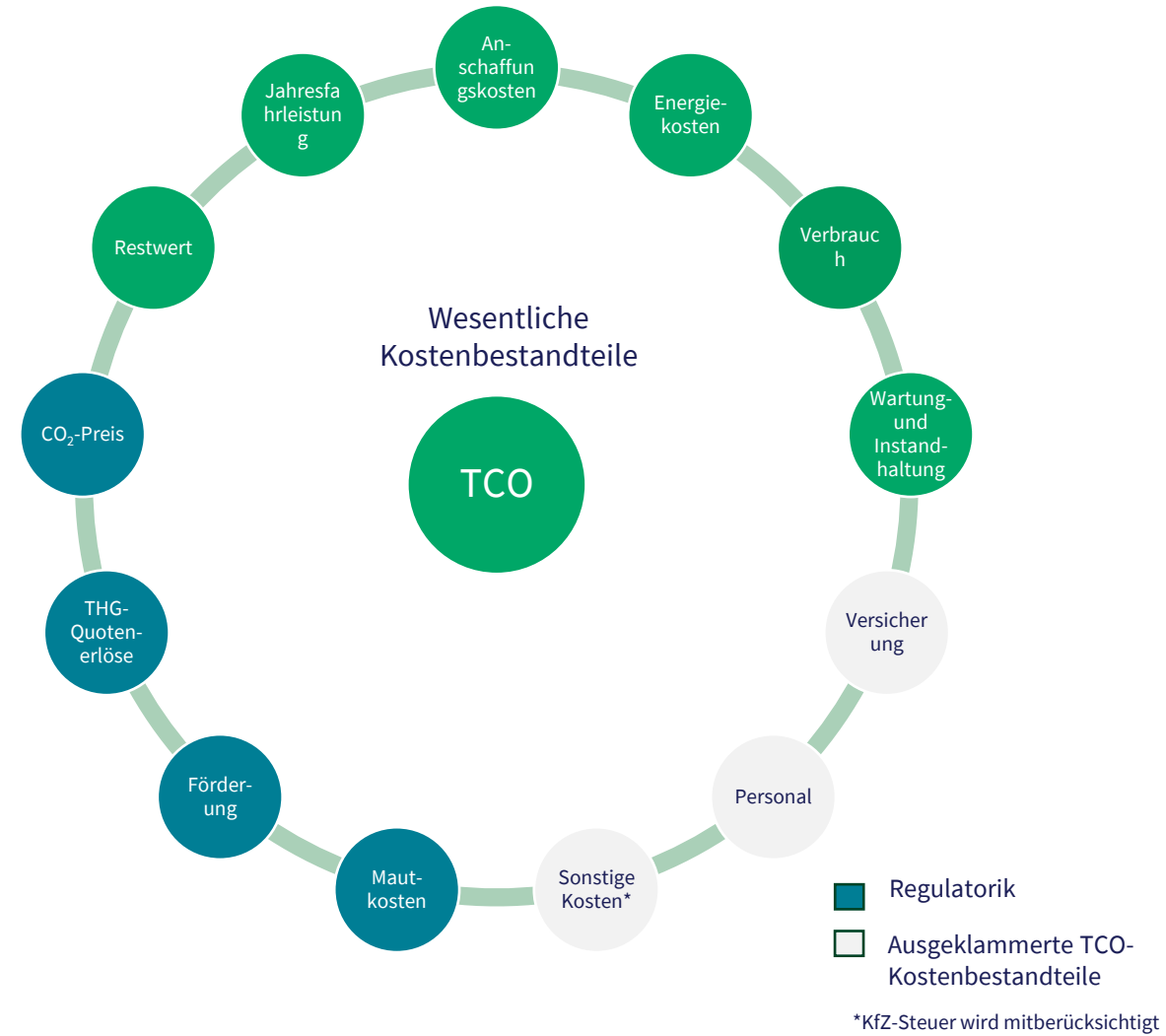
Übersicht der TCO-Kosten

Fokussierung und Unschärfen in den TCO-Komponenten

Ziel ist eine Analyse der wesentlichen Faktoren auf die TCO

Wesentliche Faktoren für die Analyse sind:

- Investitionskosten [€]
- Restwert [€], [%-Fahrzeuginvest.]
- Jahresfahrleistung [km]/Nutzungsdauer [a]
- Energiekosten pro kWh [€/kWh]
- Verbrauch pro Kilometer [kWh/km]
- Wartung und Instandhaltung [€/km]
- **Sonstigen Kosten** beschreiben in den verschiedenen Studien sehr unterschiedliche Kostenpunkte und sind daher schwer vergleichbar
- Es ist nicht immer klar, wie die **Versicherungskosten** in den verschiedenen Studien berücksichtigt werden. Da die Versicherungskosten nur einen kleinen Teil der TCO ausmachen, wird hier eine gewisse Unschärfe in Kauf genommen
- **Personalkosten** werden nur in wenigen Studien betrachtet, machen dort aber einen deutlichen Anteil aus.



Qualitative Analyse

Exemplarische qualitative Analyse - Investkosten

- Analyse der ausgewählten Studien
- Extraktion der szenarienbasierten Werte
- Graphische Darstellung der Verteilung der Werte (Boxplot)
 - Ermittlung von Mittelwert, Median sowie Quartilen für die einzelnen Faktoren
 - Ermittlung für die einzelnen Faktoren über den Zeitraum von
 - Ermöglicht die Identifikation von Ausreißern innerhalb der Studien
 - Gibt durch den Interquartilsabstand einen Überblick über die
 - Streuung der Zahlenwerte
- Übersichtliche Darstellung der angenommenen Werte zueinander
- Einordnung der Kosten für die wesentlichen Faktoren



Investkosten

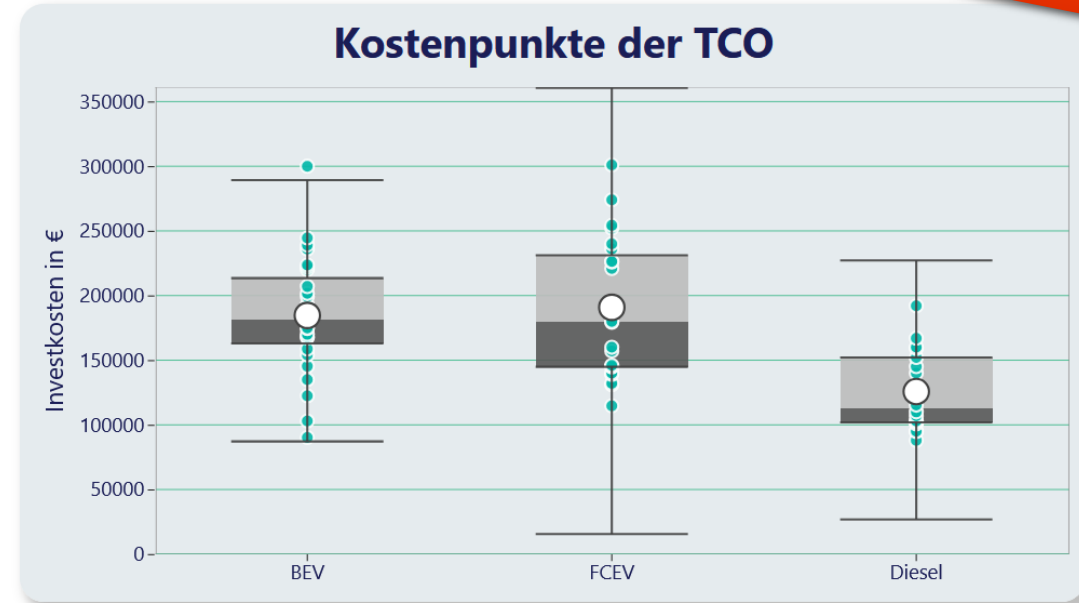
Verbrauch

Fahrleistung

Wartung

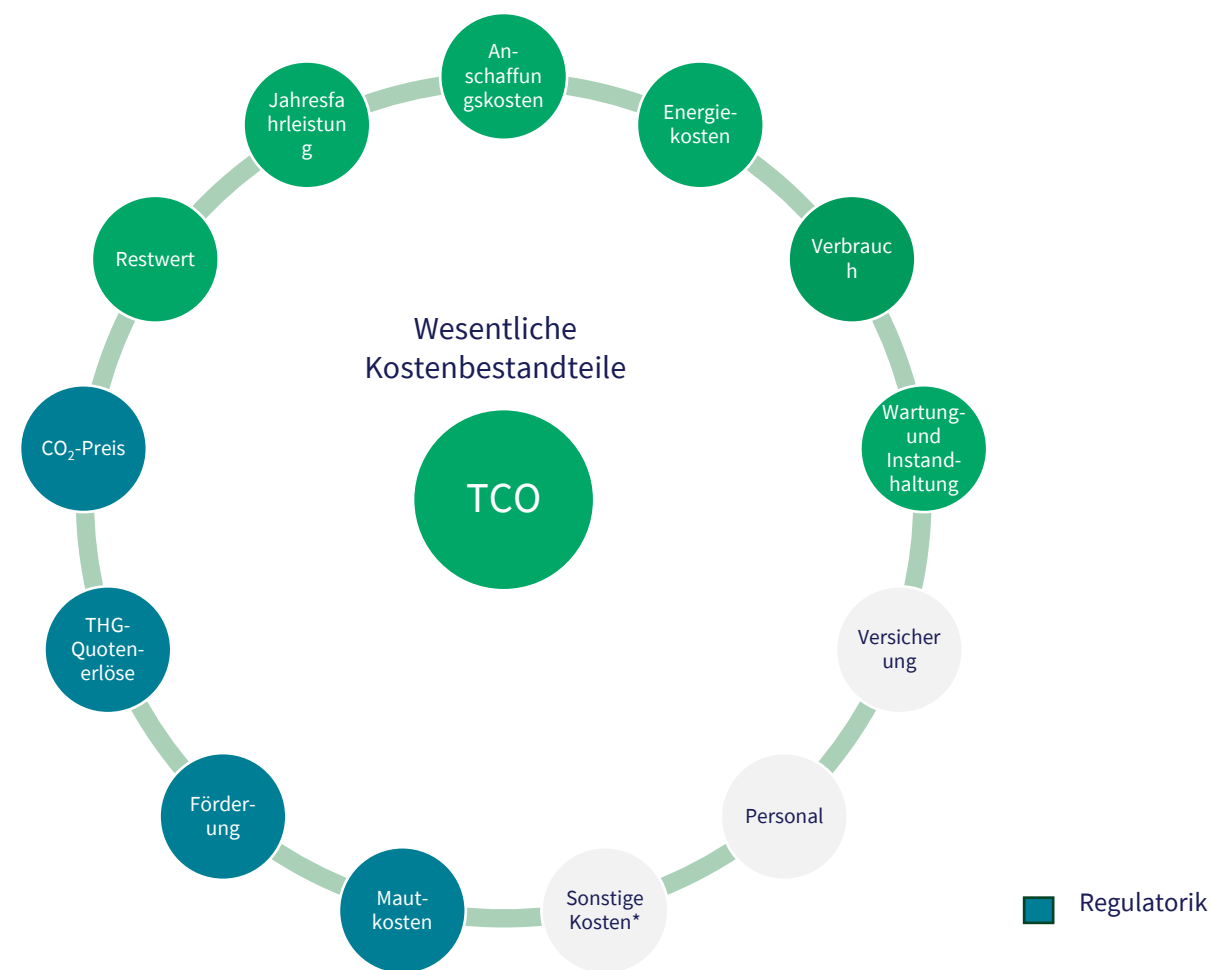
Energiekosten

Restwert



Mehr gibt es digital in unseren Datastorys

Einfluss des regulatorischen Rahmens auf die TCO



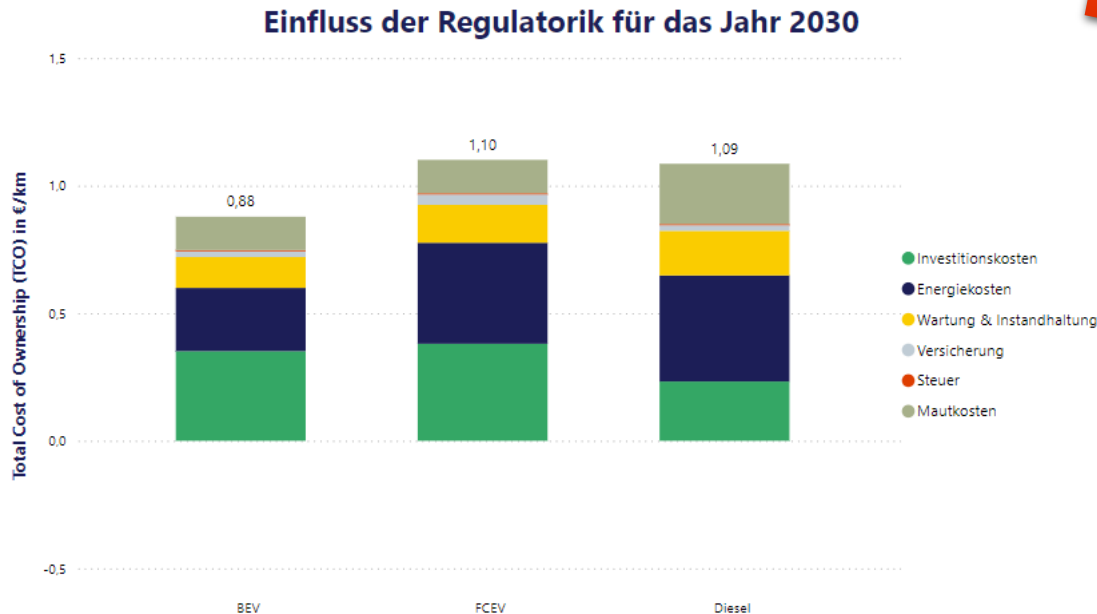
Einfluss des regulatorischen Rahmens auf die TCO

Auswirkungen je nach Technologie unterschiedlich



Relevante regulatorische Instrumente sind:

- CO₂-Preis nach Brennstoffemissionshandels-gesetz (BEHG): Kostenaufschlag bei den Dieselpreisen
- CO₂-differenzierte Lkw-Maut: Ausnahmeregelung für emissionsfreie Fahrzeuge
- Einnahmen aus dem THG-Quotenhandel zugunsten klimafreundlicher Fahrzeuge und der dazugehörigen Infrastruktur
- Förderung der Investitionsmehrkosten von klimafreundlichen Fahrzeugen



Mehr gibt es digital in unseren Datastorys

Filtereinstellungen

Maut-Szenario für klimafreundliche Nutzfahrzeuge
voller Mautsatz

Förderung der Investitions-Mehrkosten in %
0

CO₂-Preis nach BEHG in €/t CO₂
0

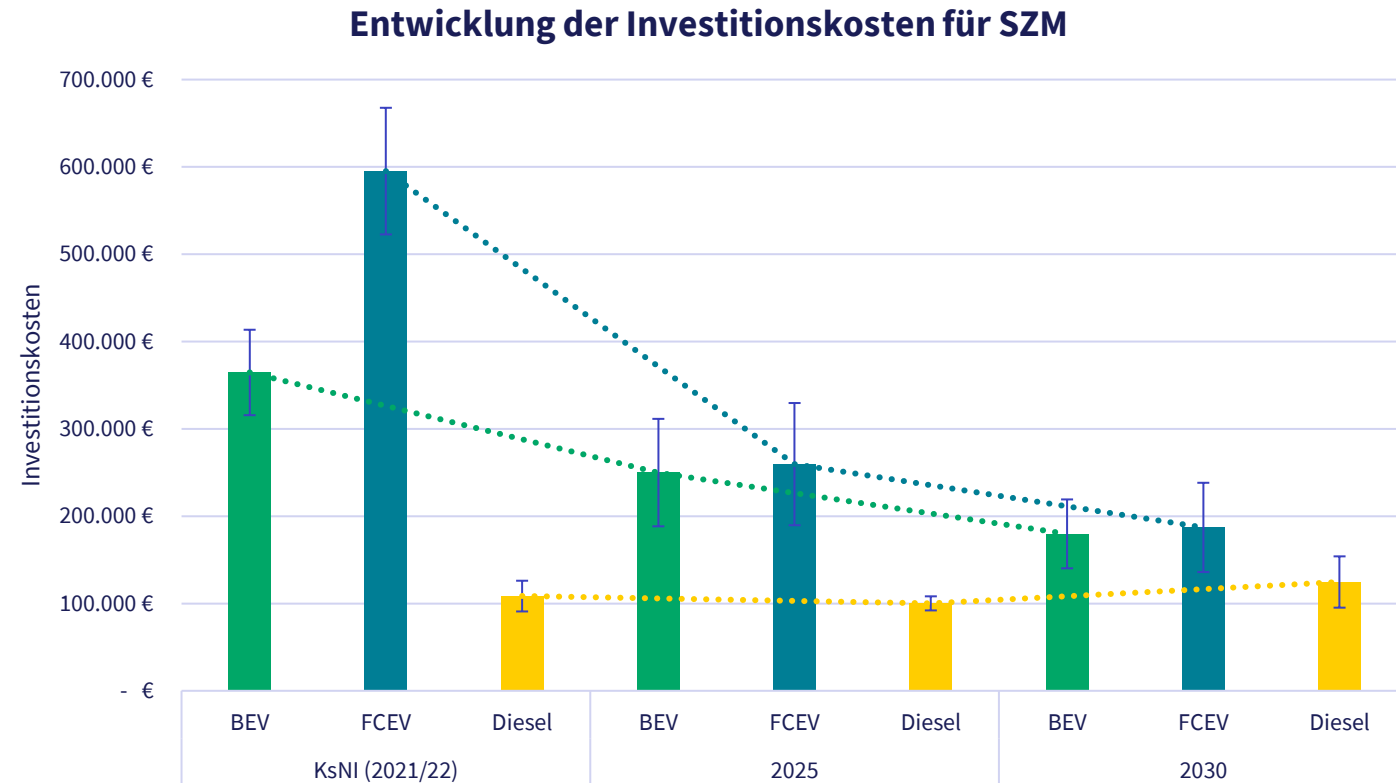
Einnahmen aus THG-Quotenhandel in €/t CO₂
0

Wie werden sich die Investitionskosten entwickeln?

Deutliche Reduktion der Anschaffungskosten klimafreundlicher Nutzfahrzeuge prognostiziert



- Investitionskosten sind groß und für Investitionsentscheidung relevanter Kostenblock
- Prognosen in den Studien gehen von erheblich sinkenden Investitionskosten bis 2030 aus
- Technische Entwicklungen und Skaleneffekte als Gründe für Kostendegression
- Leicht steigende Preise für Diesel-Lkw 2030 erwartet

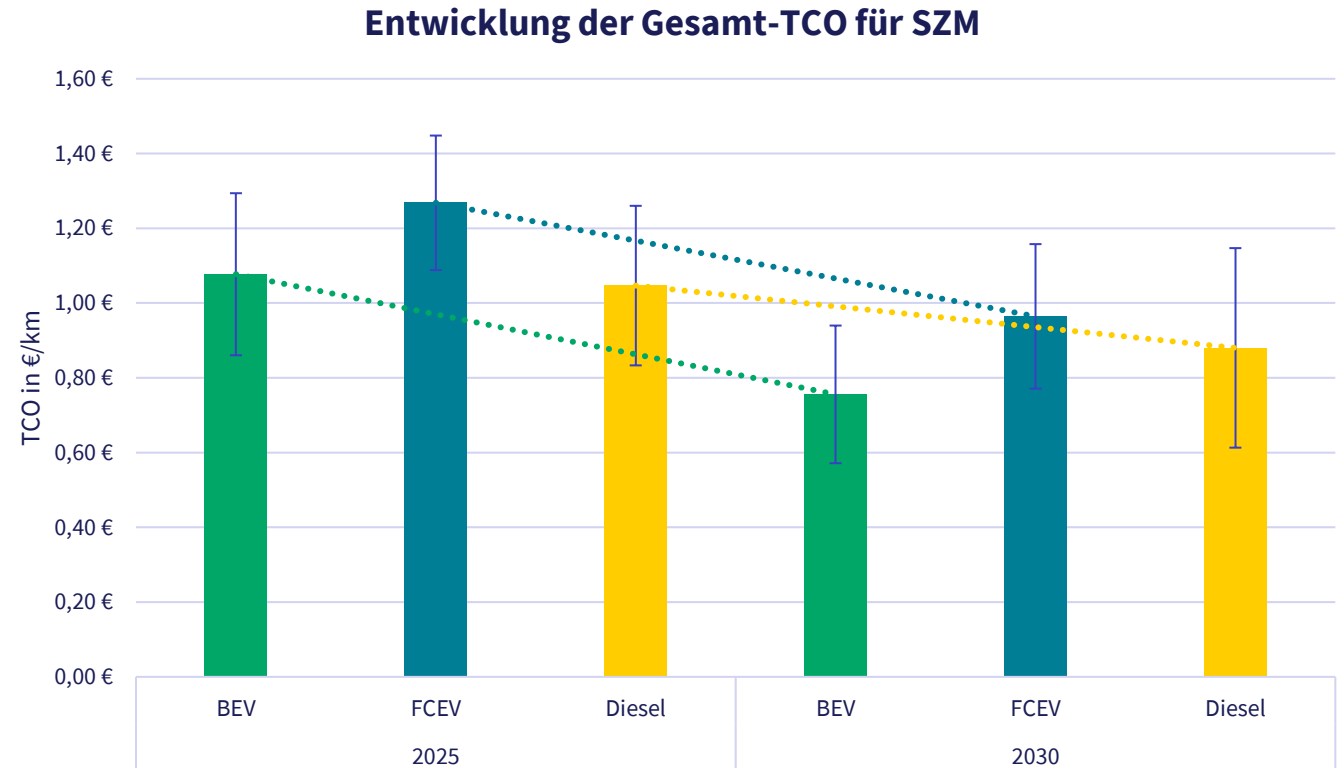


Wie werden sich die TCO entwickeln?

Studienlage geht von positiver Entwicklung aus



- Prognosen für 2025 sehen bei Gesamt-TCO bei batterie-elektrischen Lkw fast Parität erreicht
- Reduzierung, vor allem der Investitionskosten, führt bei den betrachteten Antriebstechnologien zu deutlich verbesserten Gesamtkosten bis 2030 im Vergleich zu Diesel-Lkw
- Im Jahr 2030 wird von einem deutlichen TCO-Vorteil von Batterie-Lkw gegenüber Diesel-Lkw ausgegangen

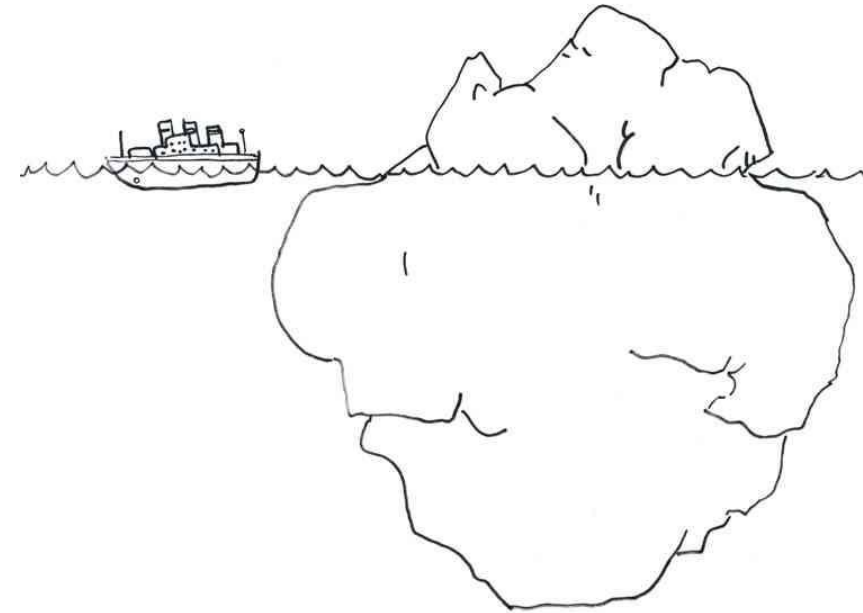


Zusammenfassung

Und nächste Schritte



- TCO-Studien fließen ein in Entscheidungsfindung von Unternehmen des Straßengüterverkehrs aber auch von Politik und Verwaltung
- Neue NOW-Dashboards liefern Vergleich, Details und Einordnung
- Regulatorischer Rahmen spielt wichtige Rolle für Entwicklung der TCO klimafreundlicher Nutzfahrzeuge
- Regelmäßig erscheinen neue Studien zu dem Thema. Zukünftige Erweiterung der Meta-Studie um neue Inhalte denkbar.
- Aufforderung an WissensträgerInnen bei Studien mitzuwirken, um Studienlage weiter zu verbessern
- Bestehende Unschärfen sollten bei Konzeptionierung neuer Arbeiten mitgedacht werden



Quelle: beste-ausmalbilder.com



Vielen Dank

Dr. Susanne Kuhri und Axel Blume

Teamleitung Wissensmanagement und Teamleitung Klimafreundliche Nutzfahrzeuge
Susanne.kuhri@now-gmbh.de & axel.blume@now-gmbh.de

NOW GmbH

Fasanenstraße 5
10623 Berlin

info@now-gmbh.de
www.now-gmbh.de

12.11.2024

Link zu unseren Datastorys



NOW GmbH



think-do-now.de

