

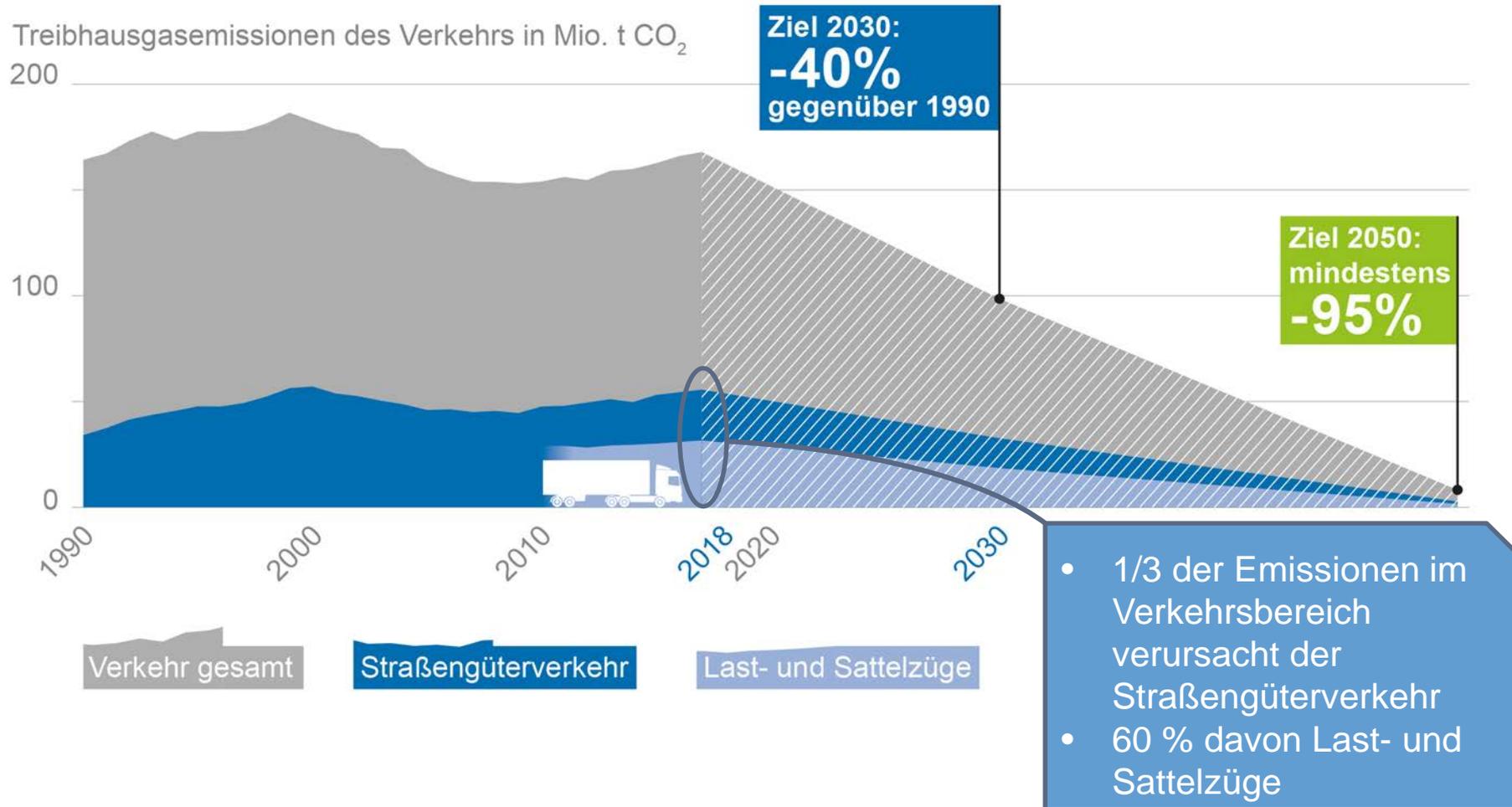
Treibhausgasminderung im Straßengüterverkehr: Oberleitungs-Lkw als möglicher Teil der Lösung



Erkenntnisse und
Handlungsempfehlungen
aus dem Projekt StratON
und weiteren aktuellen
Forschungsarbeiten

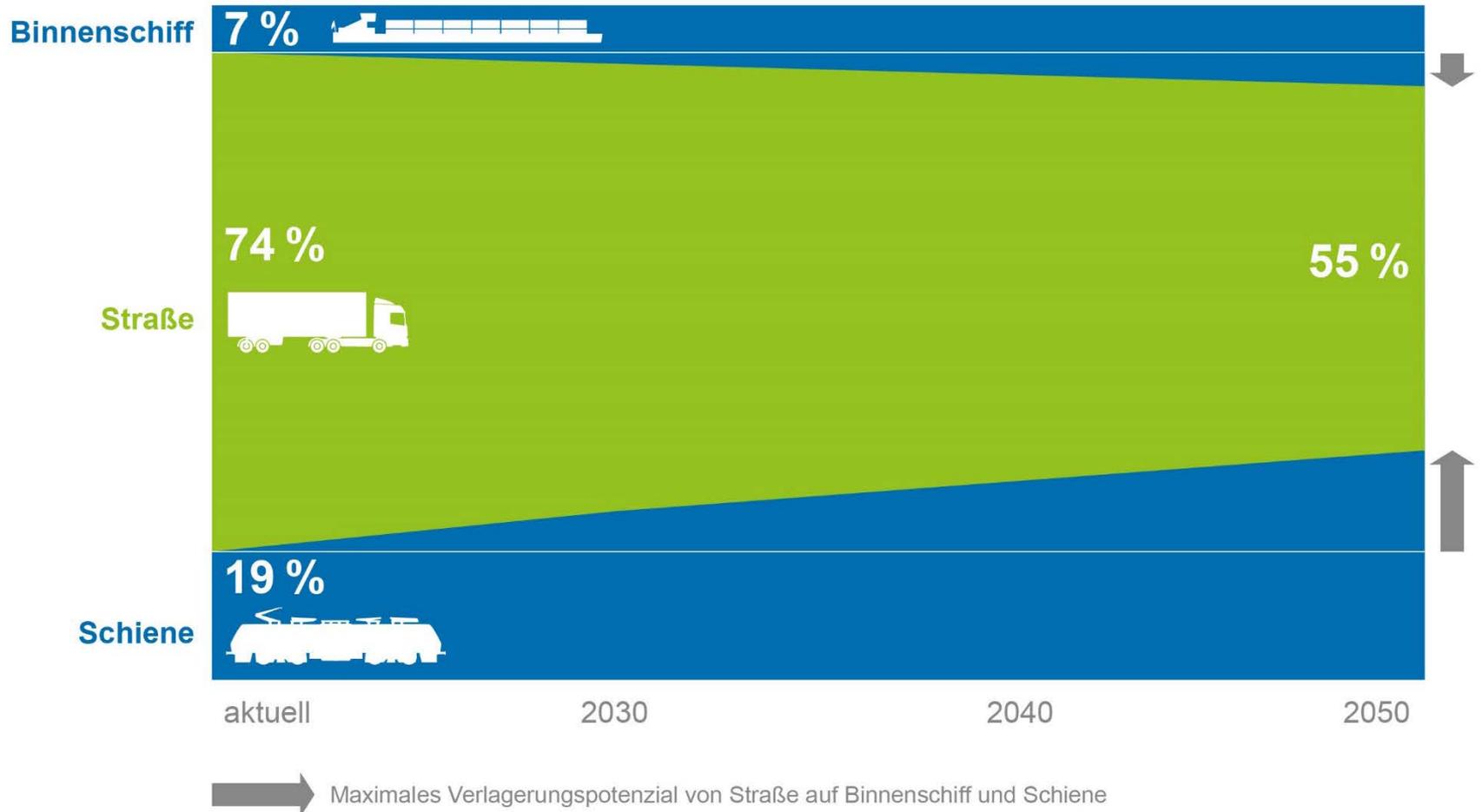
Herausforderung Klimaschutz: Hoher Handlungsdruck im Straßengüterverkehr – Last- und Sattelzüge im Fernverkehr besonders relevant

Historische Entwicklung und Ziele für die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen



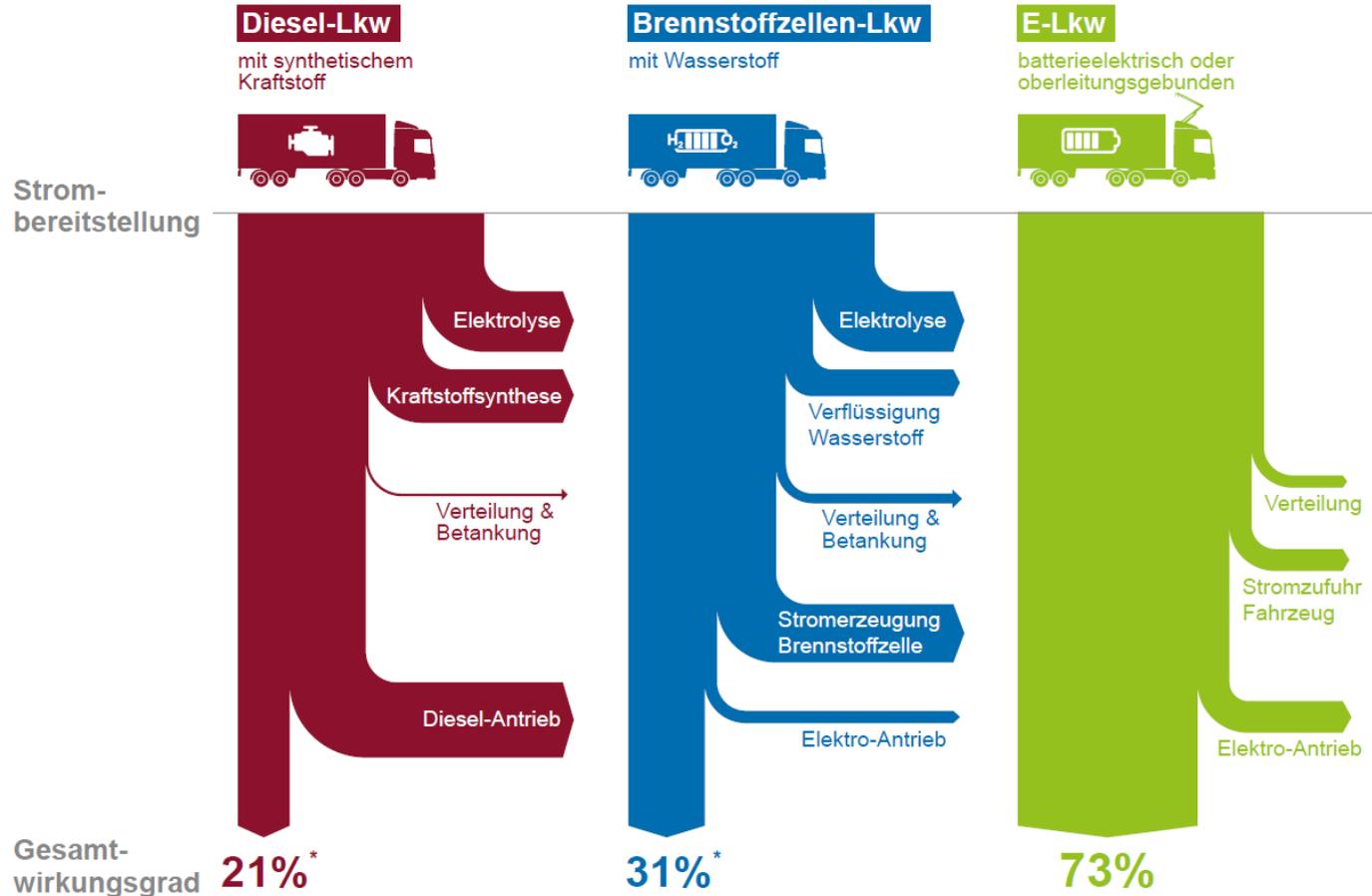
Der Güterverkehr auf der Straße bleibt dominant, auch wenn Verlagerungspotenziale auf Binnenschiff und Schiene maximal erschlossen werden

Anteil der Verkehrsträger an der Güterverkehrsleistung – aktuell und Verlagerungspotenziale



Klimaneutralität im Verkehr auf Basis von regenerativ erzeugtem Strom: Direkte Nutzung im E-Lkw mit höchster Effizienz und geringstem Strombedarf

Wirkungsgradvergleich verschiedener Lkw-Antriebsoptionen auf Basis von Stromnutzung



*bei Erschließung von Effizienzpotenzialen bei Elektrolyse, Kraftstoffsynthese und Brennstoffzelle

Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs? Eine Herausforderung insbesondere bei Last- und Sattelzügen auf der Langstrecke

Vergleich von Diesel-Lkw und Batterie-elektrischem Lkw im typischen Fernverkehrseinsatz



* **Batteriekosten:**
ca. 100.000 €
→ Verdopplung Fahrzeugpreis

Batteriegröße:
600 kWh = 10 Pkw-Batterien
Zusatzgewicht von 2-3 Tonnen



Sattelzug im Güterfernverkehr mit 120.000 km Jahresfahrleistung, typische tägl. Fahrstrecke von 450 bis 600 km

Die Oberleitung ermöglicht elektrisches Fahren von Lkw auf der Langstrecke – eine große Batterie und Standzeiten für die Batterieladung entfallen

Funktionsweise und Eigenschaften des O-Lkw-Systems im Fernverkehr

Oberleitungs-Lkw



* Batterie-kosten: ca. 30.000 €

Batteriegröße: 175 kWh = 3 Pkw-Batterien
Zusatzgewicht von 800 kg



O-Lkw kann mit weiteren Antriebstechnologien kombiniert werden



Verbrennungsmotor



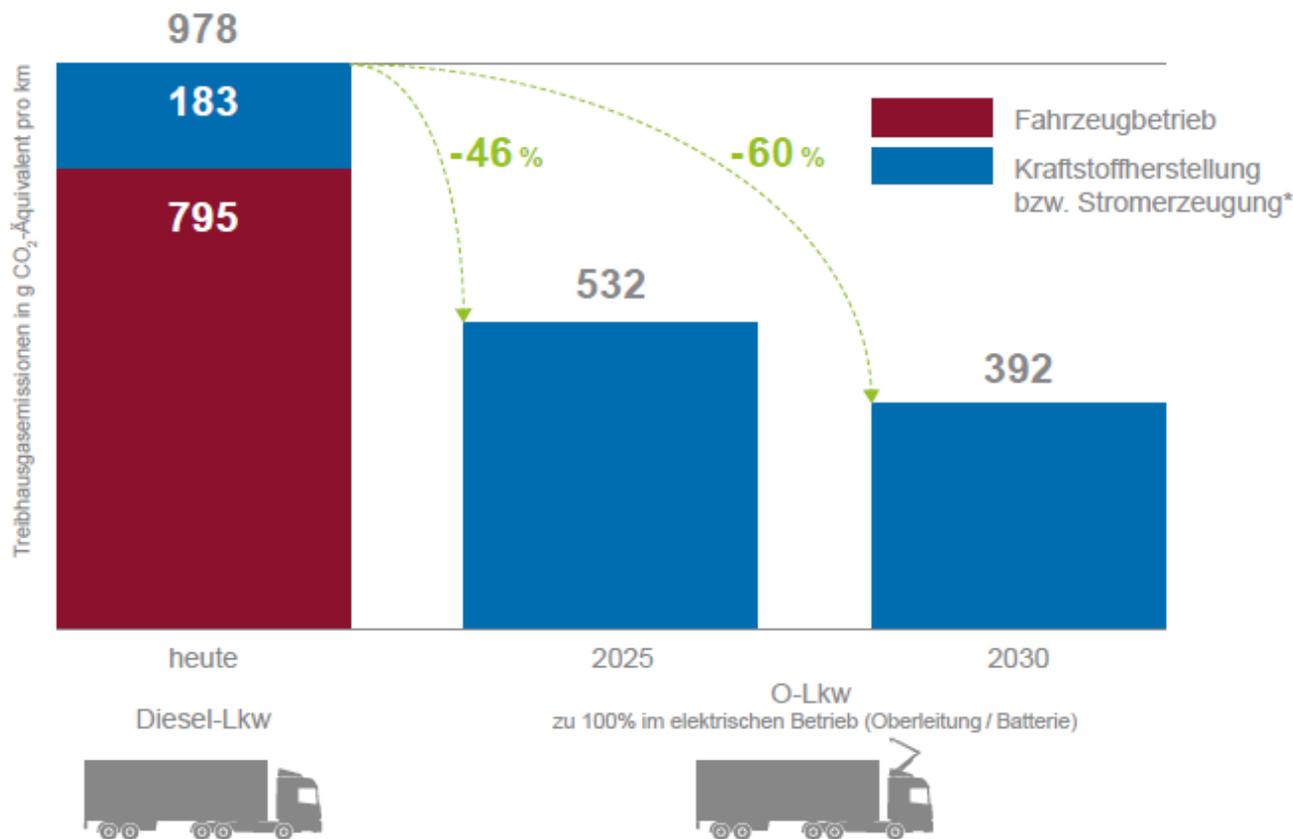
Brennstoffzelle



Hybridlösung

Oberleitungs-Lkw im elektrischen Betrieb auch bei deutschem Strommix mit signifikantem Klimavorteil gegenüber heutigem Diesel-Lkw

Well-to-Wheel-Treibhausgasemissionen von Diesel- und O-Lkw



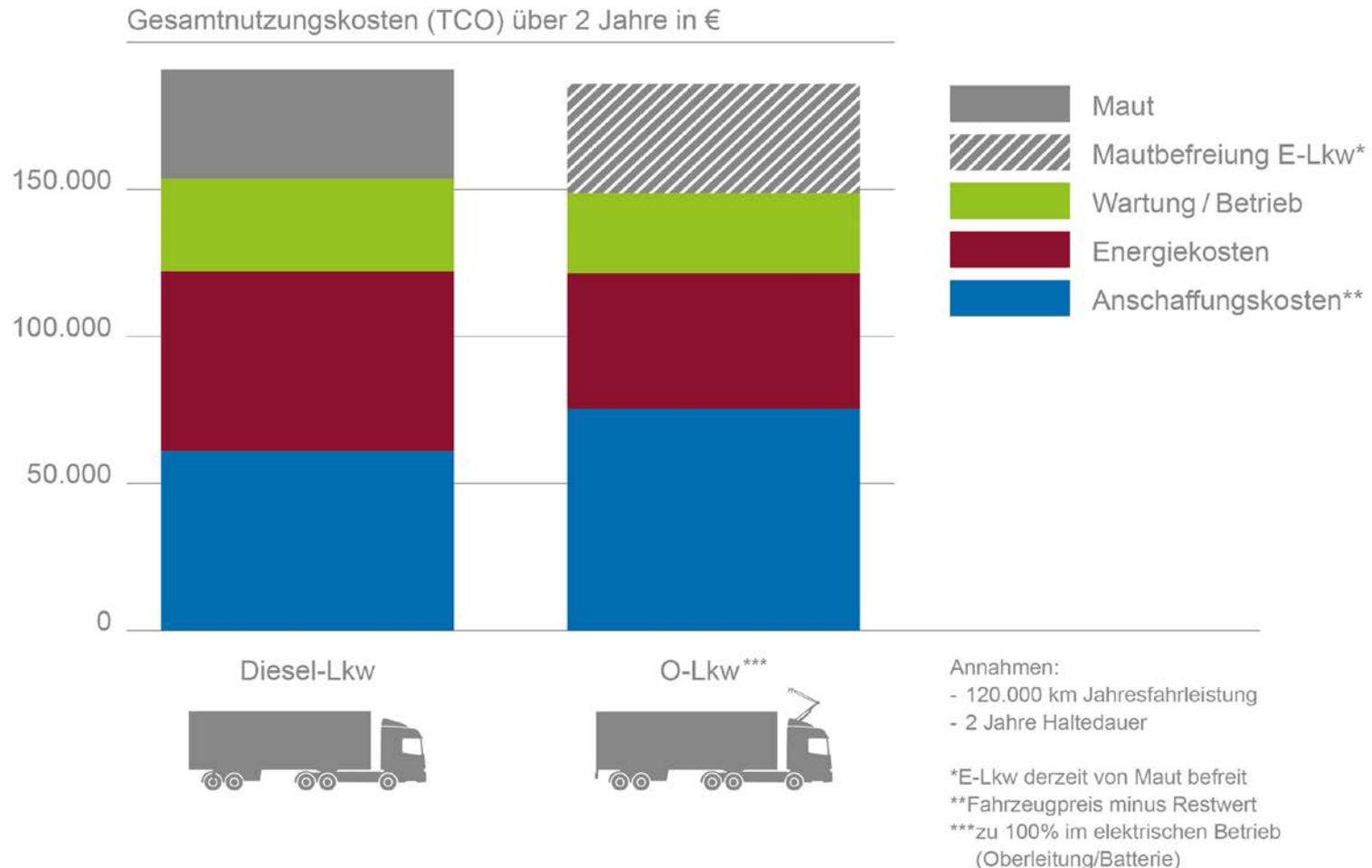
THG-Emissionen der Batterieherstellung erhöhen die Gesamtemissionen des O-Lkw um 3 bis 7%**

** Annahmen:
 Batterieherstellung: 60-100 kg CO₂e/kWh
 Batteriegröße: 175 kWh
 Batterietausch nach 5 Jahren
 Jahresfahrleistung: 120.000 km

*dt. Strommix 2025/2030

Kostenvorteil O-Lkw: Höhere Anschaffungskosten von O-Lkw werden durch geringere Betriebskosten bereits nach kurzer Zeit kompensiert

Gesamtnutzungskosten (TCO) von Diesel- und O-Lkw im Jahr 2025 bei 2 Jahren Haltedauer



Ein Kernautobahnnetz von rund 4.000 km Länge bietet sich für den Aufbau einer Oberleitungsinfrastruktur an

Vielversprechende erste Strecken, Zielnetz und perspektivische internationale Anbindung



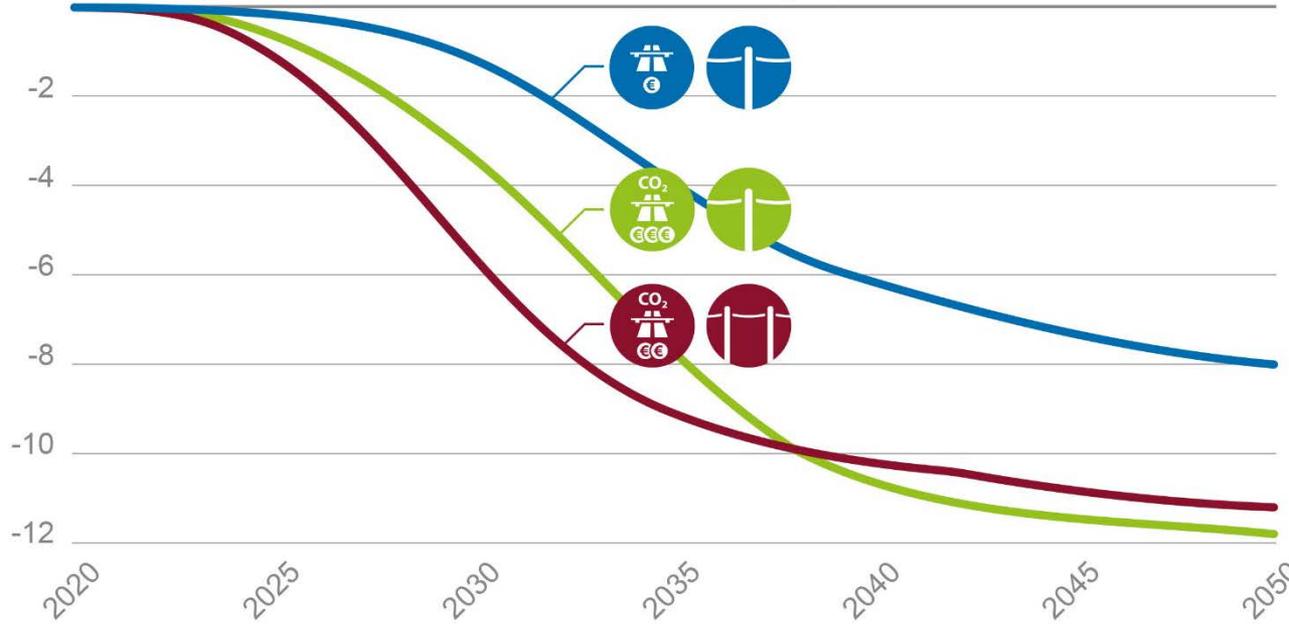
65% des Lkw-Fernverkehrs findet auf einem Drittel des Autobahnnetzes statt

Durchgängige Elektrifizierung von Strecken ist aufgrund des kombinierten Antriebs nicht zwangsläufig notwendig

Netzausbaugeschwindigkeit und CO₂-Bepreisung entscheiden maßgeblich über die Höhe des THG-Minderungsbeitrags von O-Lkw

Drei O-Lkw-Szenarien zur THG-Minderung bei unterschiedliche Rahmenbedingungen bis 2050

Minderung der direkten THG-Emissionen in Mio. t CO₂-Äquivalent



THG-Minderung:

- Bei schnellem Netzausbau bis zu 6 Mio. t in 2030 im Fernverkehr
- Weitere Potenziale durch Einbeziehung des Regionalverkehrs unter 100 km
- Längerfristig bis zu 12 Mio. t

Maut

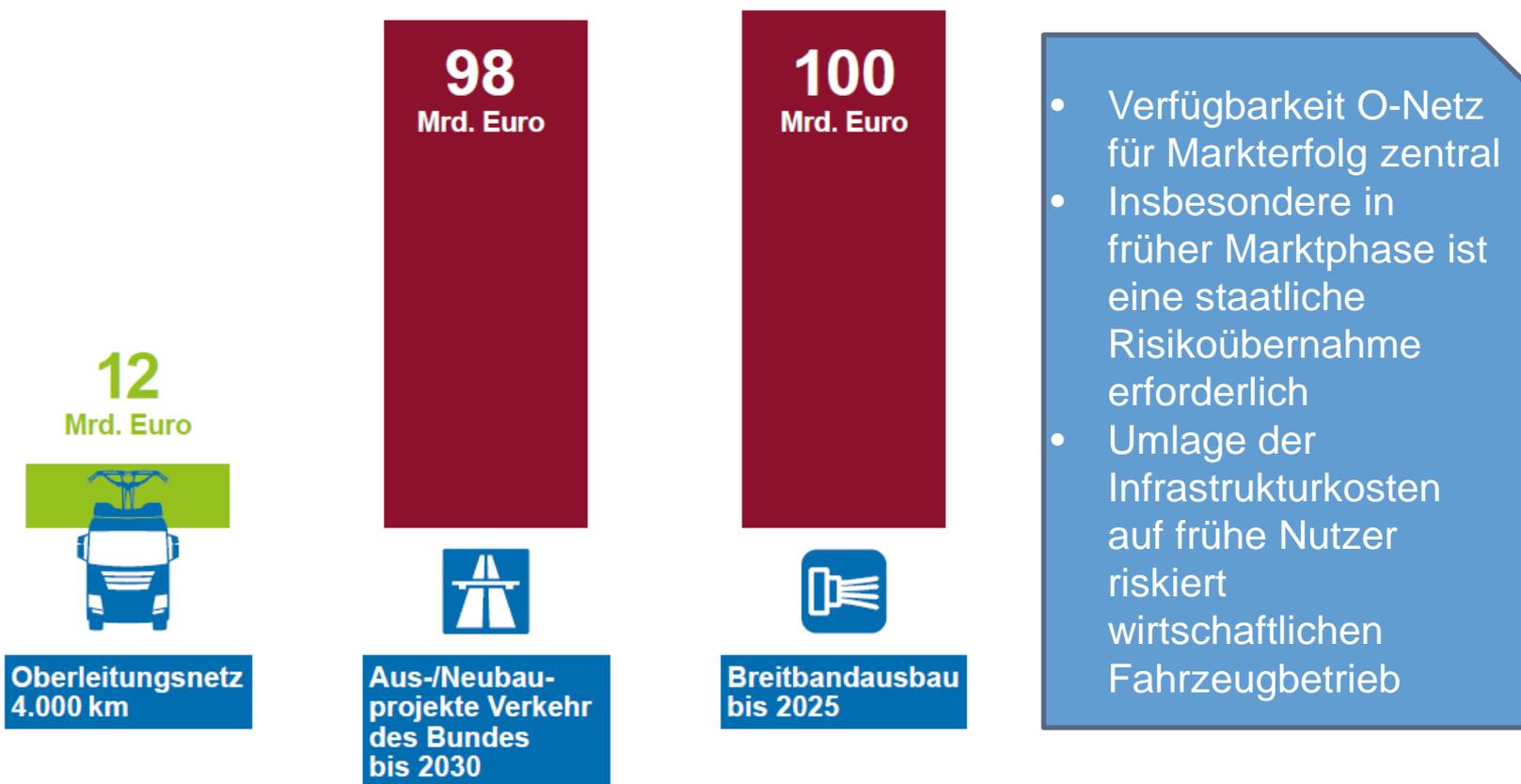
Netzausbau

- Maut ohne Befreiung für O-Lkw
- zusätzliche CO₂-basierte Mautkomponente von 80 € pro Tonne CO₂ (ab 2023)
- zusätzliche CO₂-basierte Mautkomponente von 200 € pro Tonne CO₂ (ab 2026)

- Anzahl elektrifizierter Kilometer:
2025: 500 km
2035: 3.000 km
2040: 3.800 km
- Anzahl elektrifizierter Kilometer:
2025: 1.500 km
2035: 3.800 km
2040: 3.800 km

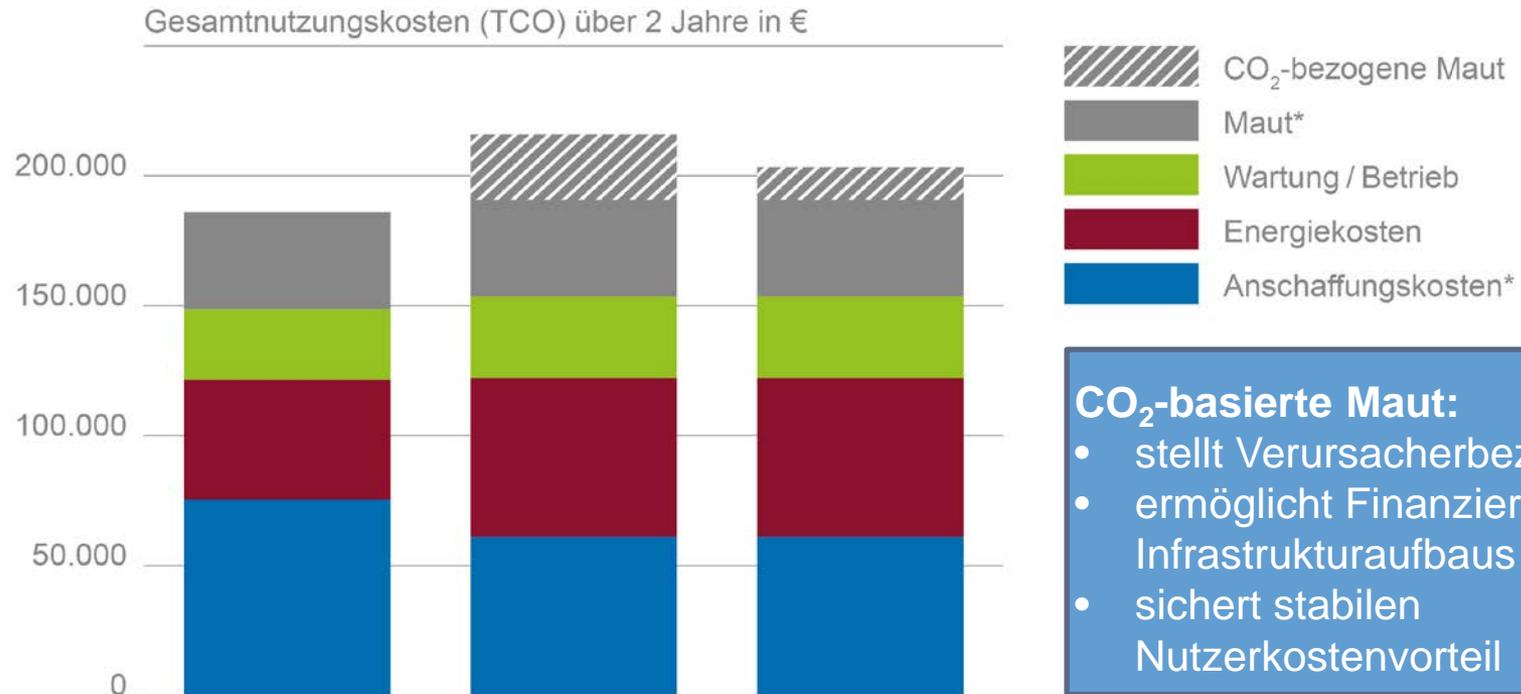
Moderate Investitionskosten für ein Oberleitungsnetz im Vergleich zu anderen Zukunftsprojekten – Kostenumlegung auf erste Nutzer nicht geeignet

Investitionskosten O-Lkw-Kernnetz im Kontext anderer Zukunftsprojekte



Eine CO₂-basierte Maut garantiert nachhaltigen Nutzerkostenvorteil für O-Lkw und schafft Spielräume für die Finanzierung des O-Netzausbaus

Gesamtnutzungskosten (TCO) im Jahr 2025 bei zusätzlicher CO₂-bezogener Mautkomponente



CO₂-basierte Maut:

- stellt Verursacherbezug her
- ermöglicht Finanzierung des Infrastrukturaufbaus
- sichert stabilen Nutzerkostenvorteil



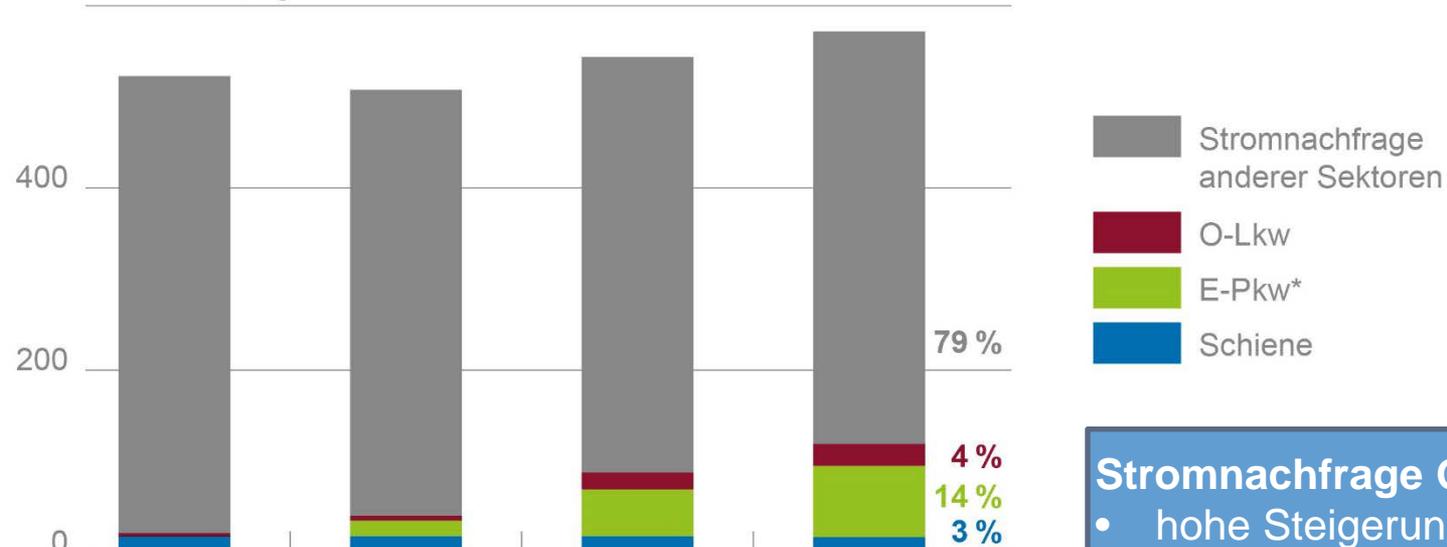
Annahmen:
- 120.000 km Jahresfahrleistung
- 2 Jahre Haltedauer

*keine Mautbefreiung für O-Lkw
**Fahrzeugpreis minus Restwert
***zusätzliche CO₂-bezogene Mautkomponente für Diesel-Lkw

Zusätzliche Stromnachfrage von O-Lkw vergleichsweise gering. 20 Gigawatt zusätzliche EE-Leistung für einen klimaneutralen Betrieb bis 2050 erforderlich

Stromnachfrage von O-Lkw im Kontext anderer Verkehrsträger und Sektoren

600 Stromnachfrage in Terawattstunden



Stromnachfrage O-Lkw:

- hohe Steigerung insbesondere in ländlichen Gebieten
- große regionale Unterschiede in Bezug auf EE-Integration

Mehrausbau
Windkraftanlagen**
(3 MW)



Mehrausbau
Photovoltaik-
„Fussballfelder“



500



5.000



1.500



17.000



2.000



22.000

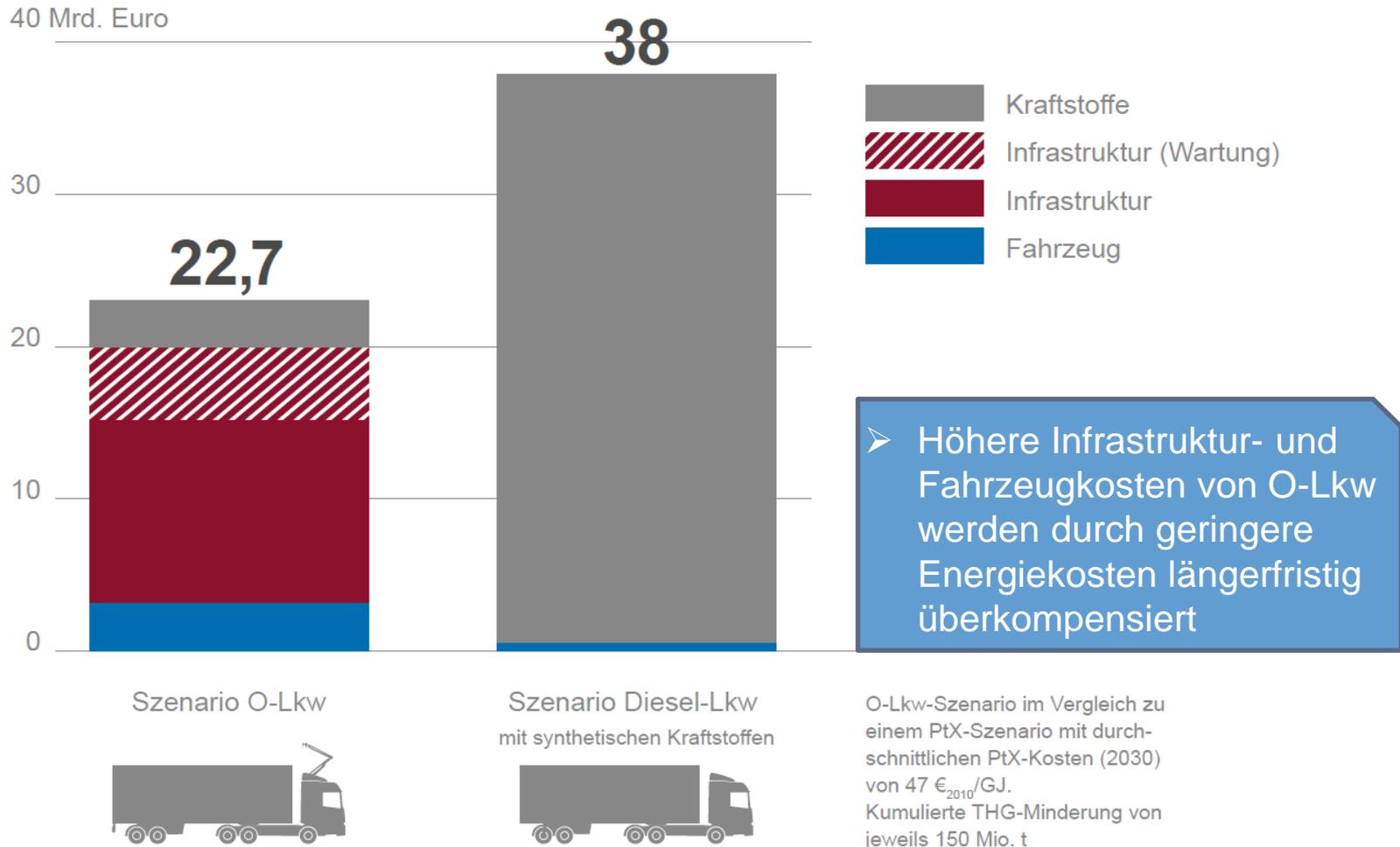
Annahme:
88.000 O-Lkw und 28,5 Mio E-Pkw
in 2050

*inkl. leichte Nutzfahrzeuge, Zweiräder

**onshore

Treibhausgasminderung um 150 Mio. Tonnen bis 2050 mit O-Lkw zu deutlich geringeren Gesamtkosten als mit synthetischen Kraftstoffen erreichbar

Vergleich der Gesamtkosten für Szenario O-Lkw zu Diesel-Lkw mit synthetischen Kraftstoffen



FAZIT: Darum ist der O-Lkw eine interessante Option für Klimaschutz im Straßengüterverkehr

- O-Lkw ermöglichen **Elektromobilität im Güterfernverkehr** und damit **energieeffizientesten Einsatz von Erneuerbaren Energien**
- O-Lkw können **bereits zeitnah wirtschaftlich** betrieben werden
- O-Lkw realisieren bei einem schnellen Ausbau bereits **bis zu 6 Mio. t CO₂-Minderung im Jahr 2030 im Fernverkehr**, bei Einbeziehung des Regionalverkehrs unter 100 km noch mehr. **Bis 2040** ist die **Minderungswirkung mit bis zu 12 Mio. t CO₂** noch deutlich höher
- **CO₂-basierte Maut** stellt das **zielgenaueste Instrument** dar, um eine möglichst **hohe elektrische Fahrleistung** von O-Lkw zu erreichen
- **Kosten für ein Kernnetz** von etwa 4.000 km sind **im Vergleich** zu anderen Dekarbonisierungsoptionen **moderat**
- O-Lkw-Technologie bietet **Möglichkeit zur Kombination mit andere Antriebstechnologien** und ist damit nicht mit einer Technologiefestlegung verbunden

Was sollte nun geschehen? Handlungsempfehlungen für die Politik

- **Richtungssicherheit geben:** politische Instrumente im Straßengüterverkehr verlässlich an Treibhausgasminderung ausrichten, um Marktakteuren Planungssicherheit zu geben
- **Infrastrukturausbau garantieren:** Entwicklung eines verlässlichen Infrastrukturausbauplans und einer staatlichen Übernahme der frühen Investitionsrisiken
- **Rahmenbedingungen für Angebotsseite setzen:** Mindestquote für elektrische Lkw-Neuzulassungen setzen
- **Rahmenbedingungen für Nachfrageseite setzen:** Lkw-Maut nach CO₂-Emissionen spreizen
- **Praktische Erfahrungen sammeln:** Anknüpfend an erste Tests größere Umsetzungsprojekte im öffentlichen Straßenraum ermöglichen und fördern
- **Internationale Kooperationen sicherstellen:** grenzüberschreitende Technologieentwicklung initiieren und frühzeitig standardisieren

Weiterführende Literatur

- Endbericht „StratON – Bewertung und Einführungsstrategien für oberleitungsgebundene schwere Nutzfahrzeuge“
- Infografiksammlung zu Oberleitungs-Lkw des Öko-Instituts
- Technologiebericht „Oberleitungs-Lkw im Kontext weiterer Antriebs- und Energieversorgungsoptionen für den Straßengüterfernverkehr“
- Handlungsempfehlungen „Alternative Antriebe und Kraftstoffe im Straßengüterverkehr –Handlungsempfehlungen für Deutschland“
- Deutsch-schwedisches Kooperationsprojekt zu Oberleitungs-Lkw collERS

Hintergrundinformationen zum Projekt StratON

Forschungsprojekt „StratON – Bewertung und Einführungsstrategien für oberleitungsgebundene schwere Nutzfahrzeuge“

Projektbearbeitung:

- Öko-Institut (Projektleitung) | Ansprechpartner: Florian Hacker f.hacker@oeko.de
- Hochschule Heilbronn | Ansprechpartner: Prof. Tobias Bernecker tobias.bernecker@hs-heilbronn.de
- Fraunhofer IAO / Ansprechpartner Felix Röckle felix.roeckle@iao.fraunhofer.de
- Intraplan Consult GmbH / Ansprechpartner: Dr. Markus Schubert markus.schubert@intraplan.de

Förderung:

- durch das Forschungsprogramm „erneuerbar mobil“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit