

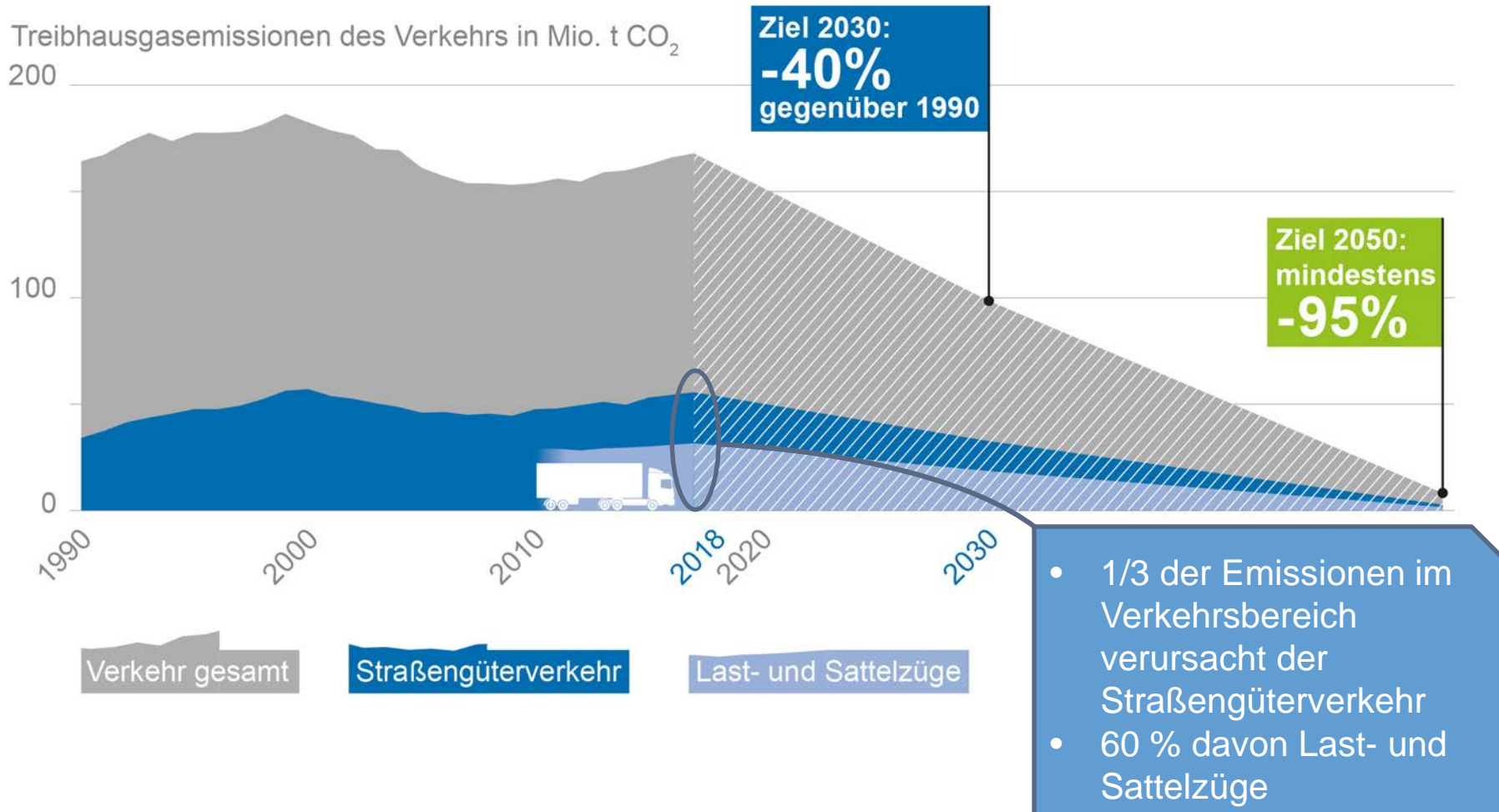
# Treibhausgasminderung im Straßengüterverkehr: Oberleitungs-Lkw als möglicher Teil der Lösung



Erkenntnisse und  
Handlungsempfehlungen  
aus dem Projekt StratON  
und weiteren aktuellen  
Forschungsarbeiten

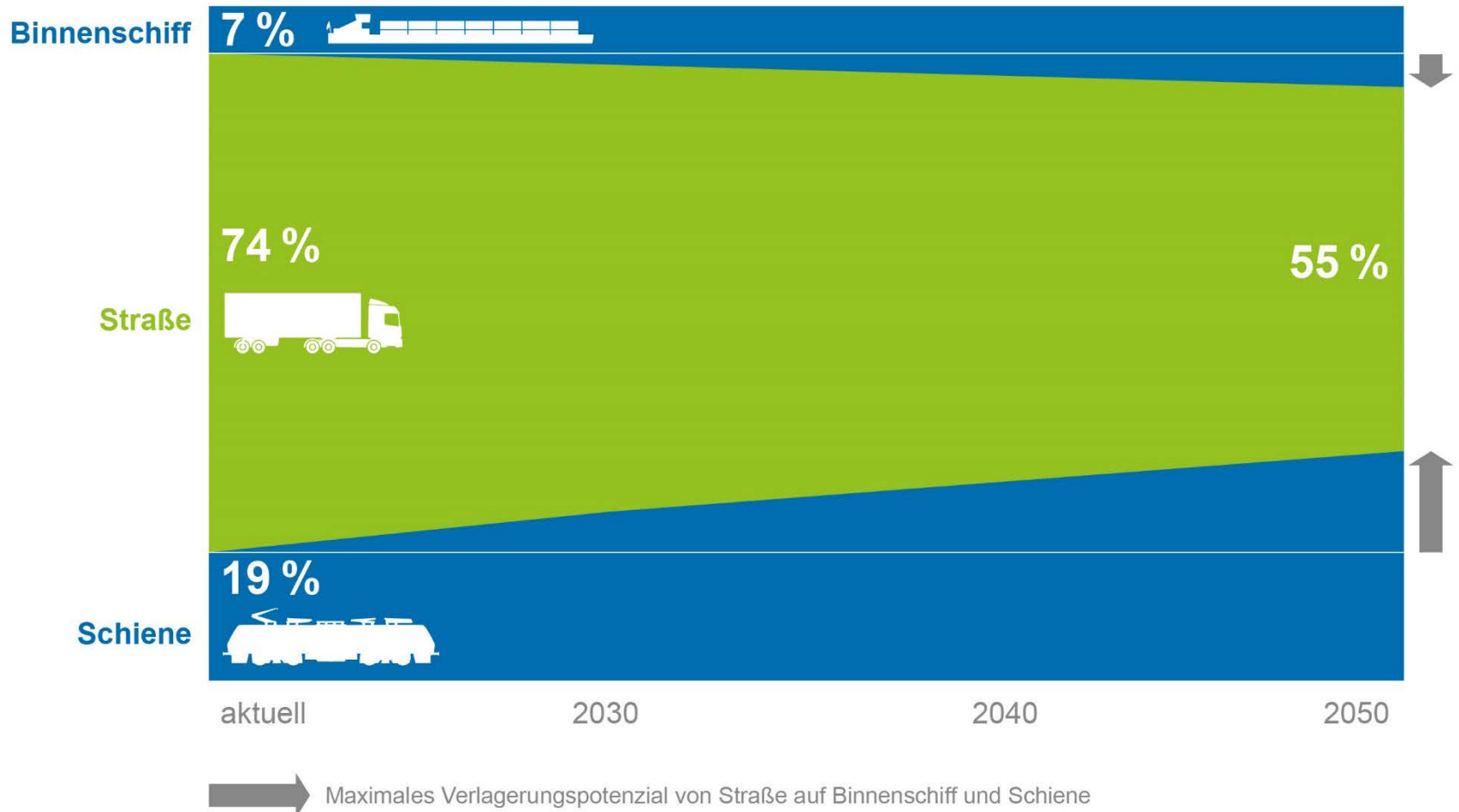
# Herausforderung Klimaschutz: Hoher Handlungsdruck im Straßengüterverkehr – Last- und Sattelzüge im Fernverkehr besonders relevant

## Historische Entwicklung und Ziele für die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen



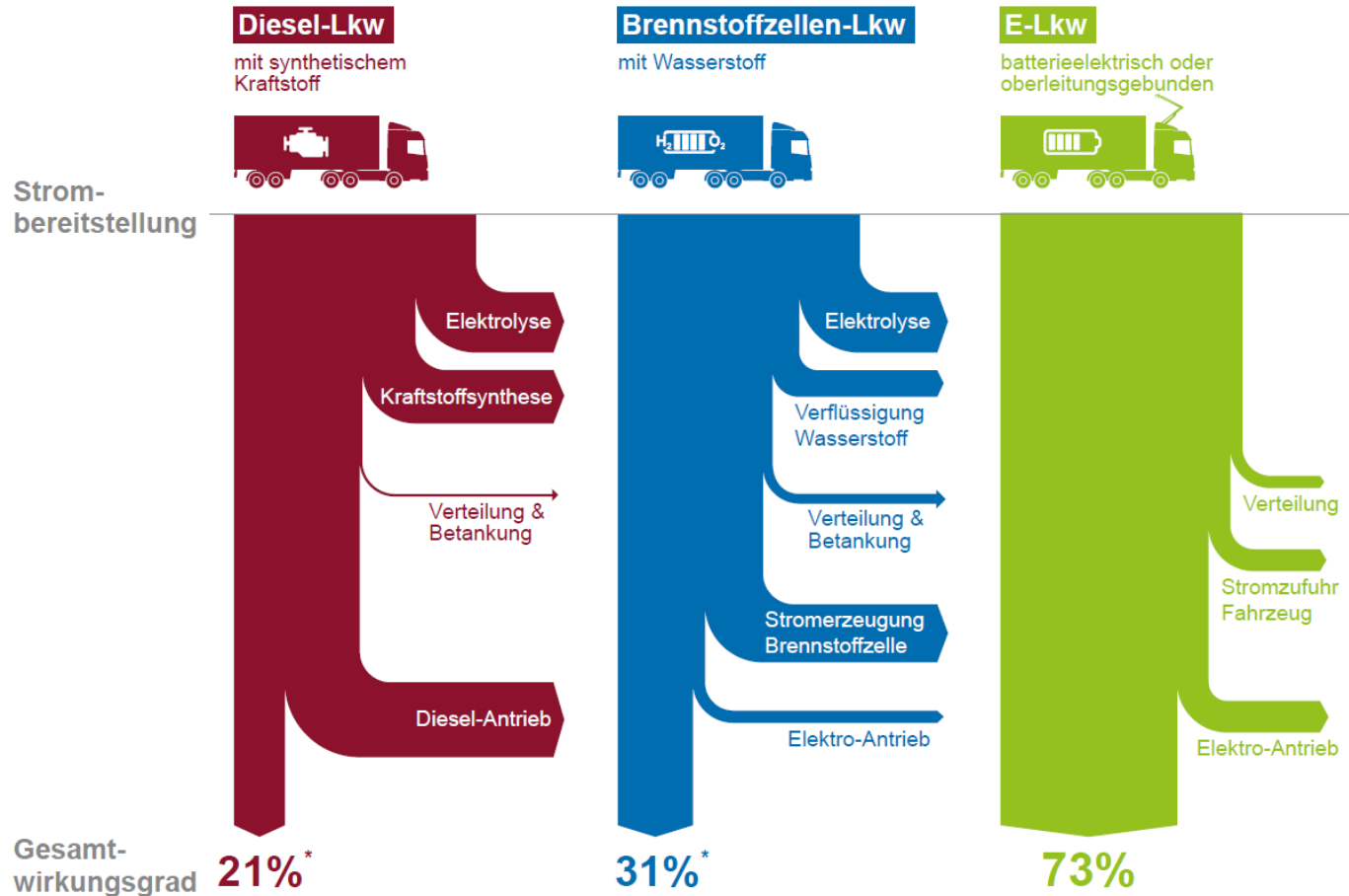
# Der Güterverkehr auf der Straße bleibt dominant, auch wenn Verlagerungspotenziale auf Binnenschiff und Schiene maximal erschlossen werden

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

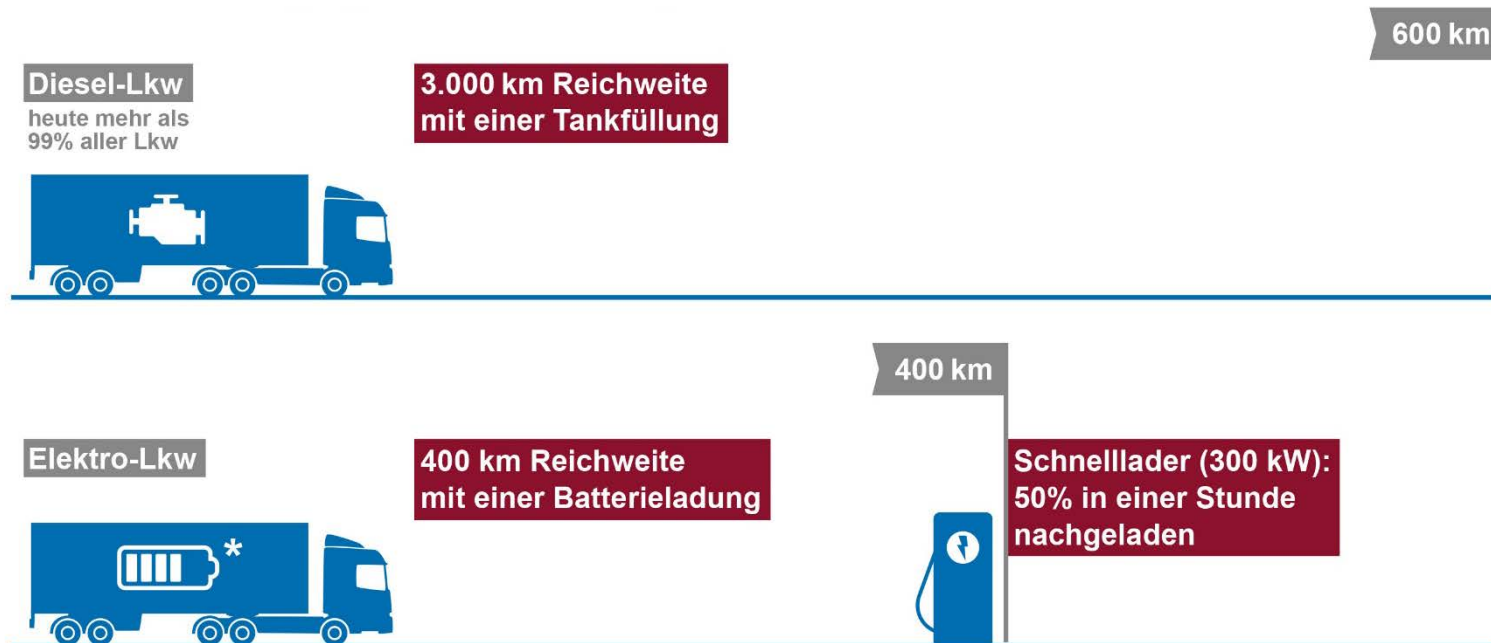
Wirkungsgradvergleich verschiedener Lkw-Antriebsoptionen auf Basis von Stromnutzung



\*bei Erschließung von Effizienzpotenzialen bei Elektrolyse, Kraftstoffsynthese und Brennstoffzelle

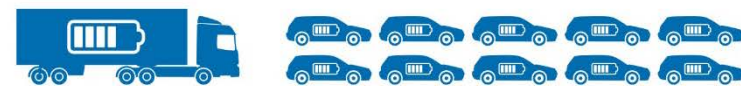
# Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs? Eine Herausforderung insbesondere bei Last- und Sattelzügen auf der Langstrecke

## 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

O-Lkw bezieht Antriebsenergie aus Batterie

O-Lkw bezieht Antriebsenergie aus der Oberleitung und lädt Batterie

O-Lkw bezieht Antriebsenergie aus Batterie



\* Batterie-kosten: ca. 30.000 €

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



O-Lkw kann mit weiteren Antriebstechnologien kombiniert werden



Verbrennungsmotor



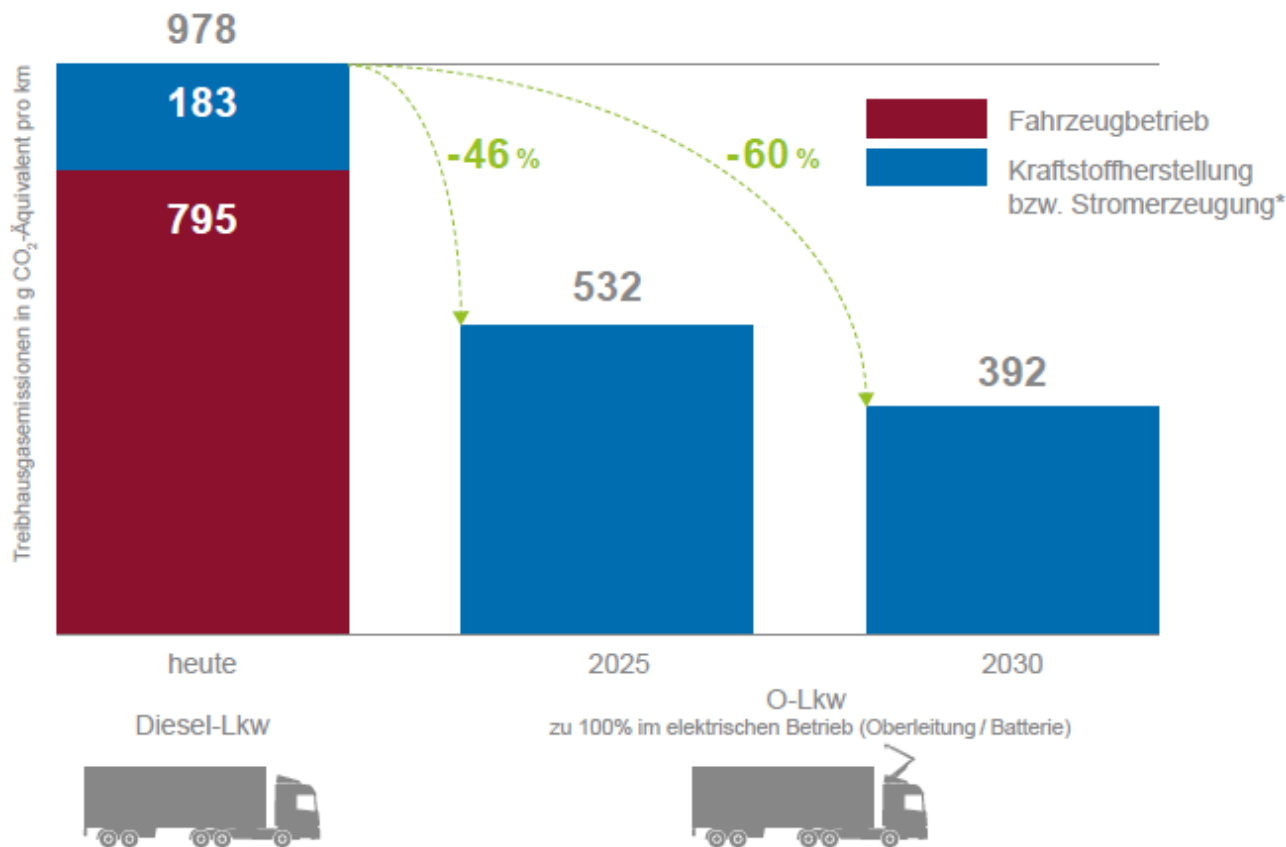
Brennstoffzelle



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



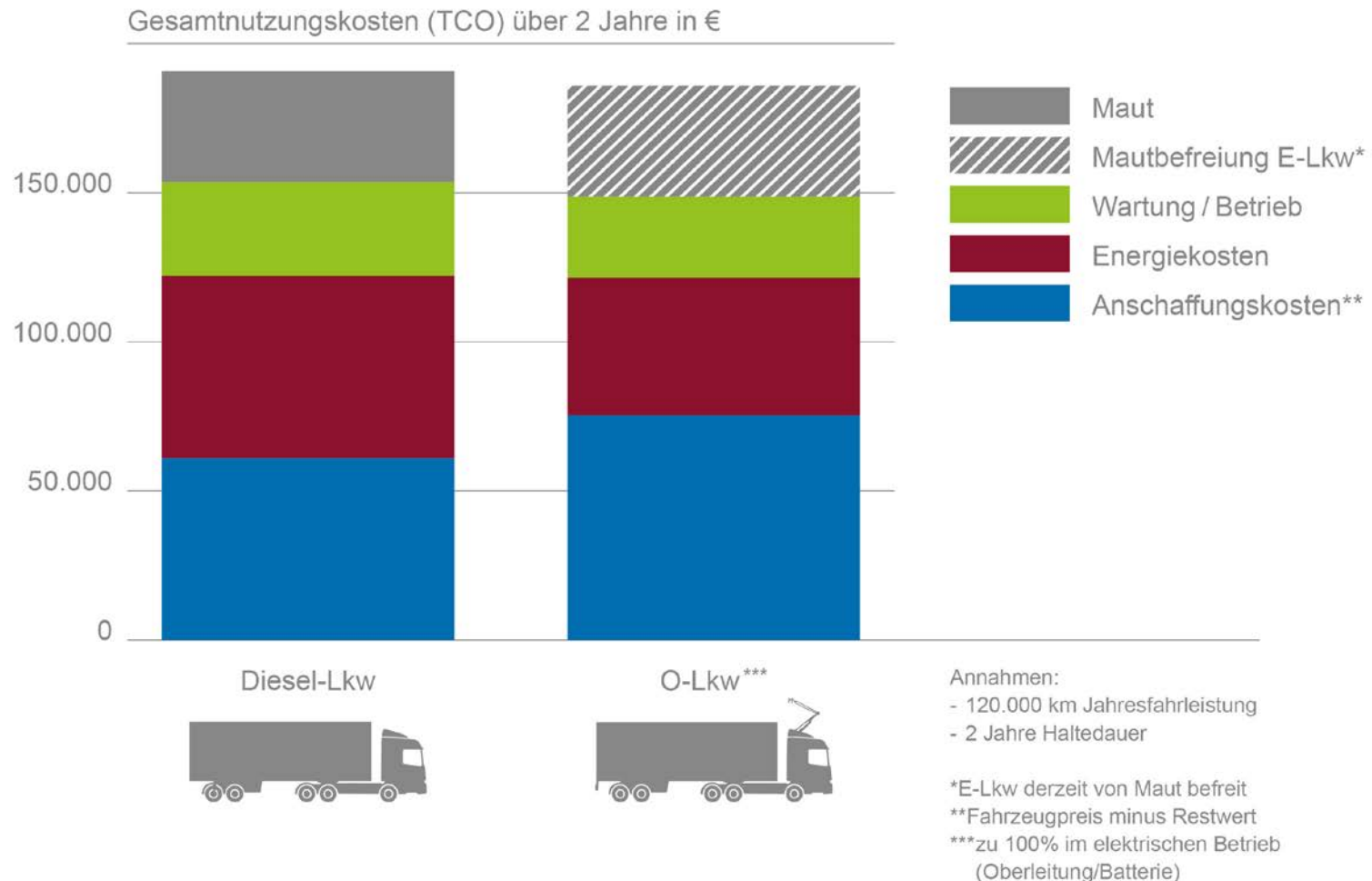
THG-Emissionen der Batterieherstellung erhöhen die Gesamtemissionen des O-Lkw um 3 bis 7%\*\*

\*\* Annahmen:  
 Batterieherstellung: 60-100 kg CO<sub>2</sub>e/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

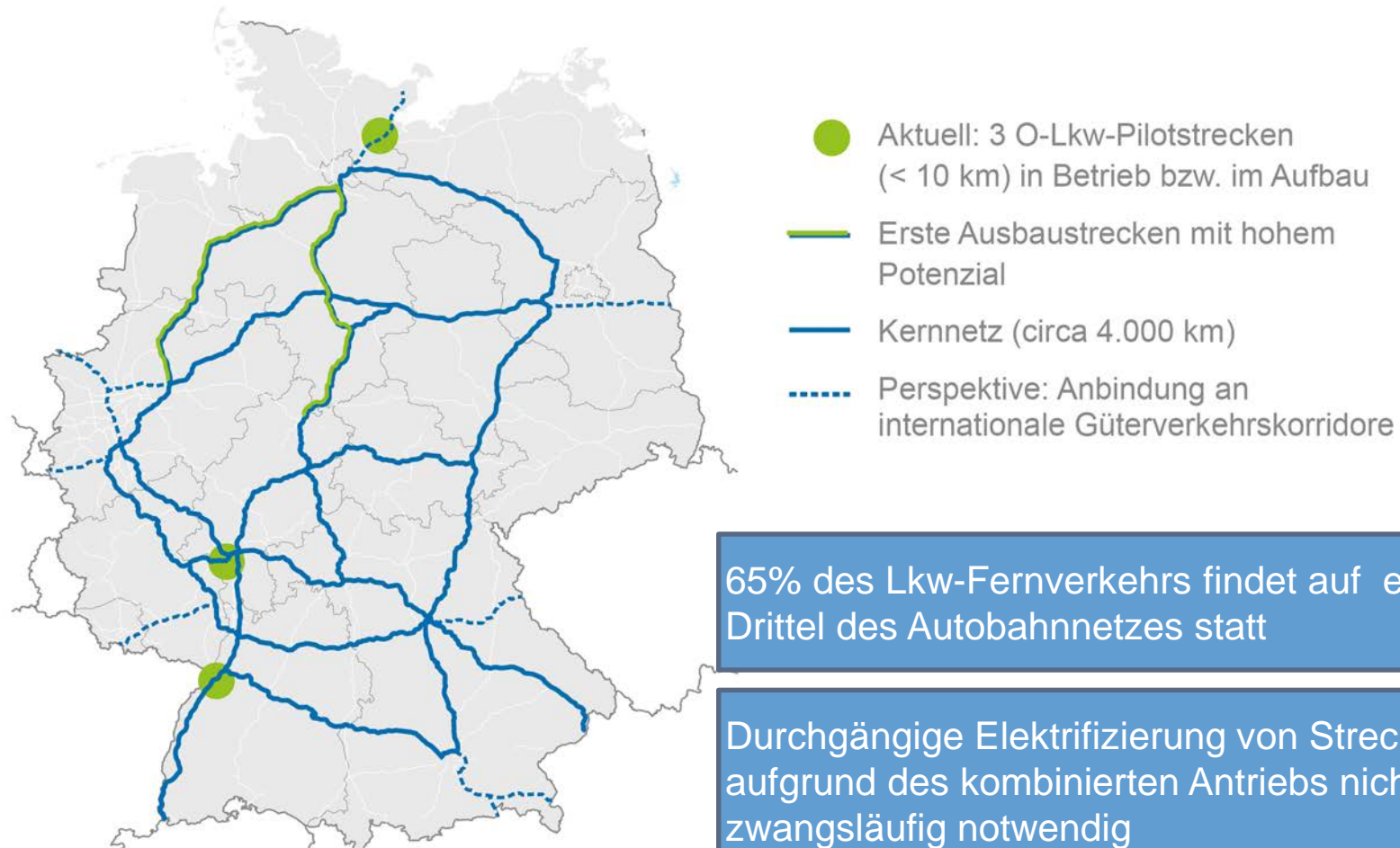
## Gesamtnutzungskosten (TCO) von Diesel- und O-Lkw im Jahr 2025 bei 2 Jahren Haltedauer





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

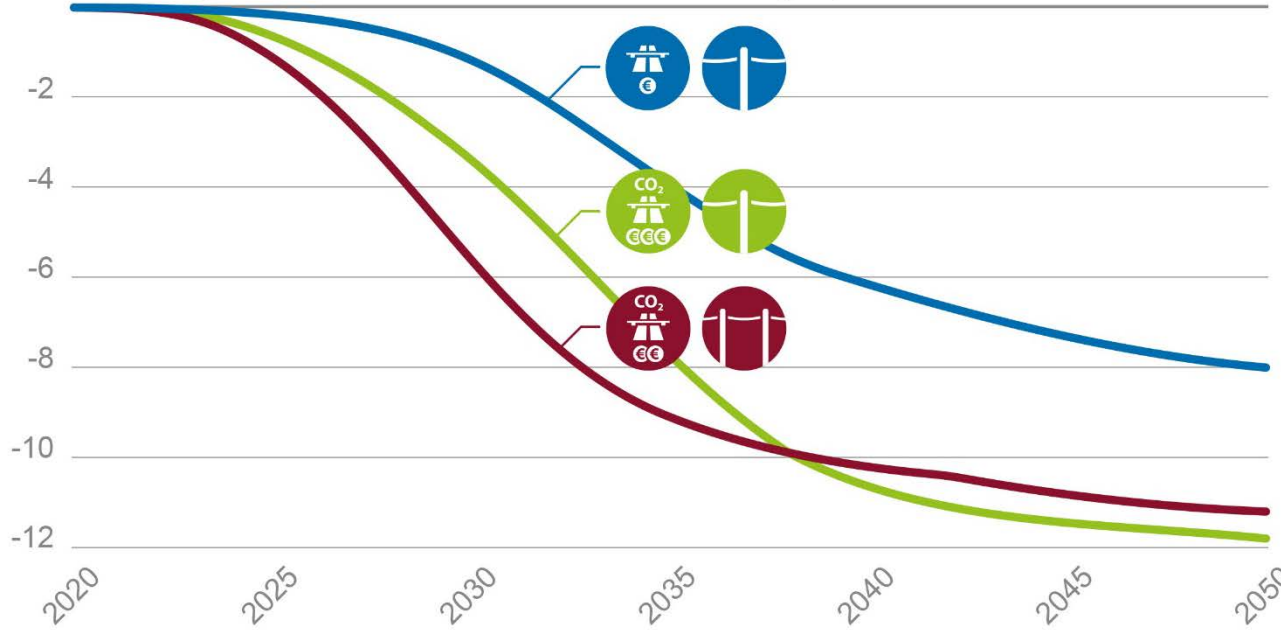
Vielversprechende erste Strecken, Zielnetz und perspektivische internationale Anbindung



# Netzausbaugeschwindigkeit und CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-basierte Mautkomponente von 80 € pro Tonne CO<sub>2</sub> (ab 2023)



zusätzliche CO<sub>2</sub>-basierte Mautkomponente von 200 € pro Tonne CO<sub>2</sub> (ab 2026)



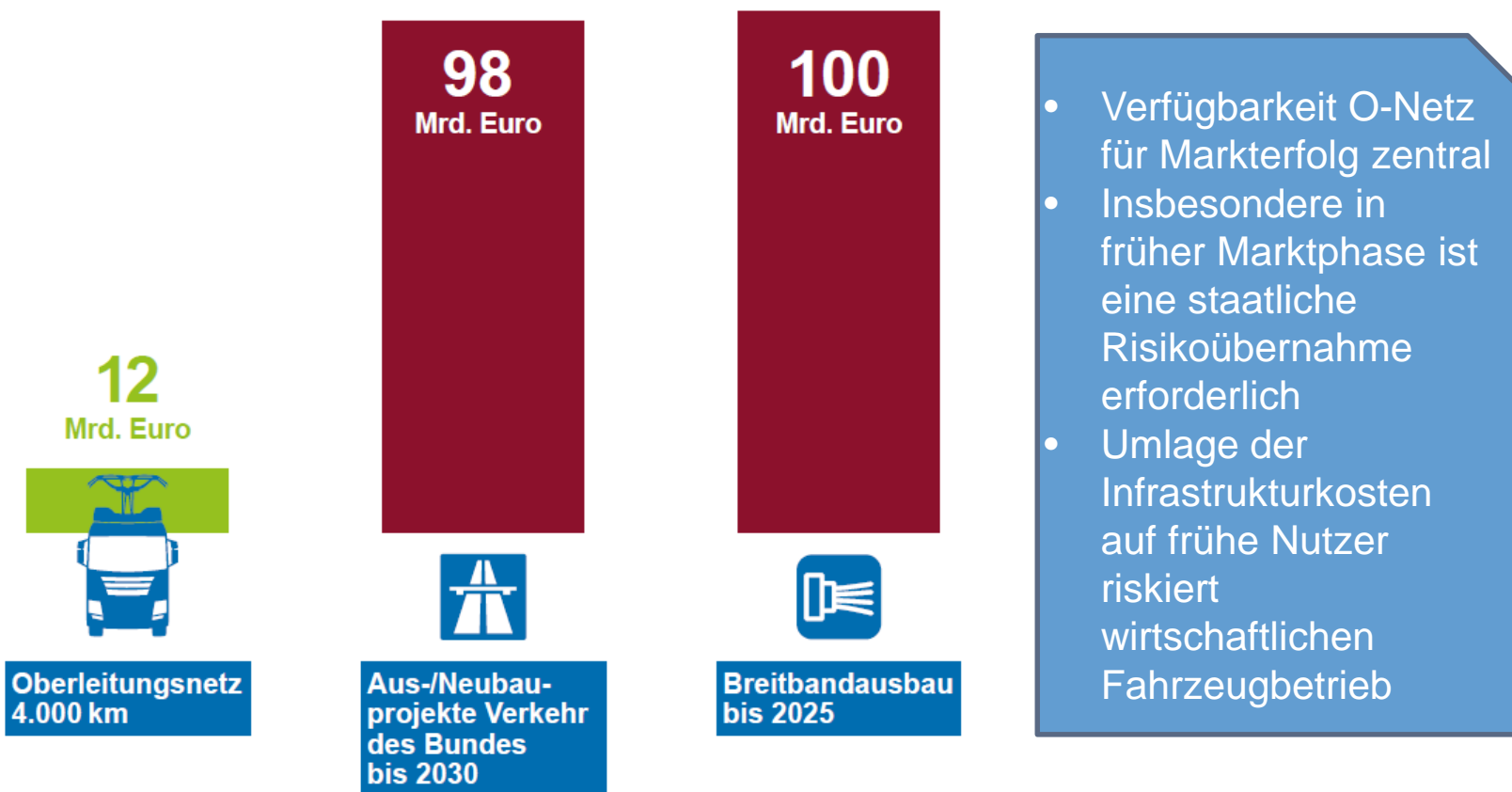
Anzahl elektrifizierter Kilometer:  
2025: 500 km  
2035: 3.000 km  
2040: 3.800 km



2025: 1.500 km  
2035: 3.800 km  
2040: 3.800 km

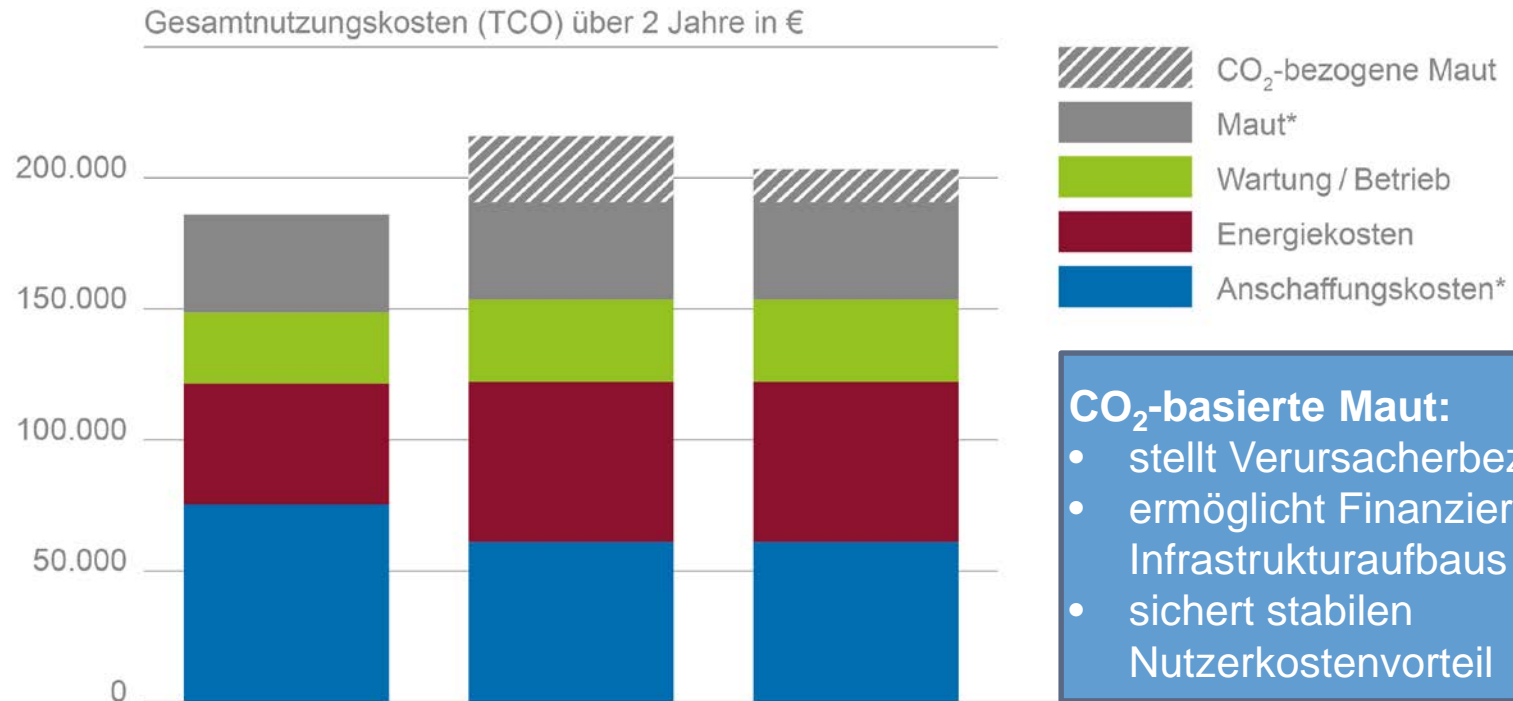
## Moderate Investitionskosten für ein Oberleitungsnetz im Vergleich zu anderen Zukunftsprojekten – Kostenumlegung auf erste Nutzer nicht geeignet

Investitionskosten O-Lkw-Kernnetz im Kontext anderer Zukunftsprojekte



# Eine CO<sub>2</sub>-basierte Maut garantiert nachhaltigen Nutzerkostenvorteil für O-Lkw und schafft Spielräume für die Finanzierung des O-Netzausbaus

## Gesamtnutzungskosten (TCO) im Jahr 2025 bei zusätzlicher CO<sub>2</sub>-bezogener Mautkomponente



**CO<sub>2</sub>-basierte Maut:**

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

O-Lkw  
O-Lkw zu 100% im elektrischen Betrieb

Diesel-Lkw  
Mautkomponente\*\*\*  
200 €/t CO<sub>2</sub>

Mautkomponente\*\*\*  
80 €/t CO<sub>2</sub>

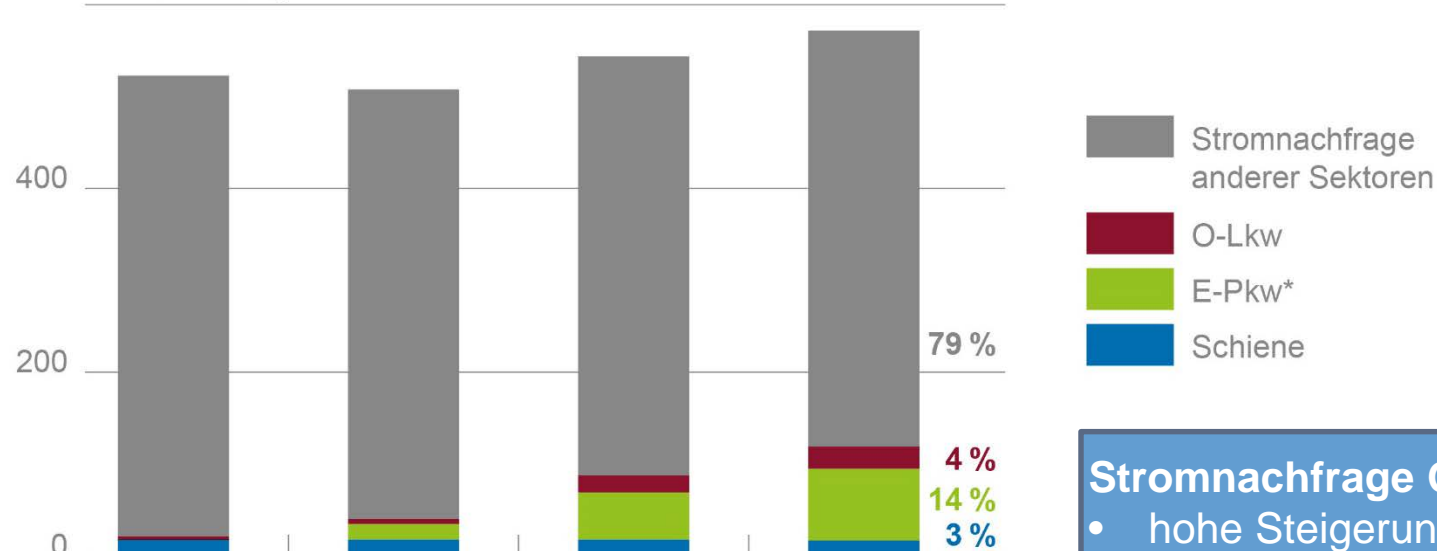
Annahmen:  
- 120.000 km Jahresfahrleistung  
- 2 Jahre Haltedauer

\*keine Mautbefreiung für O-Lkw  
\*\*Fahrzeugpreis minus Restwert  
\*\*\*zusätzliche CO<sub>2</sub>-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



Mehrausbau  
Windkraftanlagen\*\*  
(3 MW)  
+  
Mehrausbau  
Photovoltaik-  
„Fussballfelder“

500

5.000

1.500

17.000

2.000

22.000

**Stromnachfrage O-Lkw:**

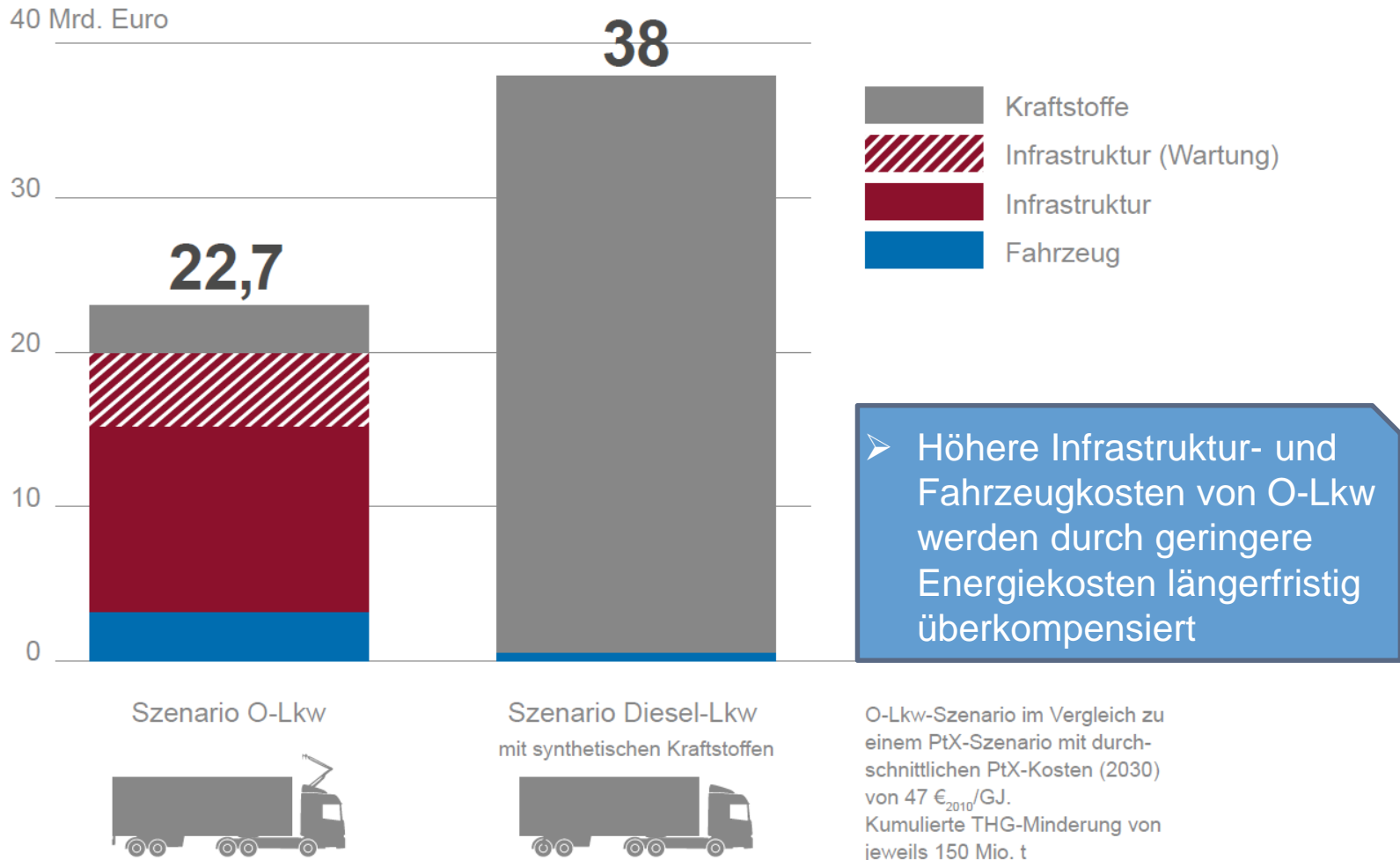
- hohe Steigerung insbesondere in ländlichen Gebieten
- große regionale Unterschiede in Bezug auf EE-Integration

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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>** noch deutlich höher
- **CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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](mailto:f.hacker@oeko.de)
- Hochschule Heilbronn | Ansprechpartner: Prof. Tobias Bernecker [tobias.bernecker@hs-heilbronn.de](mailto:tobias.bernecker@hs-heilbronn.de)
- Fraunhofer IAO / Ansprechpartner Felix Röckle [felix.roeckle@iao.fraunhofer.de](mailto:felix.roeckle@iao.fraunhofer.de)
- Intraplan Consult GmbH / Ansprechpartner: Dr. Markus Schubert [markus.schubert@intraplan.de](mailto:markus.schubert@intraplan.de)

### Förderung:

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