

Elektrifizierung im ÖPNV – Flottentransformation wirtschaftlich gestalten

Deutscher Nahverkehrstag
24. Juni 2026

RAMBOLL

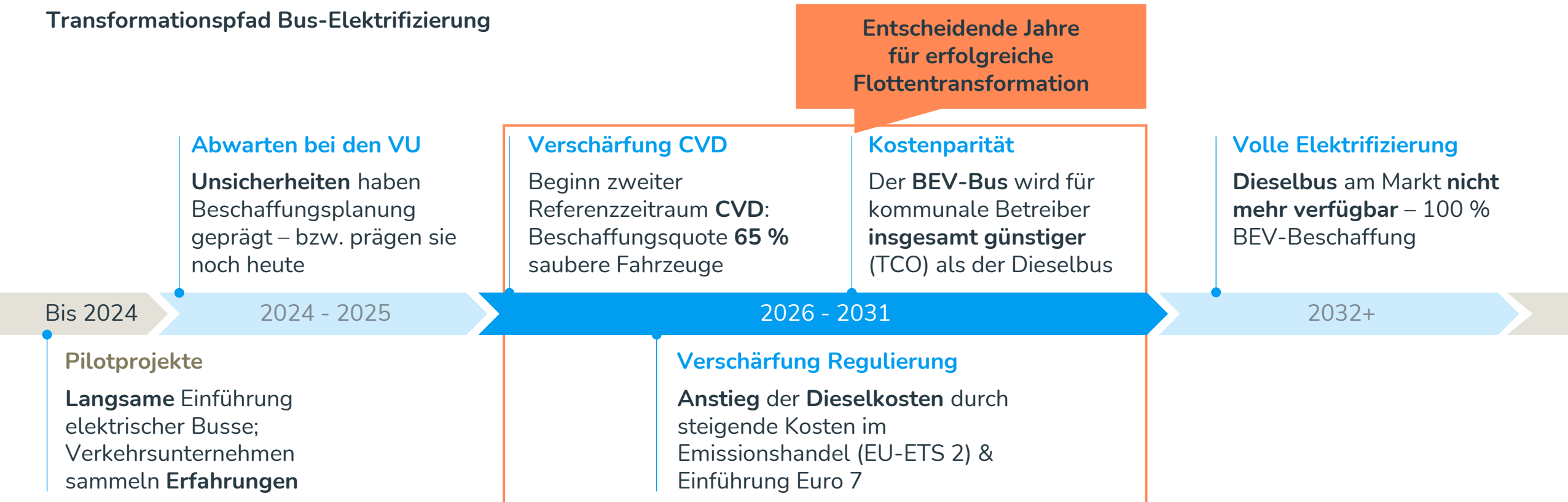
Bright ideas.
Sustainable change.



Flottentransformation wirtschaftlich gestalten

Für die erfolgreiche Transformation der Verkehrsunternehmen werden die nächsten fünf Jahre relevant sein – in der Skalierung ist das richtige Jahr entscheidend

Transformationspfad Bus-Elektrifizierung



Verschiedene regulatorische Trends führen voraussichtlich zu einer dramatischen Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit von Dieselnbussen in den nächsten 10 Jahren

CVD-Regulierung



- Die **CVD-Verordnung** legt **Standards** für öffentliche Aufträge bezüglich der **Anteile** von **sauberen Antrieben** fest
- Im Referenzzeitraum II **bis Ende 2030** **müssen 32,5 %** der neuen Fahrzeuge **lokal emissionsfrei** und 65 % sauber sein (gilt für die Fahrzeugklassen M3-A und M3-I)
- Eine **Verschärfung** der Vorgaben **nach 2030** wird erwartet



Politische Vorgabe der Beschaffungsquoten

Herstellervorgaben



- Neben der CVD gibt es für die **Hersteller Vorgaben** der EU bezüglich einzuhaltender **Flottengrenzwerte** (VO 1610/2024)
- **Stadtbusse** müssen demnach ab **2035 emissionsfrei** sein, für 2030 bis 2035 max. 10 % Verbrenner
- Zudem werden **Grenzwerte** durch die Einführung der **Euro-7-Norm** nochmals ab 2027 verschärft



Langfristiger Rahmen für den Fahrzeugmarkt

EU-Emissionshandel

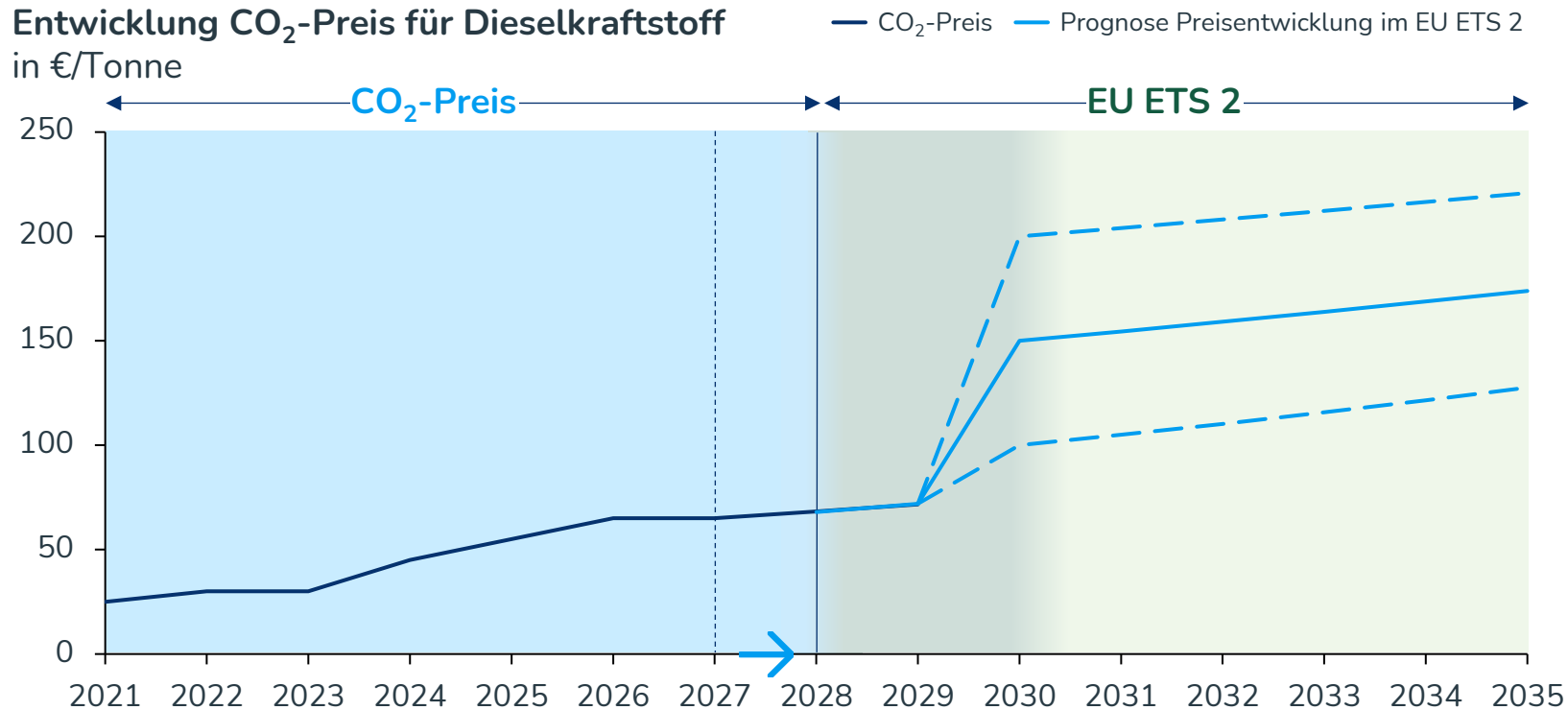


- Die Einführung des nationalen **CO2-Preises** hat **Kraftstoffe** seit 2021 in Deutschland verteuert; Aufschlag 2025 bei **ca. 18 ct je Liter** Diesel
- Der CO2-Preis wird vrsl. bis 2030 ansteigen, von bis zuletzt 55 Euro auf bis zu **200 Euro** je Tonne CO2; der Dieselpreis steigt damit vrsl. um **weitere 40 ct je Liter** Diesel
- **Daneben THG-Quotenhandel** für BEV-Halter möglich (bis zu 10 Tsd. Euro Einnahmen je Bus und Jahr)



Deutlicher Vorteil für E-Busse bezüglich der Kraftstoffkosten

Ein deutlicher Anstieg des CO₂-Preises für Dieselkraftstoff im Rahmen des EU ETS 2 wird ab 2030 erwartet – zeitweise Übergangsphase erhöht Preis in späterer Phase umso stärker



Nationaler CO₂-Preis

- Preis politisch **festgelegt**
- Soll **2028 in Zertifikatehandel EU ETS 2 überführt** werden
- Bei **Verschiebung** des EU ETS 2 wird **CO₂-Preis in Deutschland durch EU ETS 1** Preis gesteuert

EU ETS 2

- **Frontloading** von Zertifikaten und **Marktstabilitätsreserve** als politische Instrumente sollen **Preis zu Einführung niedrig** halten
- Deutlicher **Anstieg** des Preises daher erst **ab 2030** erwartet



Durch den bestehenden CO₂-Preis in Deutschland und dem erwarteten niedrigen Preispfad bis 2030 hat eine Verschiebung der Einführung von EU ETS 2 kaum Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von E-Bussen im ÖPNV

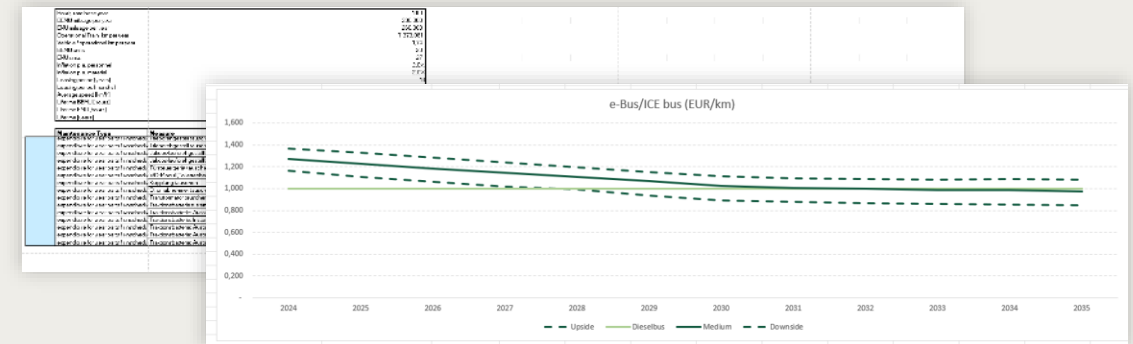
Das Flottenbeschaffungsmodell betrachtet über die reinen Beschaffungskosten hinaus die Total Cost of Ownership über den gesamten Lebenszyklus



Ausgangssituation der ÖPNV-Branche

- **Weniger als 10 %** der 50.000 Busse im ÖPNV sind heute lokal emissionsfrei unterwegs
- Die **Technologie-Entscheidung** ist klar zugunsten batterieelektrischer Busse gefallen
- **Angespannte Finanzierungslage** und zweitweise ausgesetzte Förderung haben **Beschaffungen verzögert und ausgesetzt**
- Die **Transformation** zu batterieelektrischen Bussen kann jedoch **nicht verschleppt** werden
- Nicht zuletzt aufgrund **weiterhin knapper Fördermittel** braucht es in Zeiten **angespannter Finanzierungslage** eine umfassende **Wirtschaftlichkeitsanalyse** als Grundlage einer **Beschaffungs- und Transformationsstrategie**

TCO-Flottenbeschaffungsmodell



Vergleich TCO E-Bus vs. Dieselbus je Beschaffungsjahr



Betrachtung aller Kosten über Fahrzeuglebensdauer inklusive Infrastrukturkosten



Basierend auf aktuellen Marktdaten und Forecasts



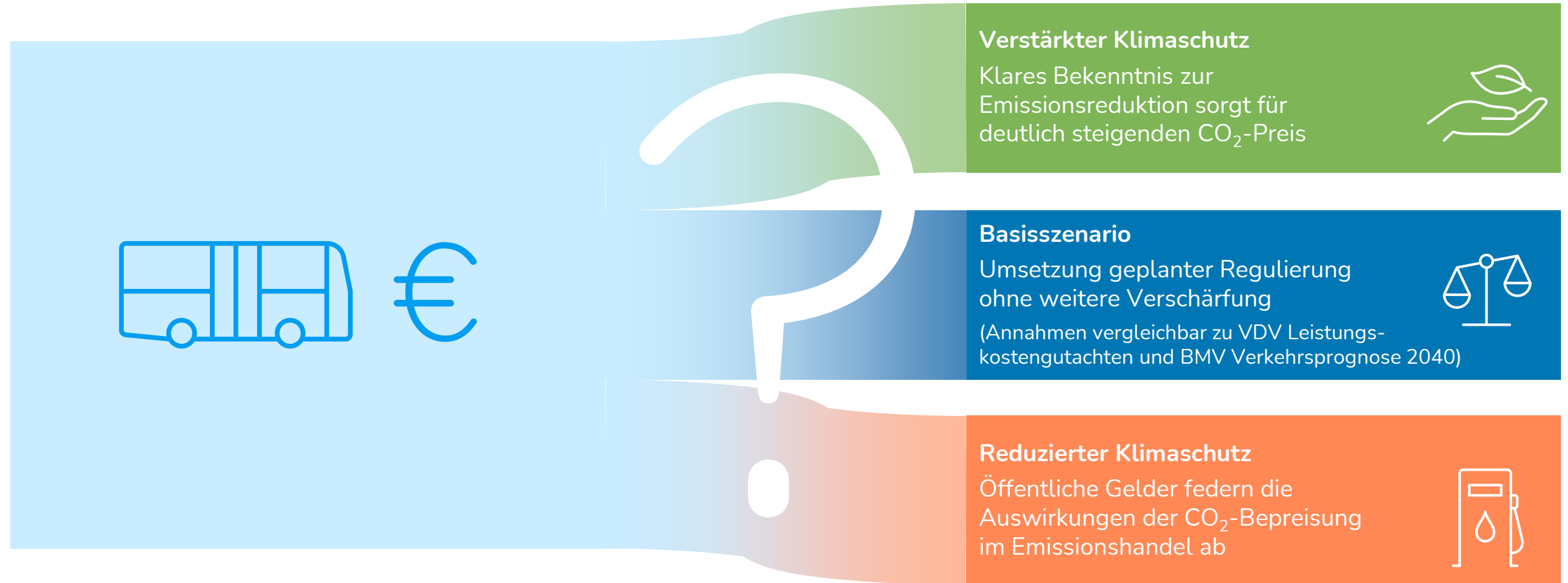
Modell flexibel an Flottenstruktur und Rahmenbedingungen anpassbar

Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit des E-Bus sind geringere Betriebskosten im Vergleich zum Dieselbus – Energiekosten werden zentraler Werttreiber

Kostenentwicklung	Basisszenario	Verstärkter Klimaschutz	Reduzierter Klimaschutz
			
 Fahrzeugpreis Dieselbus	↗	↗	↗
 Fahrzeugpreis E-Bus	↘	↓	↗
 EU-ETS 2	↗	↑	→
 Dieselpreis	→	↗	↘
 Strompreis	→	↘	↗
 Ladeinfrastruktur	→	→	→

→ Höhere Kapitalkosten für E-Busse müssen sich langfristig durch geringere Betriebskosten rechnen

Grundlage der Transformation muss eine szenariobasierte Wirtschaftlichkeitsanalyse bilden – drei Pfade der externen Rahmenbedingungen zum Klimaschutz beleuchtet



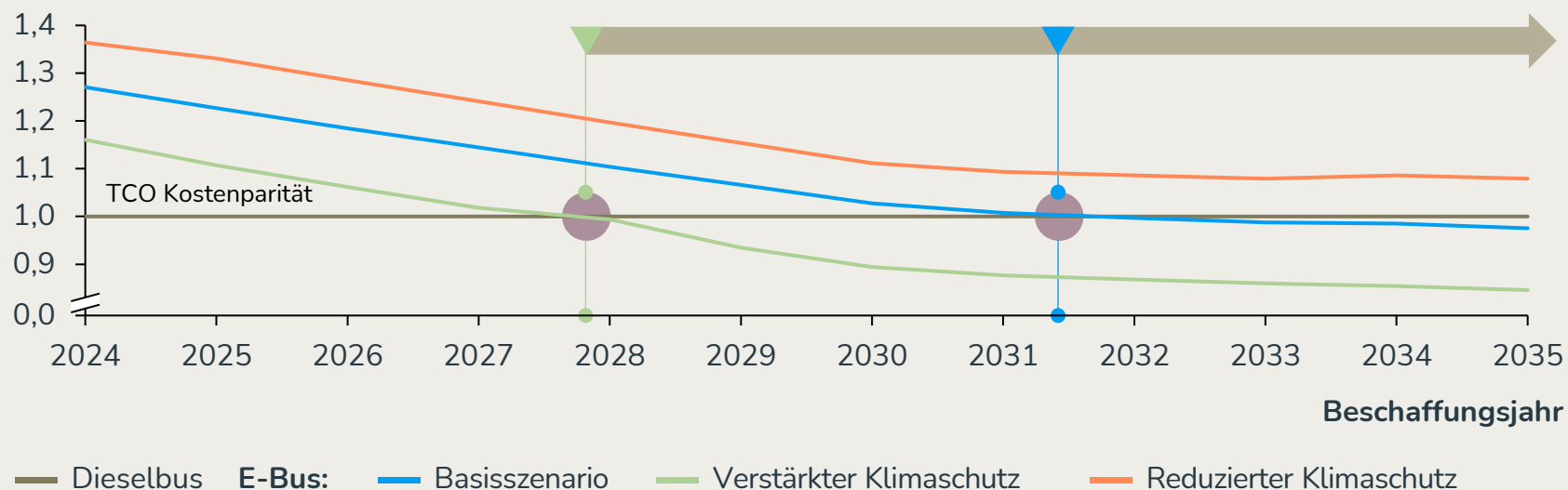
Ergebnisse

Ohne Fördermittel wird der E-Bus für kommunale Betreiber voraussichtlich spätestens für Beschaffungen im Jahresverlauf 2031 wirtschaftlicher als der Dieselbus sein

Generalisierter Kostenvergleich BEV- vs. Dieselbus (Solobus)

für kommunale Verkehrsunternehmen

Kostenverhältnis



Erläuterung

- **Dargestellt** ist das **Kostenverhältnis (TCO)** zur Beschaffung eines **BEV-Busses** normiert auf die Beschaffung eines **Dieselmusses** (=1,0) je Beschaffungsjahr
- Unterstellt ist die Beschaffung eines **12m Solobusses**
- **Alle Werte** sind über den Zeitraum von 10 Jahren auf den **Gegenwartswert** abgezinst
- Es sind **keine Fördergelder** für Fahrzeuge oder Infrastruktur unterstellt



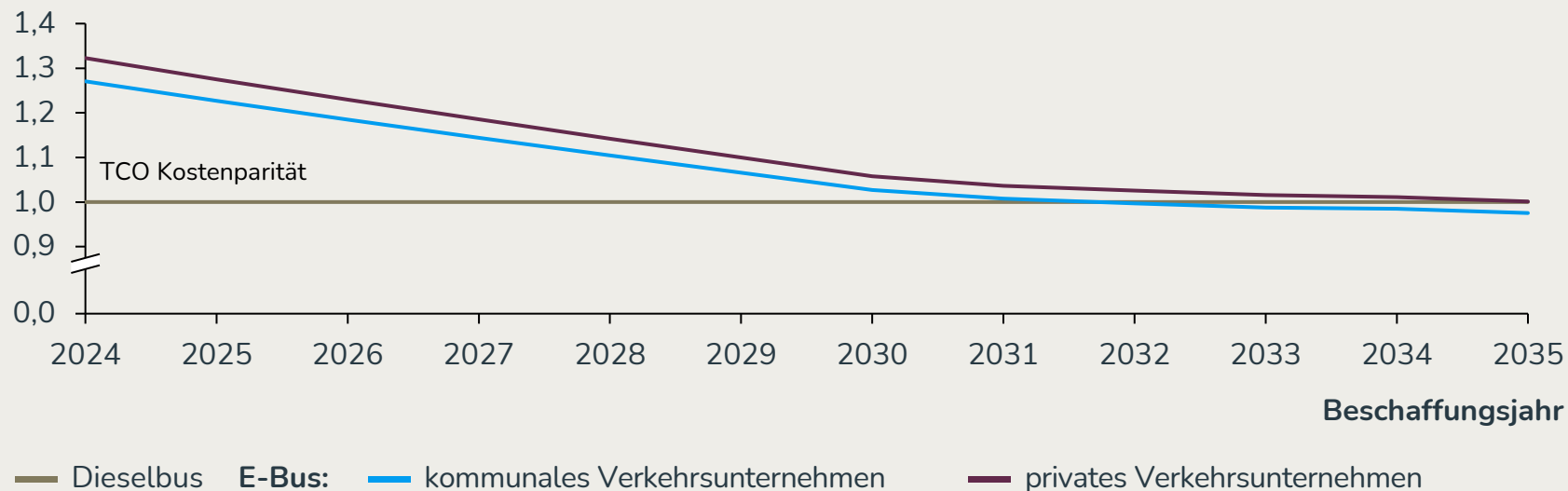
Je nach Szenario kann der batterieelektrische Bus für kommunale Verkehrsunternehmen bereits für Beschaffungen deutlich vor 2031 auch ohne Fördermittel die wirtschaftlichere Alternative als der Dieselbus sein

Für private Betreiber dauert es bis zum Jahr 2035, bis die Beschaffung von E-Bussen im Basisszenario wirtschaftlich günstiger wird

Generalisierter Kostenvergleich BEV- vs. Dieselbus (Solobus)

Private vs. Kommunale Verkehrsunternehmen

Kostenverhältnis



Erläuterung



- TCO-Kostenvergleich **kommunaler und privater Verkehrsunternehmen** unter **Anwendung des Basis-szenarios**
- **Private Betreiber** haben im Vergleich zu kommunalen **höhere gewichtete durchschnittliche Kapitalkosten**
- Aufgrund der hohen **Kapitalintensität** von E-Bussen wird **Break-Even** bei privaten Betreibern erst **später** erreicht



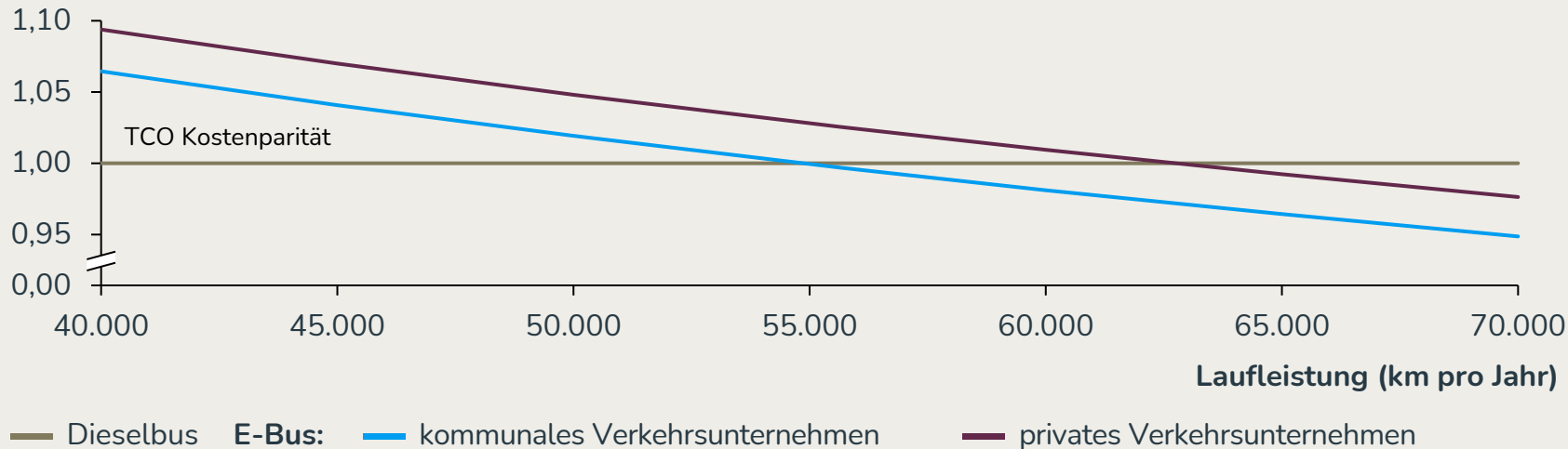
Kommunale Betreiber sind gegenüber privaten Verkehrsunternehmen im Vorteil und sind an der Spitze der Elektrifizierungsbemühungen im ÖPNV

Höhere Laufleistung verbessert die E-Bus-Wirtschaftlichkeit signifikant – Fahr- und Betriebsplanung entscheidet

Sensitivität der Wirtschaftlichkeit des E-Busses gegenüber dem Dieselbus auf Veränderungen der Laufleistung (Betrachtungsjahr: 2032)

für kommunale und private Verkehrsunternehmen, exkl. Fahrzeugförderung

Kostenverhältnis



Erläuterung



- **Dargestellt** ist das **Kostenverhältnis (TCO)** zwischen der Beschaffung eines **BEV-Bus** normiert auf die Beschaffung eines **Dieselmusses (=1,0)** im Beschaffungsjahr 2032
- Unterstellt ist eine durchschnittliche **Laufleistung von 55.650 km** pro Jahr pro Bus in der Basisbetrachtung
- Bei einer Steigerung dieses Werts auf über **65.000 km** pro Jahr pro Bus wäre der E-Bus auch für private Verkehrsunternehmen bereits 2032 die **wirtschaftlichere Option**



Mit steigender Laufleistung verbessert sich das Kostenverhältnis zu Gunsten von E-Bussen immer weiter.

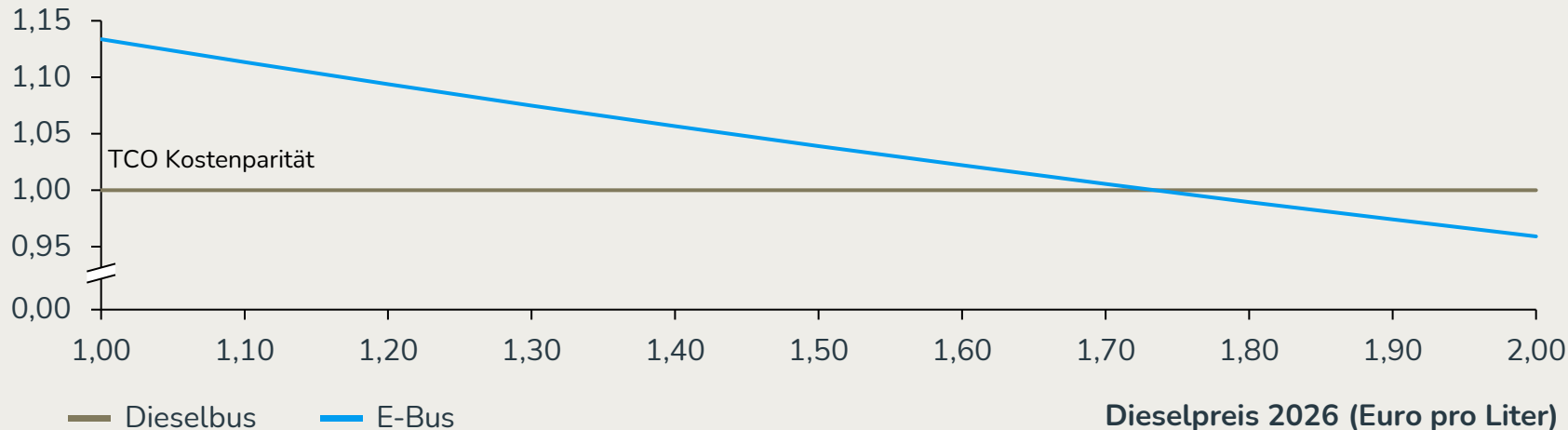


Die langfristige Dieselpreisentwicklung ist der kritischste externe Einflussfaktor der die Wirtschaftlichkeit beschleunigen kann

Sensitivität der Wirtschaftlichkeit des E-Busses im Vergleich zum Dieselbus auf Veränderungen des Dieselpreises (Betrachtungsjahr: 2029)

für kommunales Verkehrsunternehmen, exkl. Fahrzeugförderung

Kostenverhältnis



Erläuterung



- **Dargestellt** ist das **Kostenverhältnis (TCO)** zwischen der Beschaffung eines **BEV-Bus** normiert auf die Beschaffung eines **Dieselmusses (=1)** im Beschaffungsjahr 2029
- Unterstellt ist in der Basisbetrachtung ein durchschnittlicher **Großverbraucherpreis von 1,35 €/L** für das Referenzjahr 2026
- Bei Preissteigerungen für Diesel über 1,70 €/L, wie aktuell aufgrund des Irankrieges, wäre der E-Bus im Jahr 2029 bereits die **wirtschaftlichere Option**.

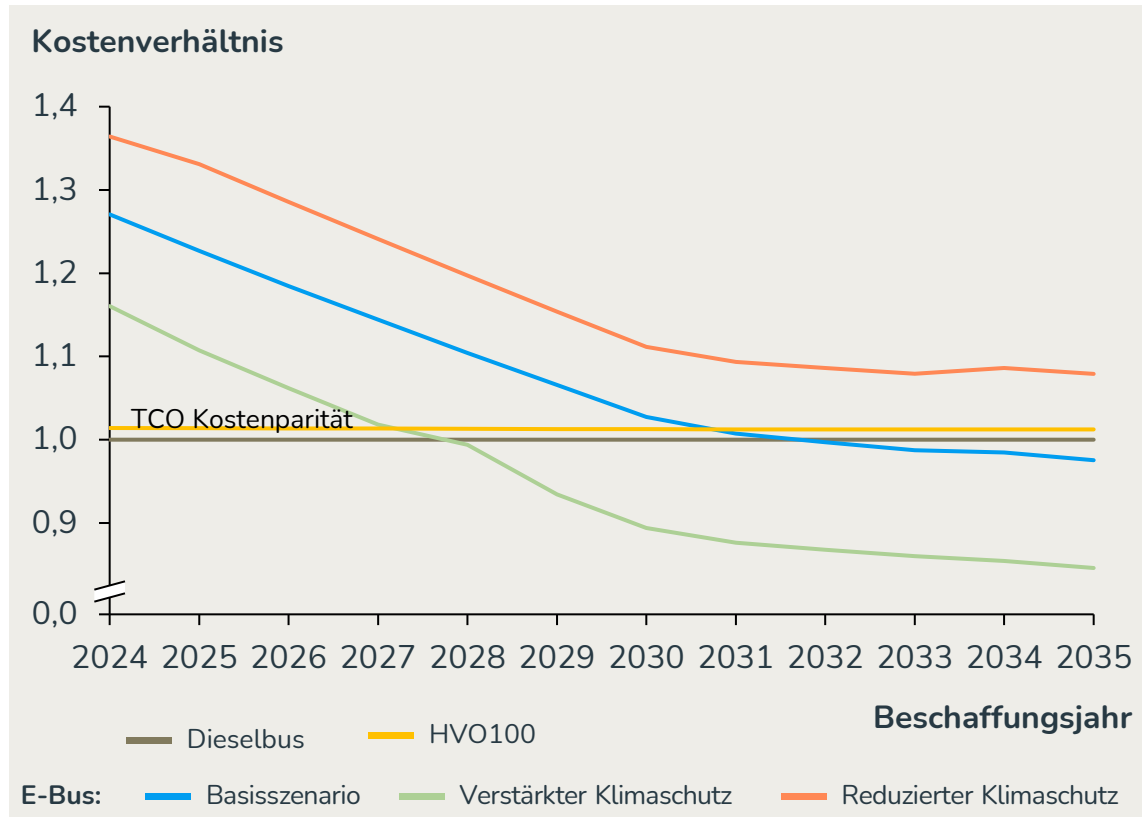


Bei dauerhaft hohen Dieselpreisen könnte das Kostenverhältnis schon ab 2029 zu Gunsten des E-Busses ausfallen – damit auch im Basisszenario ohne weitere Instrumente ähnliche Rahmenbedingungen wie sonst nur im Szenario verstärkter Klimaschutz

HVO100 verliert bei derzeitiger Preiskopplung noch vor dem Dieselbus seine Wirtschaftlichkeit gegenüber dem E-Bus – der Wasserstoffbus liegt stets deutlich über dem E-Bus

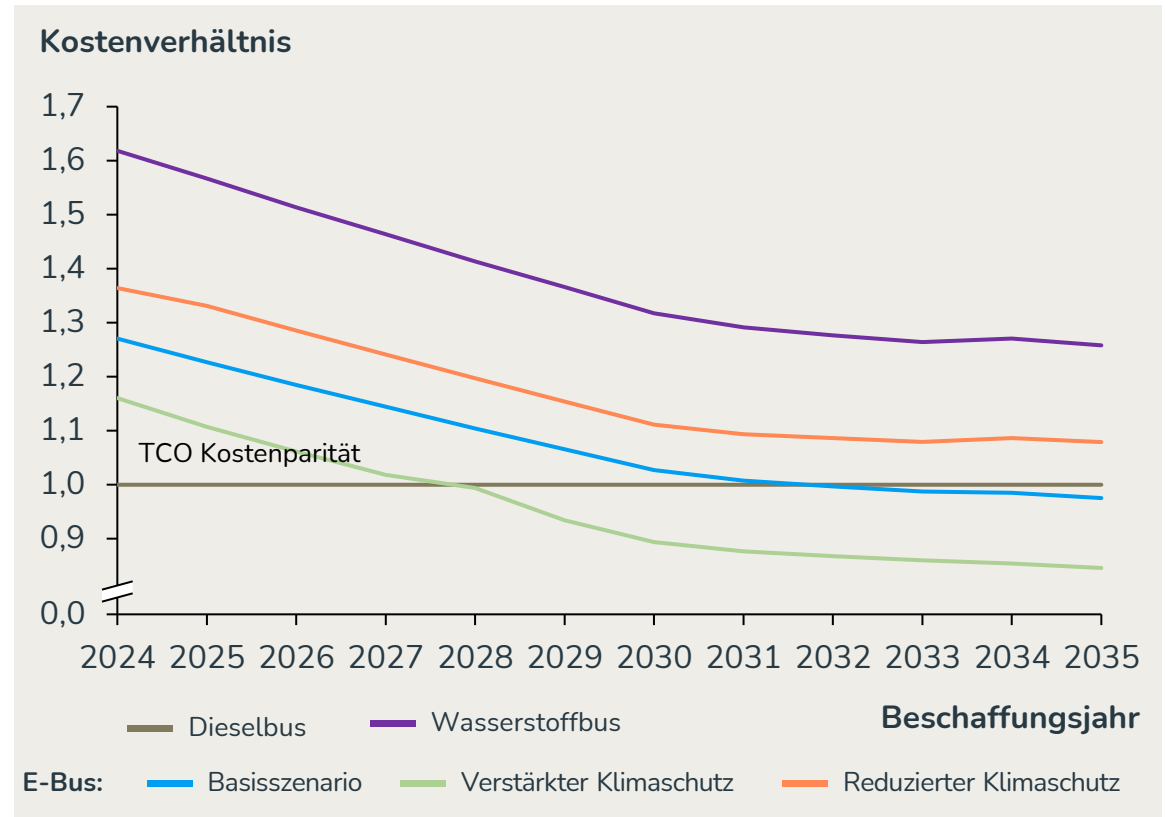
Kostenvergleich HVO100 Bus vs. E-Bus

für kommunale Verkehrsunternehmen, exkl. Fahrzeugförderung



Kostenvergleich Wasserstoffbus vs. Dieselbus

für kommunale Verkehrsunternehmen, exkl. Fahrzeugförderung



Ausblick

Entscheidend für die tatsächliche Kostenentwicklung und eine wirtschaftliche Beschaffungsstrategie ist die jeweilige Ausgangslage der Verkehrsunternehmen

Einflussfaktoren / Rahmenbedingungen



Fahrzeugflotte und **Flottenstruktur**



Alter und Rahmenbedingungen **Betriebshof**



Werkstatt- und Instandhaltungskapazitäten



Umläufe, Betriebsplanung und Topografie

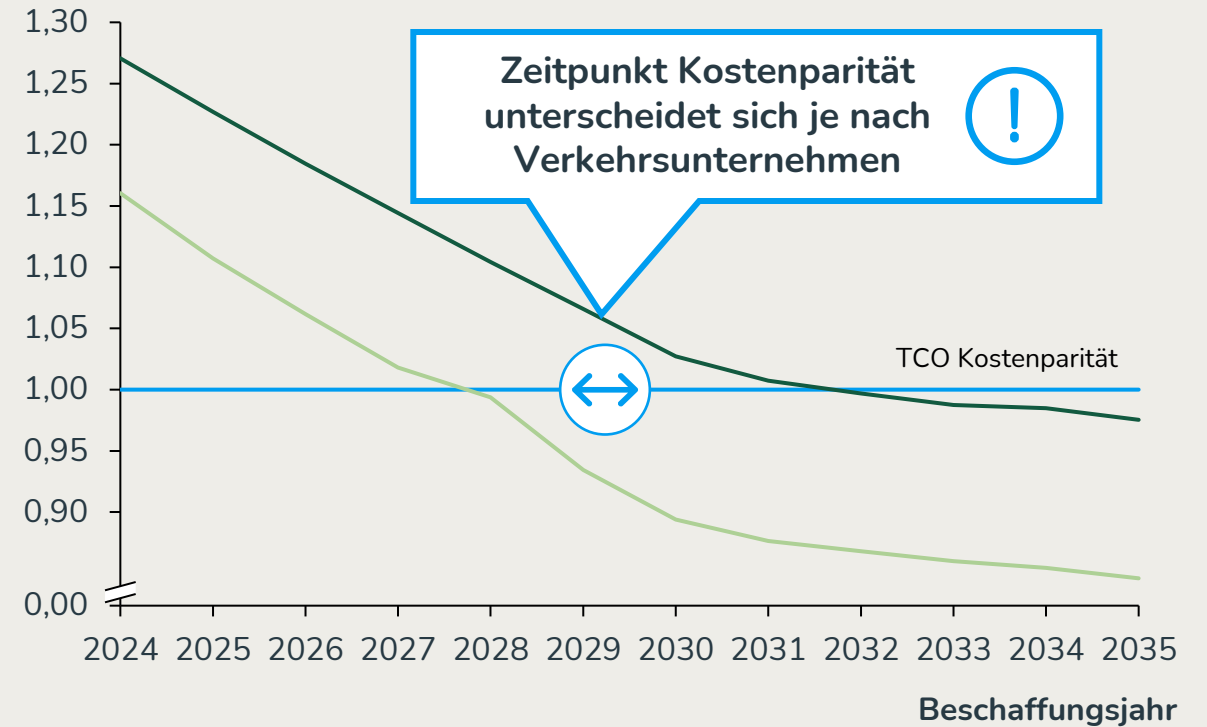


Energiekosten und Konzernstrukturen



Kostenvergleich BEV- vs. Dieselbus

Kostenverhältnis



Betriebliche Einflussfaktoren und individuelle Rahmenbedingungen müssen Basis für Umstellungsplanung und Entwicklung der Transformationsstrategie sein

1

Betriebliche Faktoren der Umstellungskosten

Fahrzeuge und Infrastruktur

- Flottenstruktur und Beschaffungszyklen
- Alter der Betriebshöfe, Zukunftsfähigkeit bestehender Betriebshöfe und Werkstätten

Planung und Personal

- Umlaufstrukturen in Bezug auf elektrischen Betrieb
- Energiemanagement
- Ladeinfrastrukturbedarf im Depot sowie ggf. außerhalb
- Personalbedarf und Schulung

2

Individuelle Rahmenbedingungen

Energieversorgung und Stadtwerkekonzern

- Möglichkeiten zur eigenen Energieerzeugung
- Synergien im Konzern, bspw. als konzernweiter Ladeinfrastrukturbetreiber

Finanzierungskapazität und Zielsetzung

- Finanzierungssituation im Konzern und kommunaler Haushalt
- Konzernweite und politische Ambitionen zur Elektrifizierung



Umstellungsplanung



Szenarien

Wie sehen mögliche Umstellungspfade aus?



Umstellungskosten

Welcher Finanzierungsbedarf entsteht je nach Pfad

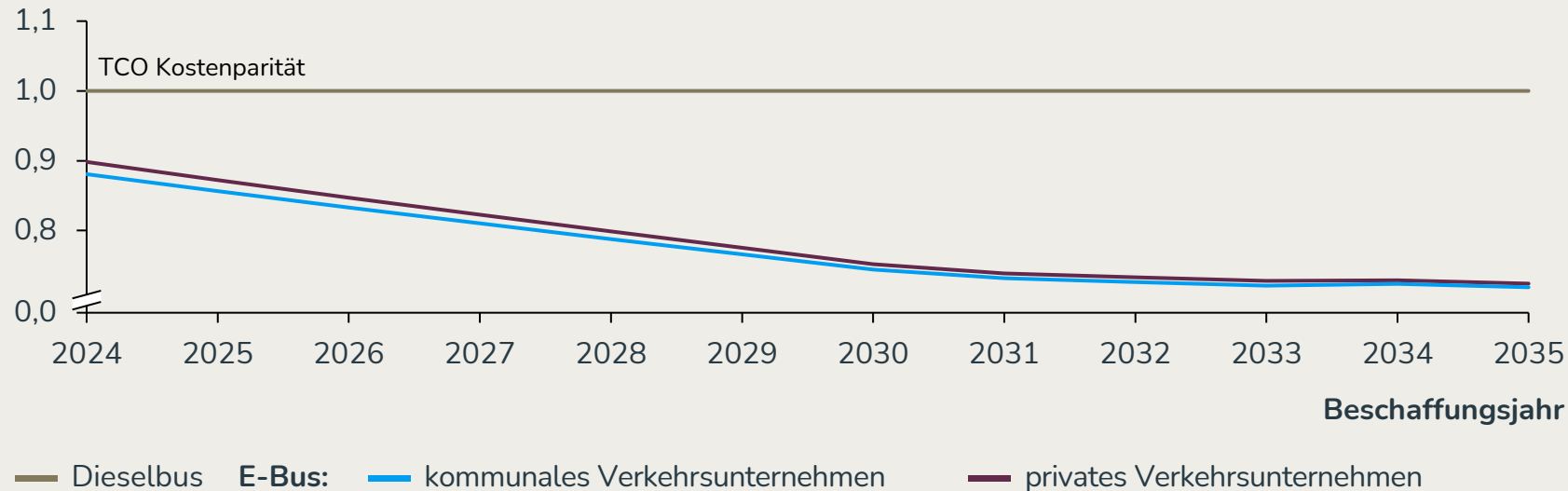


Bei Förderung von 80 % der Fahrzeugmehrkosten ist der E-Bus bereits heute über alle Jahre mit Abstand die wirtschaftlichste Alternative in den zuvor betrachteten Szenarien

Generalisierter Kostenvergleich BEV- vs. Dieselbus (Solobus)

Private und Kommunale Verkehrsunternehmen, inkl. Fahrzeugförderung

Kostenverhältnis



Erläuterung

- Die **Fahrzeugförderung reduziert** die **Kapitalkosten** für der Fahrzeugbeschaffung
- Dies **mindert** den **Einfluss** der erwarteten **Kapitalrendite** auf die Gesamtkosten
- Dadurch **gleichen** sich die **TCO zwischen privaten und kommunalen Verkehrsunternehmen** unter Berücksichtigung von Fördermitteln deutlich **an**
- Der **E-Bus ist mit Förderung die wirtschaftlichste** Beschaffungsalternative



Für eine wirtschaftliche Transformation der Fahrzeugflotten privater Verkehrsunternehmen bedarf es weiterhin Fördermittel oder Instrumente der Finanzierungsunterstützung

Um die Elektrifizierung wirtschaftlich zu gestalten, bedarf es jetzt die Entwicklung eines strukturierten Umstellungsplans in den Verkehrsunternehmen

Fazit

- Der **Dieselbus** im städtischen Verkehr wird aufgrund der Kostenstrukturen sowie aus regulatorischen Gründen **nach 2031 nur noch für private Betreiber ohne Förderung kostengünstiger** sein
- Je **nach Marktentwicklung** könnte der **E-Bus bereits vor 2030** auch ohne Förderung die **wirtschaftlichere Alternative** sein – die konkreten Kostenvorteile hängen von der Ausgangslage und Rahmenbedingungen der Verkehrsunternehmen ab
- Für **Beschaffungen in den kommenden fünf Jahren** gilt es daher wirksam abzuwägen – individuelle **Kalkulation der TCO zwischen Diesel- und E-Bus ist als Entscheidungsgrundlage** notwendig
- Die **Entwicklung einer Umstellungsplanung** hilft in wirtschaftlich angespannten Zeiten Gesellschaftern und Öffentlichkeit gegenüber **Transparenz herzustellen** und **Finanzbedarfe zu quantifizieren**



Ein einseitiges Stoppen von E-Bus Programmen zur kurzfristigen Cash-Flow-Optimierung bzw. Bilanzoptimierung könnte langfristig teurer sein



Bright
ideas.
Sustainable
change.

RAMBOLL

Kontakt



Friedemann Brockmeyer

Kopenhagener Straße 60-68
13407 Berlin

M +49 160 740 56 56

friedemann.brockmeyer@ramboll.com
www.ramboll.com



Timo Häcker

Jürgen-Töpfer-Straße 48
22763 Hamburg

M +49 152 076 956 76

timo.haecker@ramboll.com
www.ramboll.com