

Online, 07.03.2025, Webinar Verkehr

Till Gnann, Daniel Speth, Fabio Frank, Patrick Plötz, Michael Krail, Clara Aulich

# SZENARIENERGEBNISSE VERKEHR



GEFÖRDERT VOM



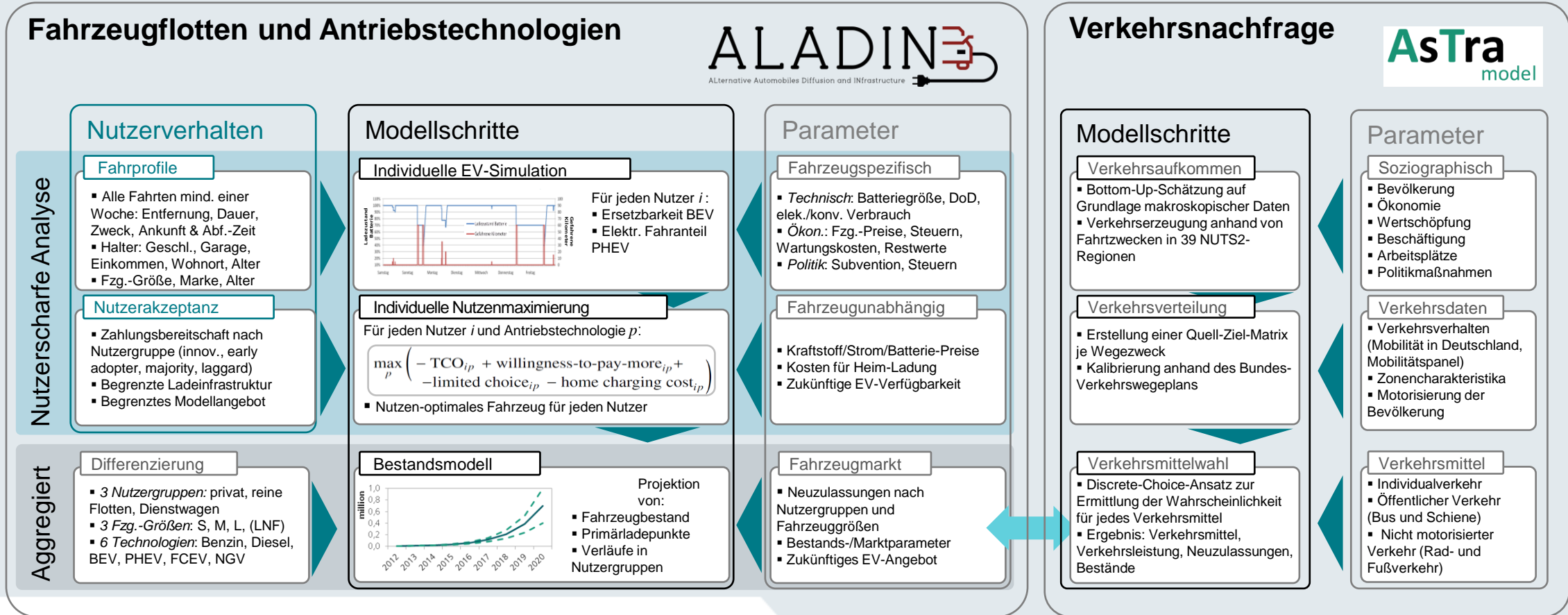
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



## AGENDA

1. Methodik und wichtigste Annahmen
2. Überblick über Ergebnisse
3. Erkenntnisse

# DIE MODELLIERUNG ERFOLGT MIT DEN MODELLEN ASTRA UND ALADIN.



# Fit for 55

## WICHTIGSTE ANNAHMEN IM VERKEHR

- › Förderung Elektrofahrzeuge Pkw und Lkw läuft 2024 aus (teilweise noch Herstellerrabatte)
- › Orientierung an Fit-for-55 für alle Szenarien
  - › Aufbau Tank- und Ladeinfrastruktur
  - › Alternative Kraftstoffe im Luft- und Seeverkehr
- › Energy Taxation Directive erst 2026
- › BEHG-Übergang in ETS2, der sich ab 2030 preislich an ETS1 orientiert
  - › 2025: 55 €/t CO<sub>2</sub>, 2030: 200 €/t CO<sub>2</sub>
- › THG-Neutralität bis 2045

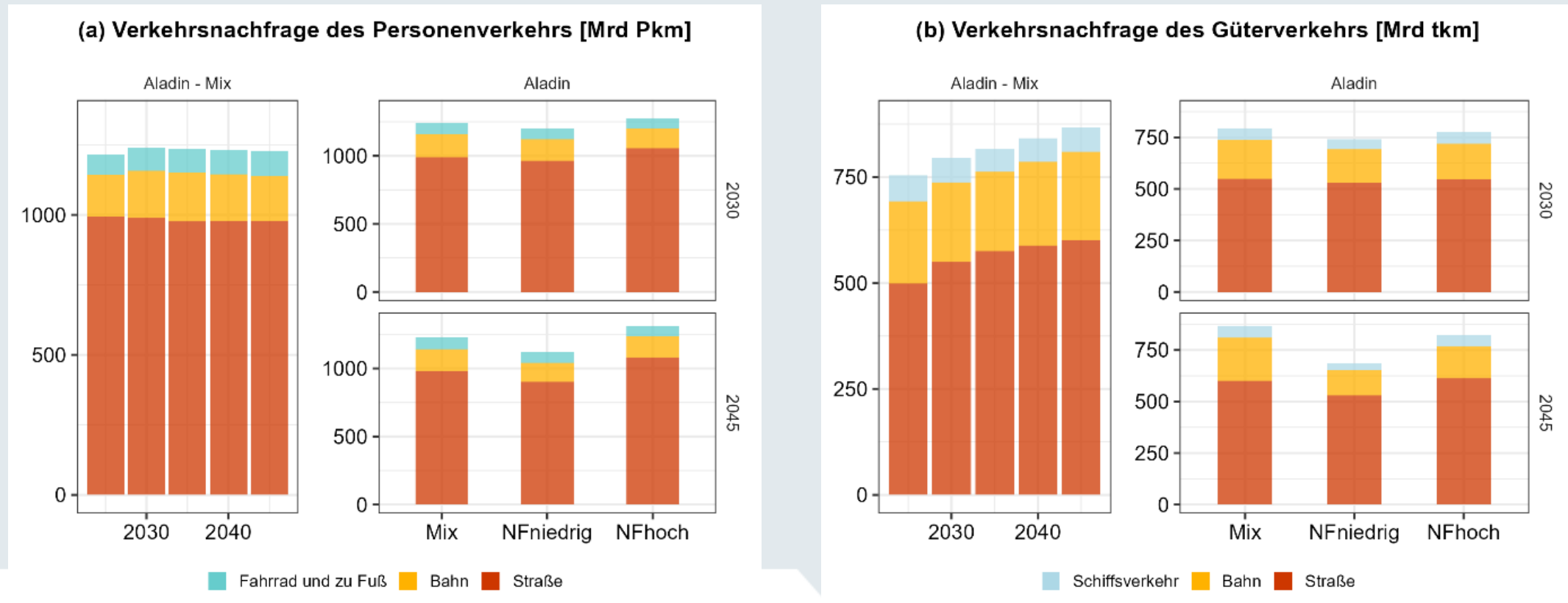
GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**KOPERNIKUS**  
Ariadne **PROJEKTE**  
Die Zukunft unserer Energie

# DIE NACHFRAGE IM PERSONENVERKEHR STAGNIERT UND VARIIERT WENIG ZWISCHEN DEN SZENARIEN, DER GÜTERVERKEHR STEIGT.



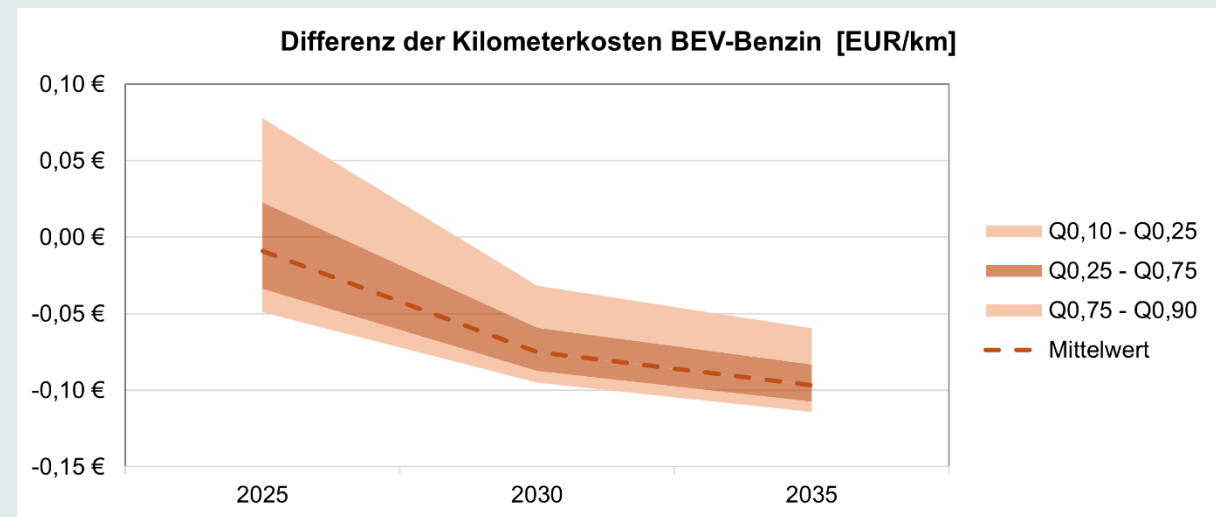
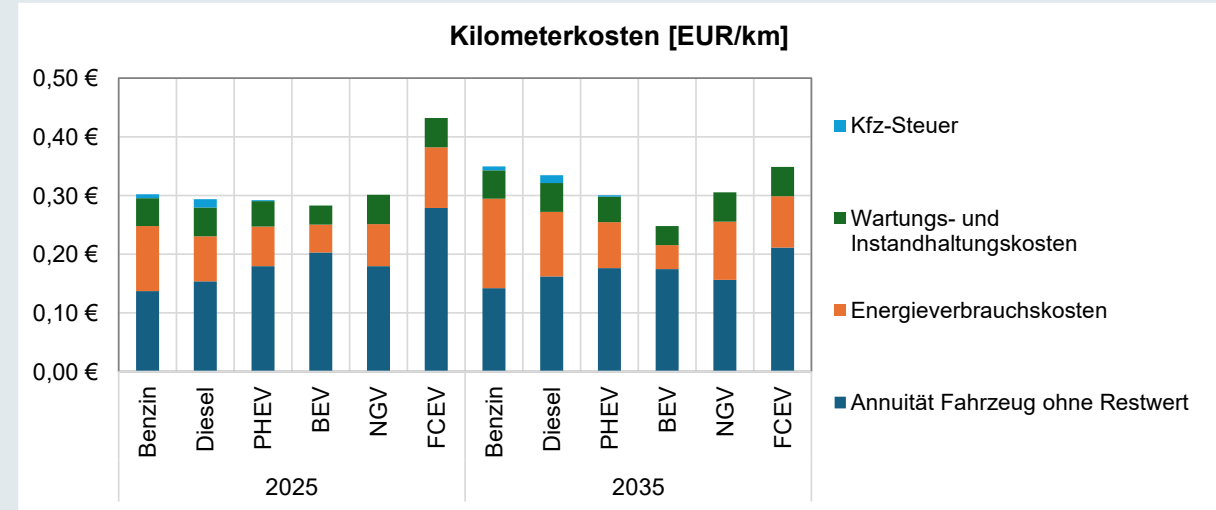
GEFÖRDERT VOM

Quelle: Abbildung 3.1 Verkehrsnachfrage des (a) Personen- und (b) Güterverkehrs. Dargestellt ist die zeitliche Entwicklung im Szenario Mix (links) und die Variationen in den Szenarien NFniedrig und NFhoch für 2030 und 2045.

Pkm = Personenkilometer, tkm = Tonnenkilometer.

# ELEKTROFAHRZEUGE SIND SCHON HEUTE GÜNSTIGER BEI DEN GESAMTKOSTEN

- › Bei typischer Fahrleistung (15.000 km) niedrigere Kosten 2025 und deutlich niedrigere 2035 (obere Abbildung)
- › Bei verschiedenen Fahrleistungen ist Elektromobilität auf mittlere Sicht für alle Fahrleistungen günstiger (untere Abbildung)
- › **Umstellung auf Elektrofahrzeuge im Pkw-Bereich wirtschaftlich sinnvoll**



Quelle: Abbildung 3.11 Vergleich der Vollkosten eines Mittelklasse-Pkw 2025 und 2035 im Szenario Technologiemix. Oben: Kostenverteilung bei 15.000 km Jahresfahrleistung. Unten: Verteilung der Differenzkosten zwischen BEV und Benzinfahrzeug in Abhängigkeit der Jahresfahrleistungen (verschiedene Quantile) im Zeitverlauf. Q0,1=5.683 km, Q0,25=8.760 km, Q0,75=19.710 km, Q0,9=29.930 km, Mittelwert=16.200 km. PHEV: Plug-in Hybrid; BEV: Batterieelektrisches Fahrzeug; NGV: Gasfahrzeug; FCEV: Brennstoffzellenfahrzeug

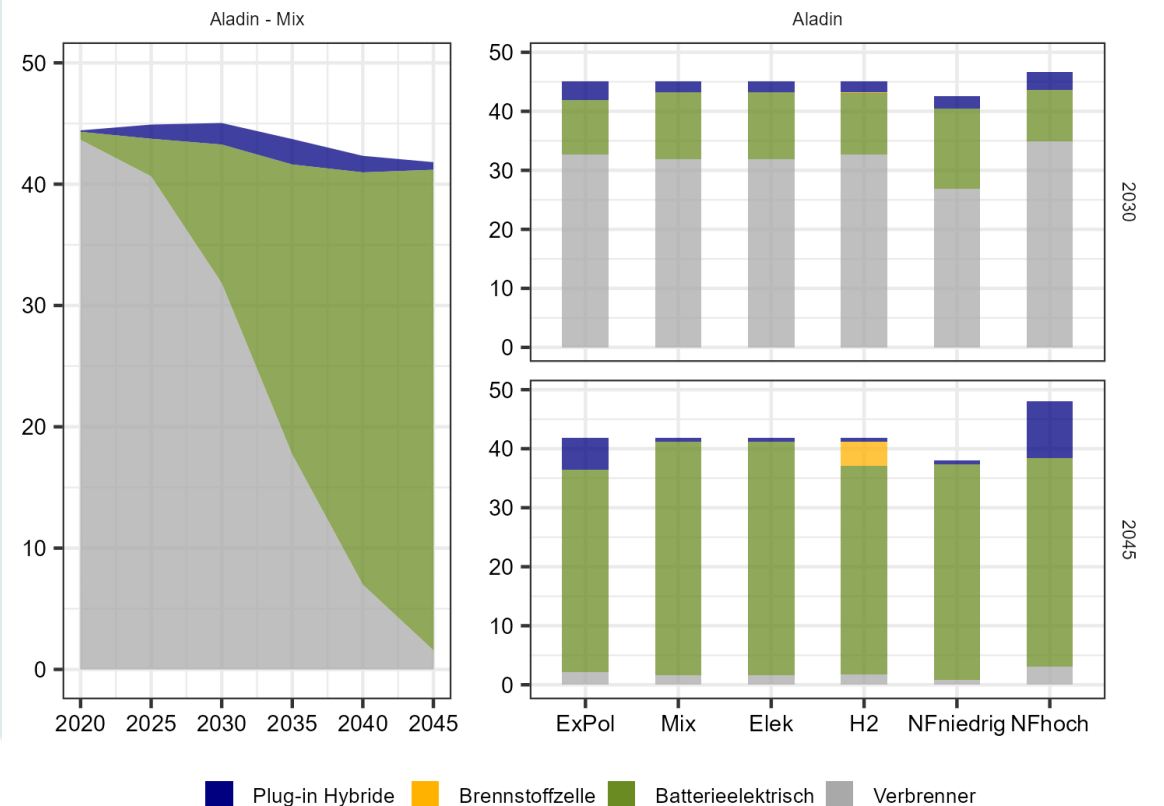
GEFÖRDERT VOM



# IN ALLEN SZENARIEN DOMINIEREN ELEKTROFAHRZEUGE DIE PKW-NEUZULASSUNGEN UND DANN AUCH DEN PKW-FAHRZEUGBESTAND.

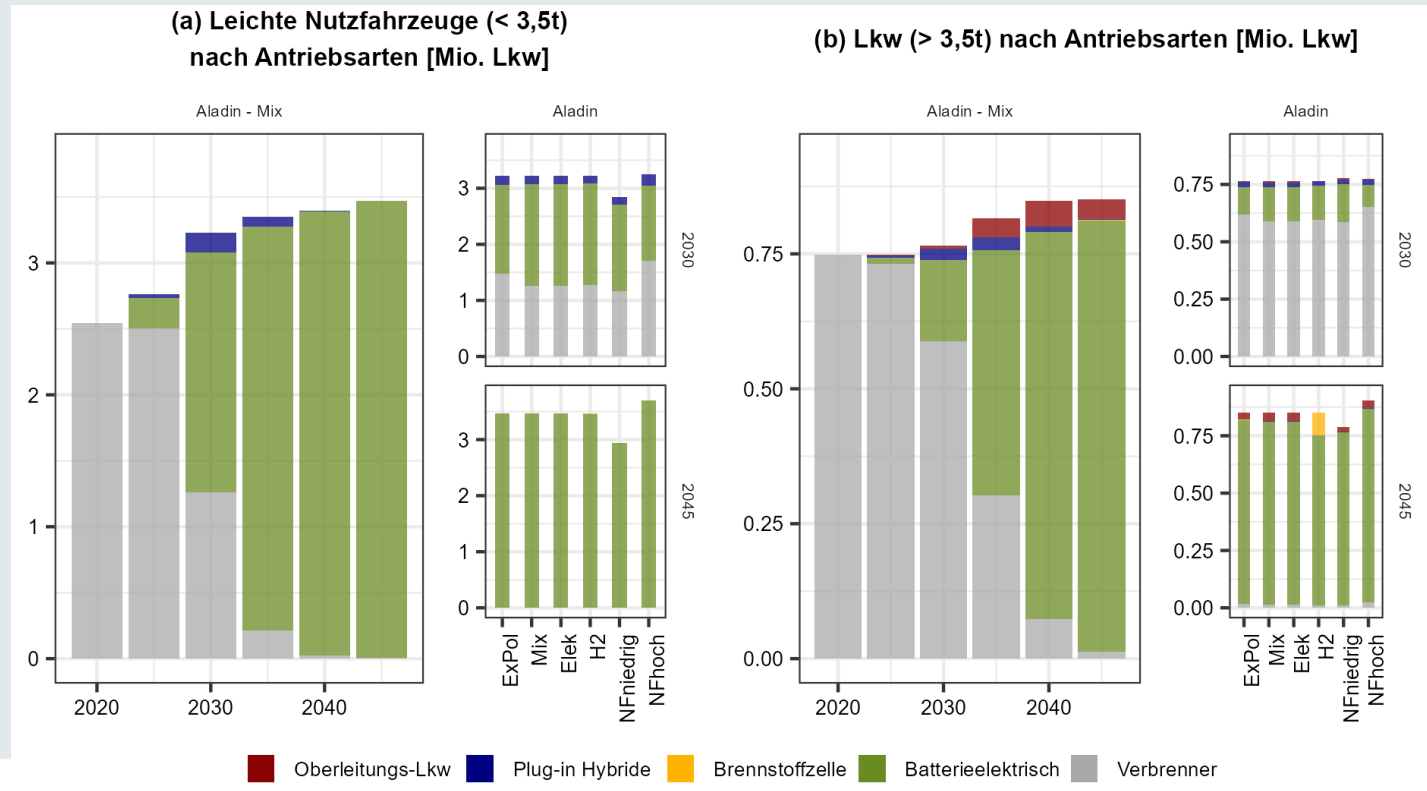
- › Reine Elektrofahrzeuge ersetzen Verbrenner vollständig auf lange Sicht.
- › Plug-in-Hybride sind Übergangslösung, die ab 2030 wieder weniger verkauft wird.
- › Brennstoffzellenfahrzeuge nur unter günstigen Bedingungen auch nur zu kleinem Anteil.
- › Restanteile Verbrenner auch noch 2045 im Bestand.

Entwicklung des Pkw-Bestands nach Antriebsarten [Mio Pkw]



GEFÖRDERT VOM

# AUCH BEI LKW GEHT ES KLAR IN RICHTUNG ELEKTRISCHER ANTRIEBE UND SCHNELLER ALS BEI PKW.



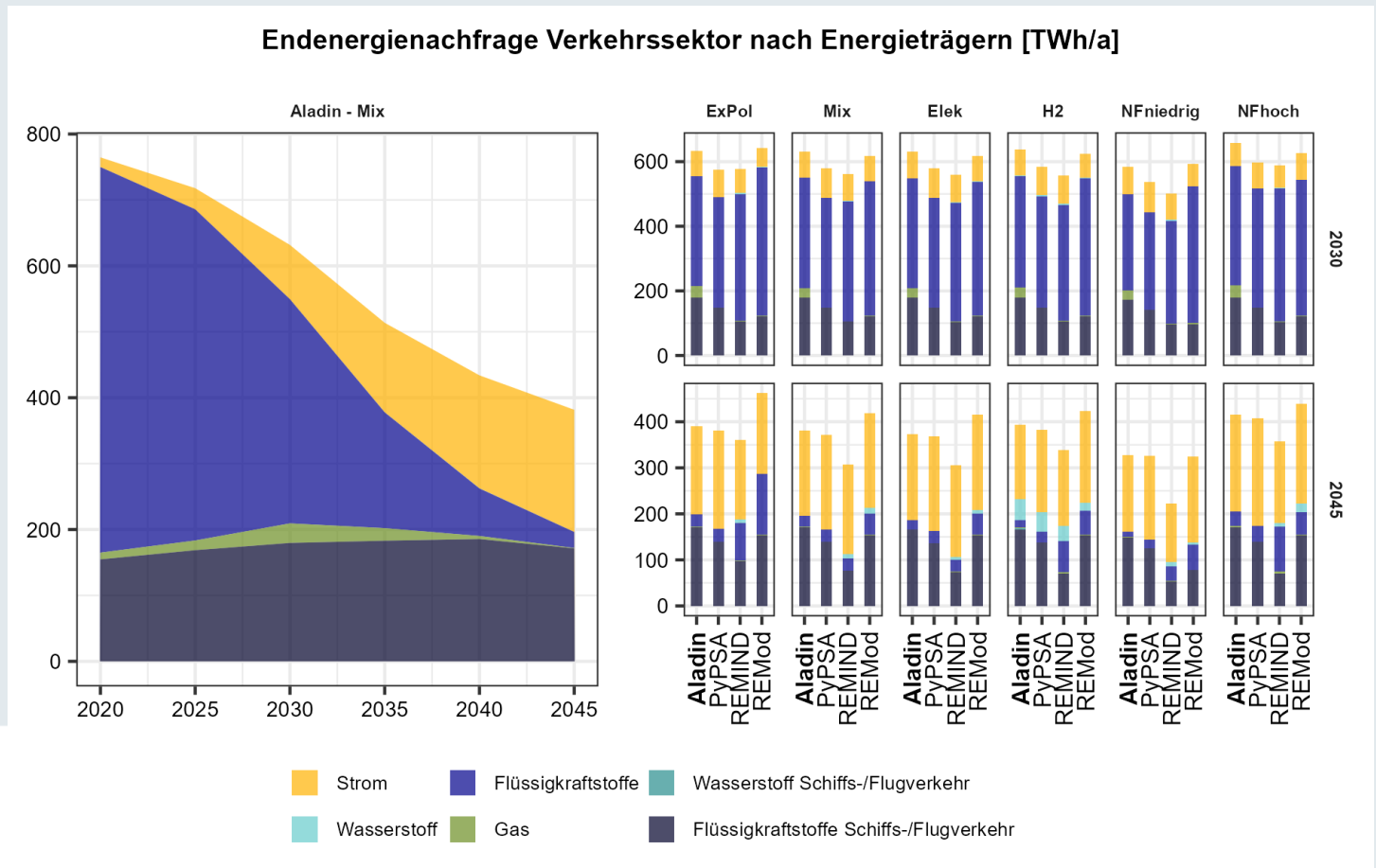
- › Batterie-Lkw bei leichten und schweren Lkw (>3,5t) dominierend.
- › Plug-in-Hybride nur als Übergangslösung bei kleineren Fahrzeugen.
- › Ein Teil der schweren Lkw mit hoher Fahrleistung sind auf öffentliche Infrastruktur angewiesen:
  - › Megawatt-Laden
  - › Oberleitungen (könnten Parkplatzproblem reduzieren).
  - › Wasserstoff (falls Bedingungen sehr günstig).
- › Umstellung im Bestand wegen kürzeren Haltedauern schneller als bei Pkw.

GEFÖRDERT VOM



# DIE ENERGIENACHFRAGE HALBIERT SICH BIS MITTE DES JAHRHUNDERTS UND FLÜSSIGKRAFTSTOFFE FÜR SEE- UND LUFTVERKEHR WERDEN RELEVANTER.

- › Elektrifizierung des landgebundenen Verkehrs bis 2045 macht Flüssigkraftstoffe dort in fast allen Szenarien und Modellen obsolet.
- › Restmengen Flüssigkraftstoffe Pkw & Lkw nur im Szenario „Existierende Politiken“ (ExPol) 2045.
- › Anteil der Flüssigkraftstoffe für den See- und Luftverkehr an Endenergie nimmt zu.



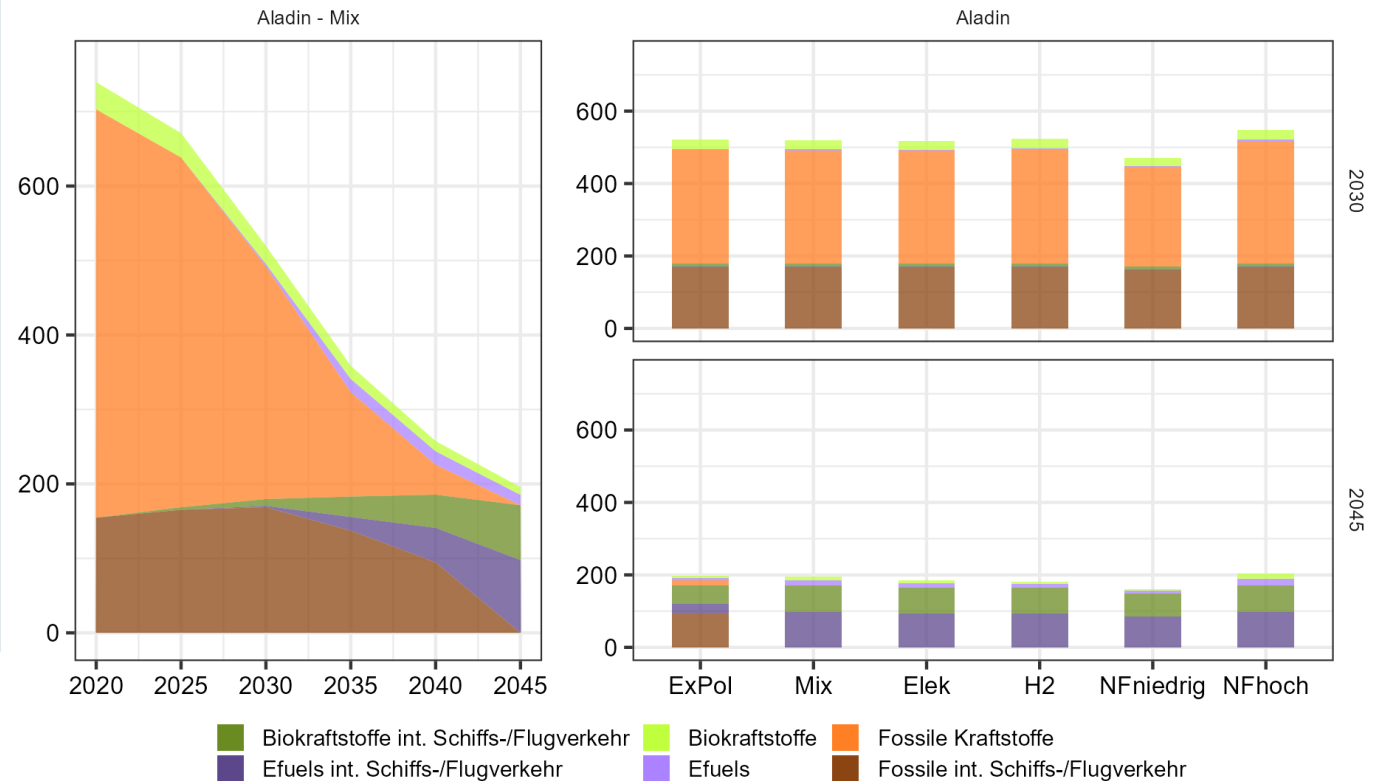
GEFÖRDERT VOM

Quelle: Abbildung 3.4 Endenergienachfrage aller Verkehrsträger nach Kraftstoffart (inkl. internationalem Verkehr). Auf der linken Seite ist die Energienachfrage des Verkehrssektors im Zeitverlauf für das Szenario Mix im Modell ALADIN dargestellt. Rechts sind die verschiedenen Szenarien und beteiligten Modelle für 2030 (oben) und 2045 (unten) dargestellt.

# BIOGENE UND SYNTHETISCHE KRAFTSTOFFE WERDEN VOR ALLEM FÜR DEN SEE- UND LUFTVERKEHR BENÖTIGT.

- › Biokraftstoffe im landgebundenen Verkehr (~37 TWh im Jahr 2020) werden langfristig im See- und Luftverkehr benötigt.
- › Quoten von 6% Sustainable Aviation Fuels (SAF) zu großen Teilen mit biogenen Kraftstoffen diskutiert (4,8% ~ 6 TWh)
- › Zuwachs auch an eFuels ab 2030 ist für große Verkehrsträger unabdingbar.

Flüssigkraftstoffe im Verkehrssektor [TWh/a]



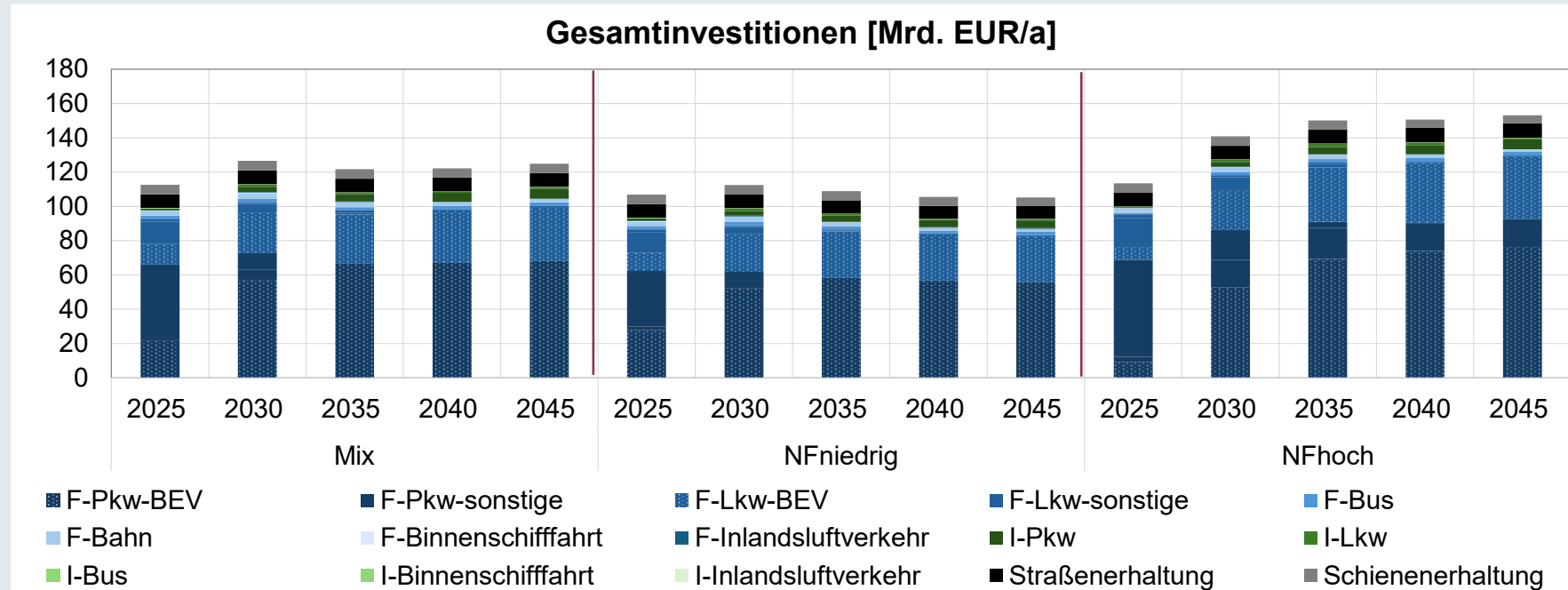
GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Quelle: Abbildung 3.7 Einsatz alternativer Kraftstoffe. Links ist die Zusammensetzung der Kraftstoffe im Zeitverlauf für das Szenario Mix zu sehen. Rechts sind alle Szenarien für 2030 (oben) und 2045 (unten) dargestellt.

# INVESTITIONEN IN FAHRZEUGE DOMINIEREN DIE INVESTITIONEN, AUCH IM VERGLEICH ZUR INFRASTRUKTUR.

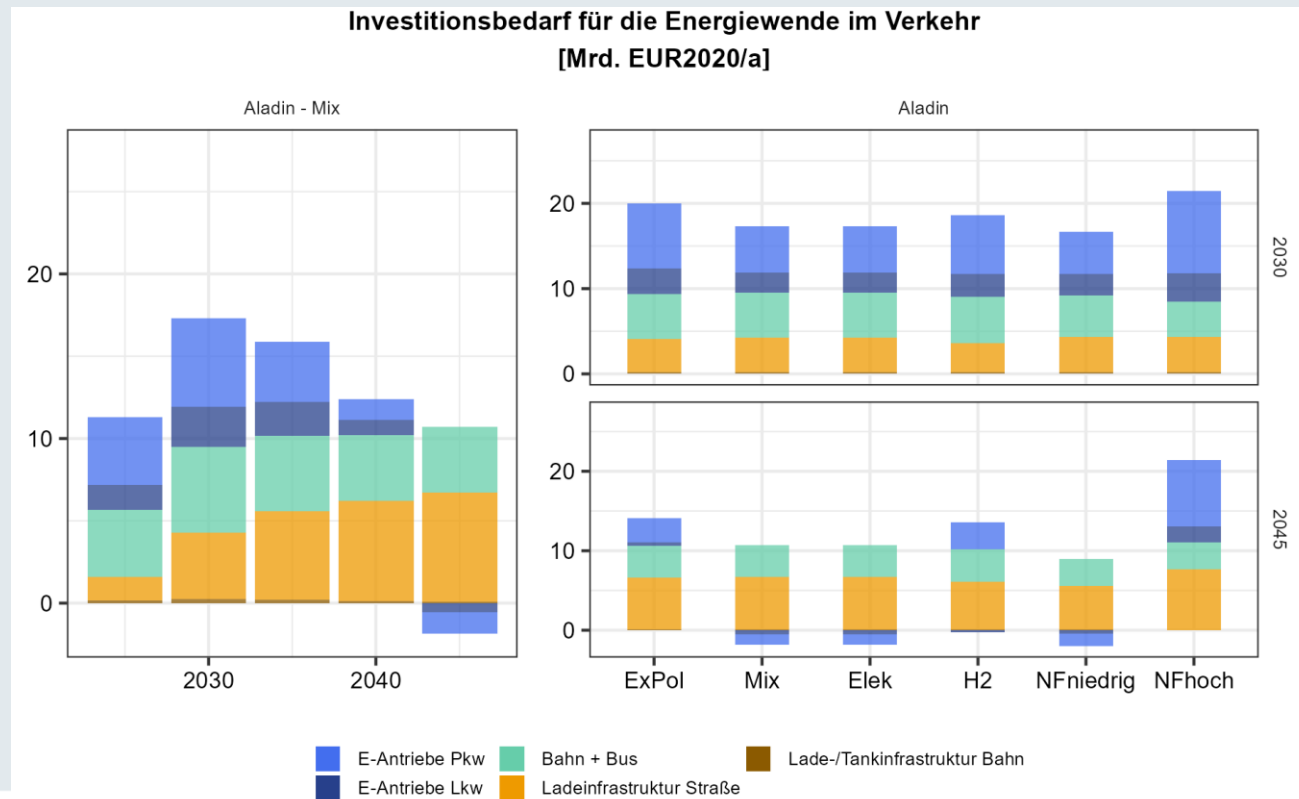


- › Gesamte Investitionen werden von Pkw- und Lkw-Verkäufen dominiert.
- › 2030 mit relevantem Anteil an elektrischen Fahrzeugen.
- › Lade- und H2-Tankinfrastruktur gegenüber Fahrzeuginvestitionen gering.

GEFÖRDERT VOM



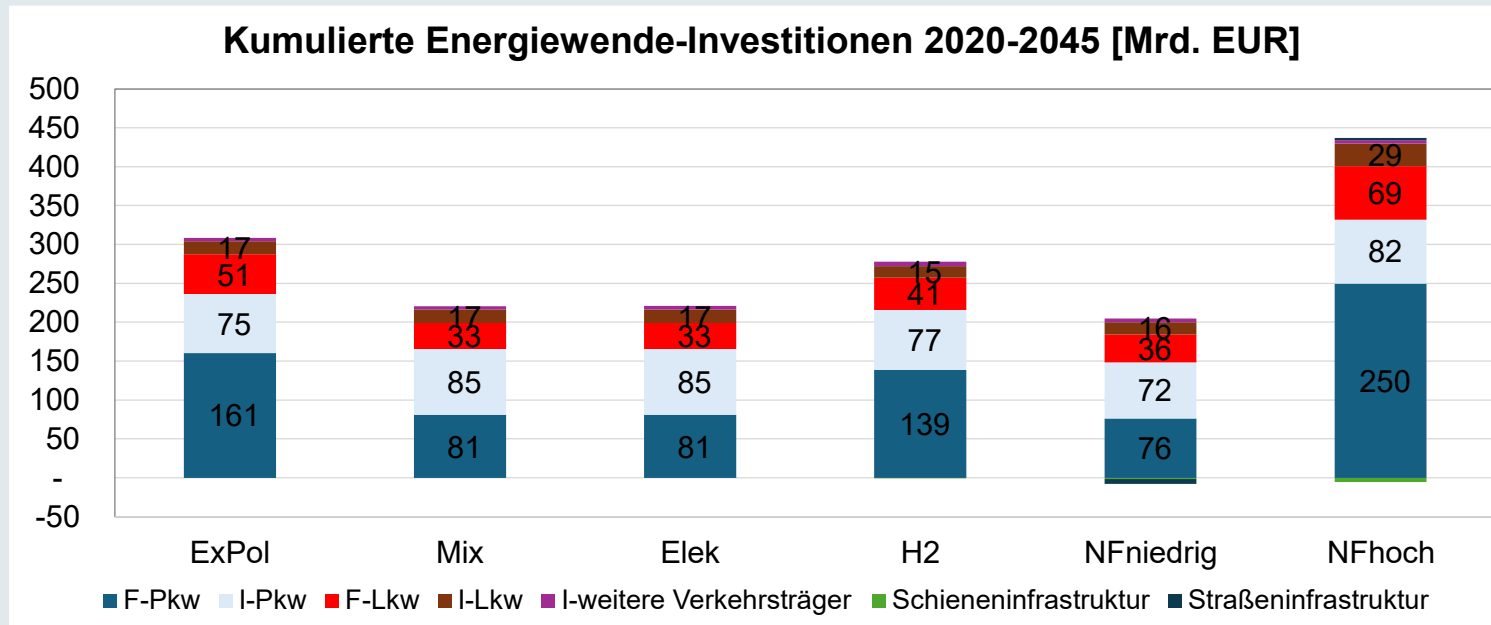
# DIE FÜR DIE ENERGIEWENDE NOTWENDIGEN ZUSÄTZLICHEN INVESTITIONEN IM VERKEHR BELAUFEN SICH AUF WENIGE MILLIARDEN EURO JÄHRLICH.



- › Differenz der Investitionen von alternativen Antrieben zu Verbrennern nimmt ab und ist langfristig negativ (d.h. Batterie-Pkw auch in Anschaffung günstiger).
- › Lade- und Tankinfrastruktur mit zunehmenden Anteilen in Abhängigkeit des Fahrzeugbestands.
- › Deutliche Unterschiede in Szenarien aufgrund unterschiedlicher Annahmen zu Technologiekosten (Batterie- und Brennstoffzellenpreise).

GEFÖRDERT VOM

# DIE INVESTITIONEN IN INFRASTRUKTUR TRAGEN EINEN GROßEN TEIL ZU DEN KUMULIERTEN ENERGIEWENDE-INVESTITIONEN IM VERKEHR BEI.



- › Infrastrukturinvestitionen nehmen an Relevanz zu (da Fahrzeuginvestitionen langfristig negativ).
- › Infrastruktur mit höheren Investitionsbedarfen (90-110 Mrd. €, also 3,5-4,5 Mrd. €/a).
- › Wegen heute schon hoher privatwirtschaftlicher Aktivität, vmtl. weniger als 1 Mrd. €/a vom Staat.

GEFÖRDERT VOM



# ZUSAMMENFASSUNG

1. Der Großteil des landgebundenen Verkehrs fährt 2045 elektrisch. Biogene und synthetische Kraftstoffe werden primär im See- und Luftverkehr eingesetzt. Wasserstoff ist unter günstigen Bedingungen für kleine Bereiche möglich.
2. Die Endenergienachfrage im Verkehr halbiert sich in fast allen Szenarien bis zum Jahr 2045. Dabei steigt der Anteil von Flug- und Schiffskraftstoffen klar (Anteil heute 20%, langfristig bis zu 50%).
3. Batterieelektrische Pkw haben bereits heute häufig einen Gesamtkostenvorteil. Mittelfristig, beispielsweise ab 2035, könnten auch die Investitionen in elektrische Fahrzeuge geringer ausfallen als die in einen entsprechenden Verbrenner-Pkw.
4. Investitionen in Infrastruktur (Ladesäulen etc.) sind notwendig, können jedoch zukünftig, aufgrund positiver Business Cases, zu großen Teilen privat getragen werden.

GEFÖRDERT VOM

**KOPERNIKUS**  
Ariadne **PROJEKTE**  
Die Zukunft unserer Energie



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# DANKE FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT!

*Autoren: Till Gnann, Daniel Speth, Fabio Frank, Patrick Plötz, Michael Krail, Clara Aulich*

*Kontakt: [till.gnann@isi.fraunhofer.de](mailto:till.gnann@isi.fraunhofer.de); [daniel.speth@isi.fraunhofer.de](mailto:daniel.speth@isi.fraunhofer.de)*



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

