

BATTERIEELEKTRISCHE MOBILITÄT BEI PKW UND LKW: STAND UND AUSBLICK

Prof. Dr. Martin Wietschel

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Webkonferenz am 22. Juni 2021 von 14:00 bis 17:00
„Die EU-Batterieverordnung: Ein Schlüssel für nachhaltige Batterien und die Mobilitätswende?“

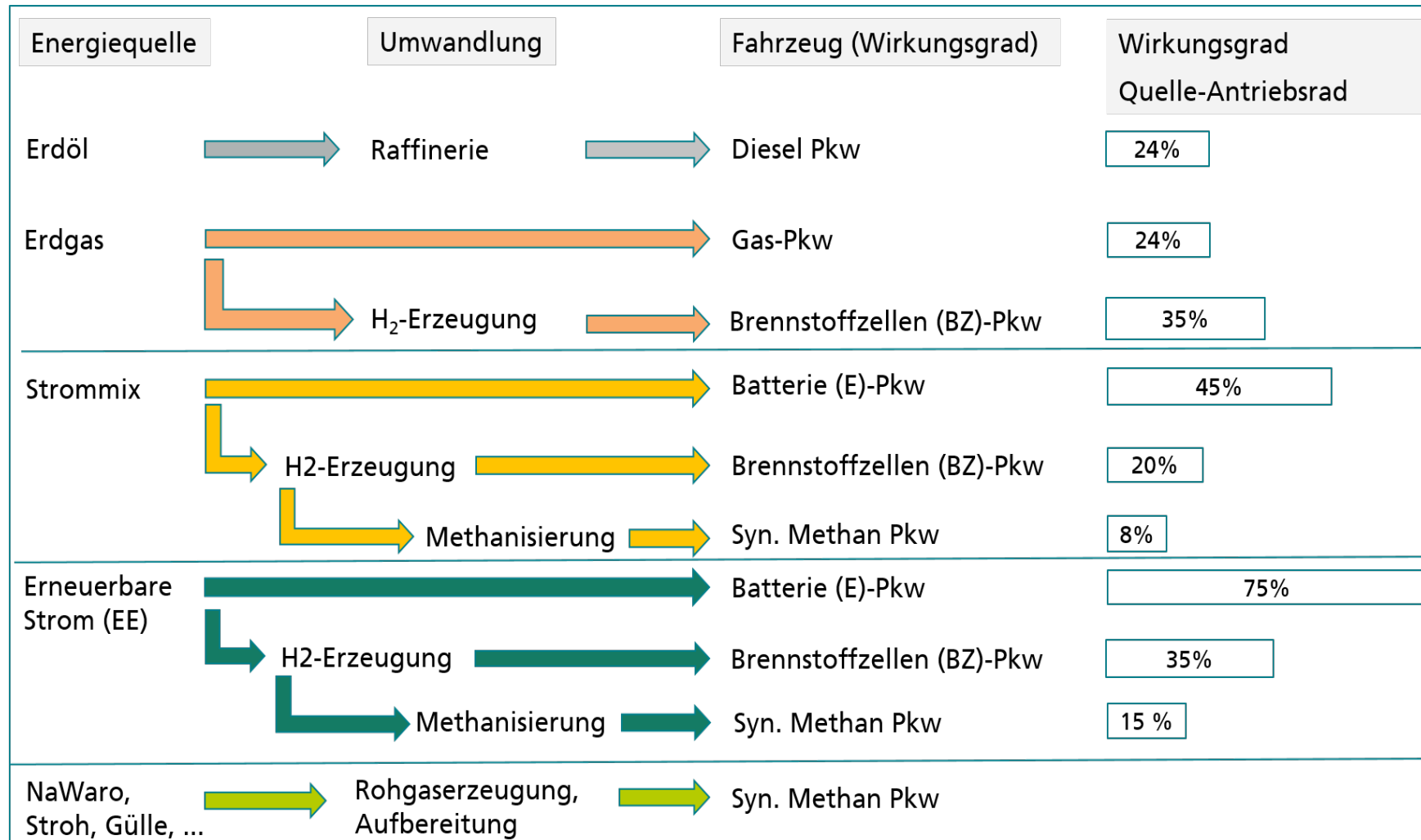


Zeichnungen: Heyko Stöber

Agenda

- Zur Effizienz der Antriebe
- Stand und Ausblick auf Pkw
 - Zur Ökologie
 - Zur Ökonomie
- Stand und Ausblick auf Lkw
- Schlussfolgerungen

Die einzelnen Kraftstoffe und Antriebssysteme weisen deutliche Unterschiede im Wirkungsgrad auf



- Effizienz ist wichtig
- Gerade unter der aktuellen Verschärfung der Klimaschutzziele
- Beim Import von Kraftstoffen fällt Effizienz weniger ins Gewicht
- Aber der notwendige Infrastrukturbedarf dafür ist gigantisch

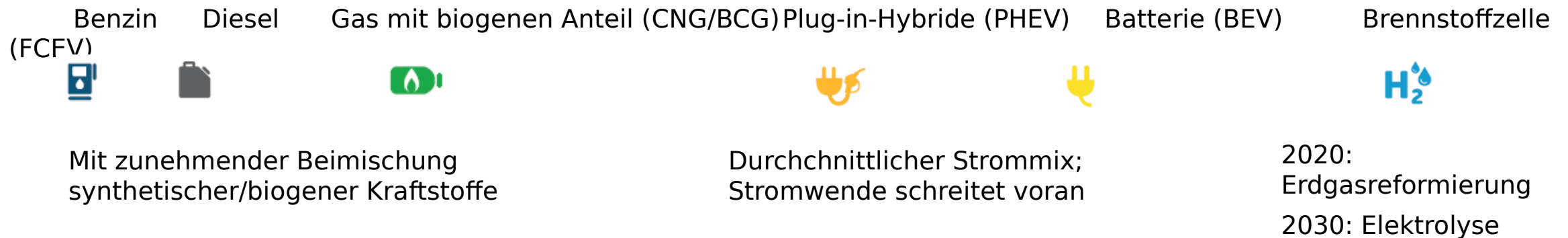
Agenda

- Zur Effizienz der Antriebe
- **Stand und Ausblick auf Pkw**
 - **Zur Ökologie**
 - Zur Ökonomie
- Stand und Ausblick auf Lkw
- Schlussfolgerungen

Eine Vielzahl an Optionen für PKW wird derzeit diskutiert

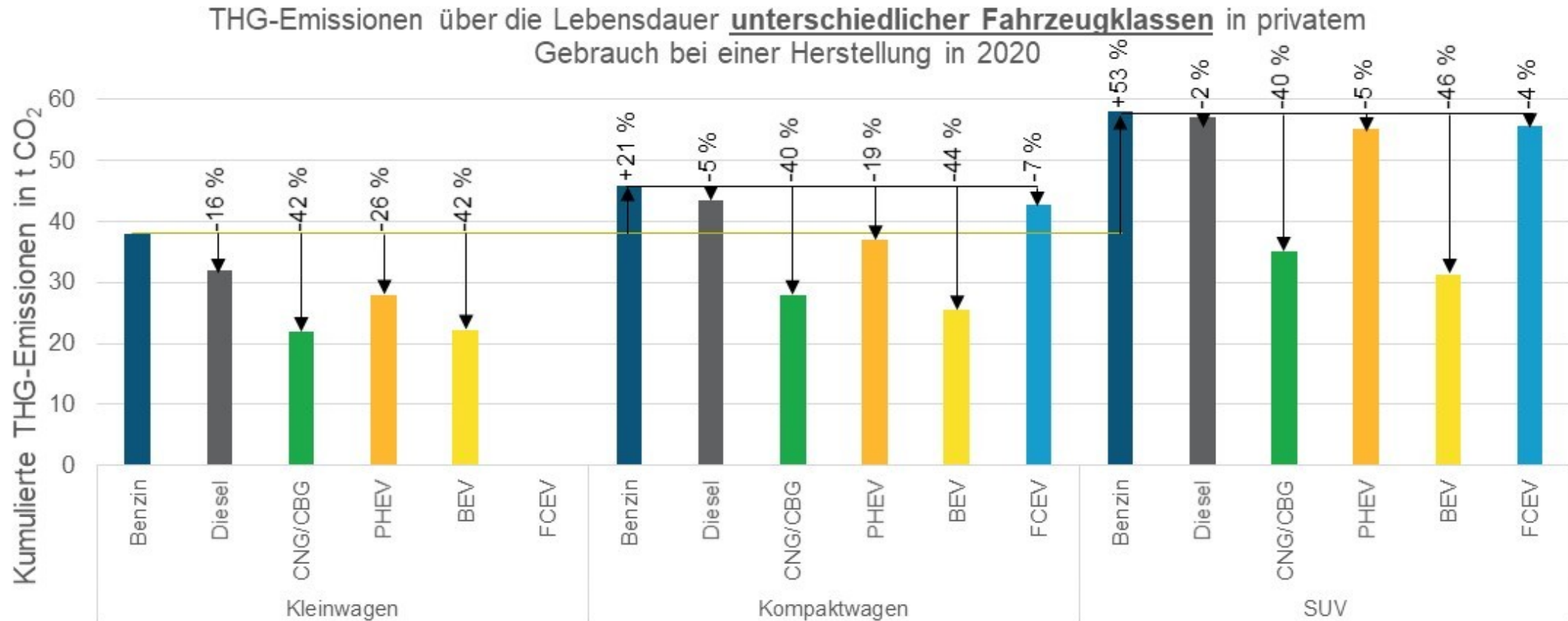
Differenzierung der betrachteten Kraftstoffe und Antriebssysteme

- Fahrzeugklassen: Kleinwagen, Kompaktwagen, SUV
 - 5 am häufigsten verkauften Fahrzeuge
 - Unterscheidungen: Masse, Leistung, Verbrauch, Batteriekapazität, elektrische Reichweite
- Antriebe (moderne vergleichbare Fahrzeuge):



- Fahrzeugnutzung in Deutschland

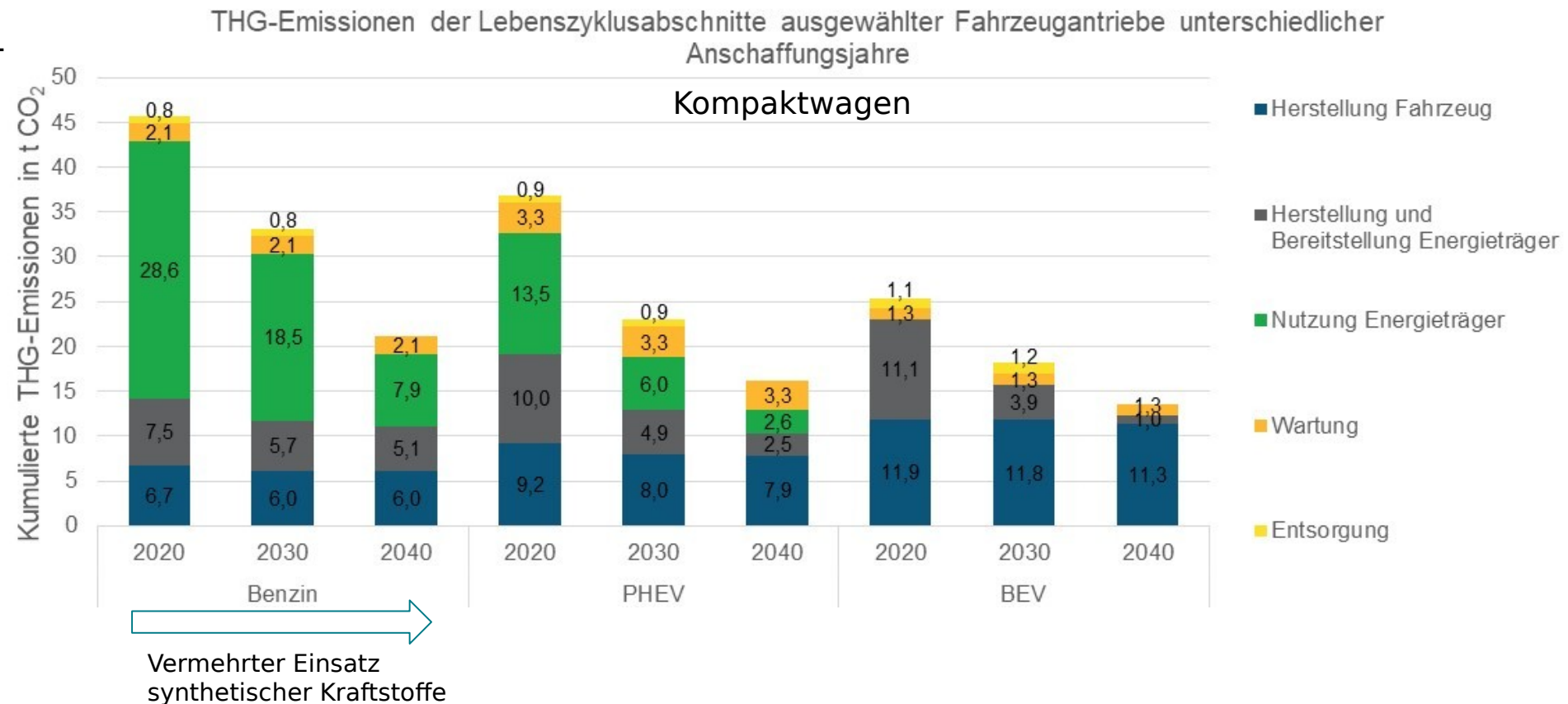
BEV schneiden heute bezüglich der Klimabilanz am besten ab



Quelle: BIT, Fraunhofer ISI und dena (2021): Pkw-Antriebe für die Zukunft: Ökonomische, ökologische und technische Effizienz im Vergleich; Studie im Auftrag des BMWi (Veröffentlichung in Vorbereitung)

Bei BEV wird die Klimabilanz wesentlich durch Batterie- und Stromherstellung bestimmt

- Langfristig: Für alle Alternativen wird Vermeidung von THG-Emissionen in der Herstellung wichtig
- Bei Batterien fallen zwischen 61-106 kg CO₂äq/kWh bei der Herstellung an¹⁾
Verbesserungen: Verwendung erneuerbaren Stroms oder Nutzung von Energieeffizienzpotenzialen
- Recycling und Zweitnutzung können die Bilanz bei Batterien weiter verbessern



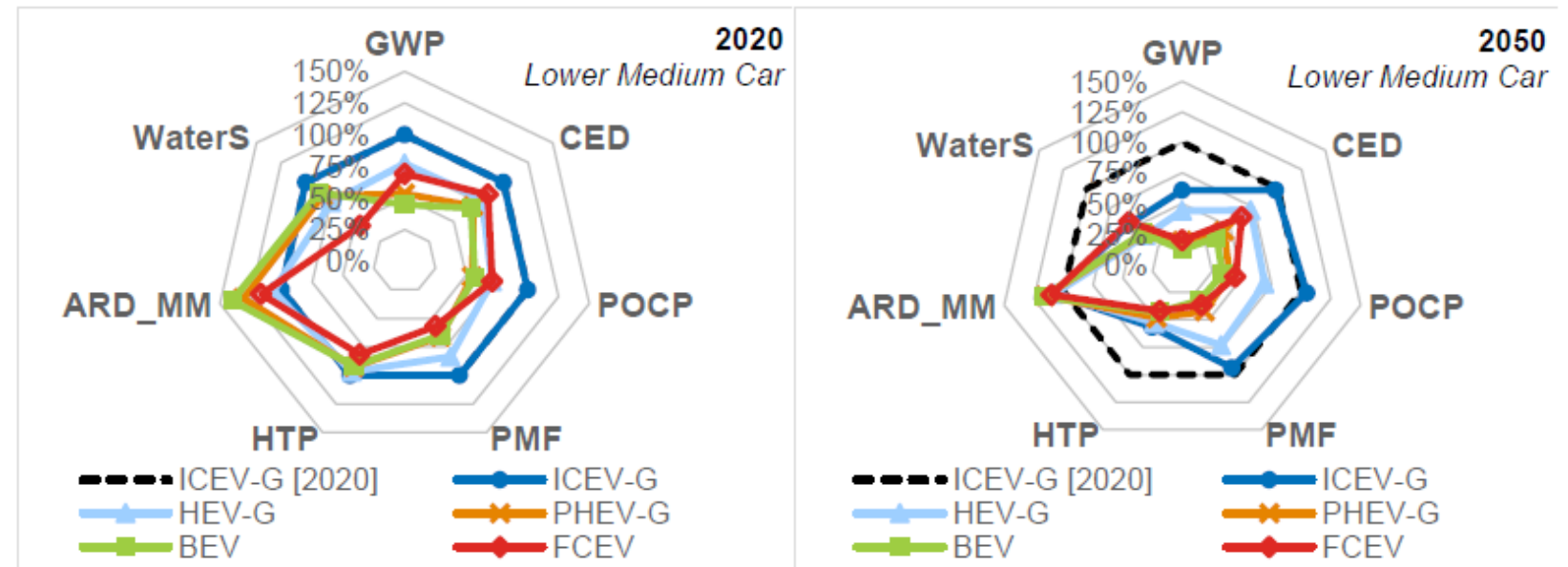
Quelle: BIT, Fraunhofer ISI und dena (2021): Pkw-Antriebe für die Zukunft: Ökonomische, ökologische und technische Effizienz im Vergleich; Studie im Auftrag des BMWi (Veröffentlichung in Vorbereitung)

Bei anderen Umweltbeeinträchtigungen ergibt sich ein heterogenes Bild

- BEV, PHEV und FCEV: kritisch bei nicht regenerativen abiotischer Ressourcenverbrauch, Mineralien und Metalle (ARD_MM) (insbesondere Kupfer und elektronische Komponenten), auch die Humantoxizität ist nicht besser.
- In allen anderen Umweltkategorien schneiden sie gut ab
- Synthetische Kraftstoffe haben nur einen nennenswerten Vorteil bei der Klimabilanz, wenn sie überwiegend aus Erneuerbarem Strom hergestellt werden; kritisch bleiben Flächen-, Wasser- und Energieverbrauch

Ökobilanz eines Kompakt-Pkw (für die EU28)

(Quelle EU (2020): Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA)

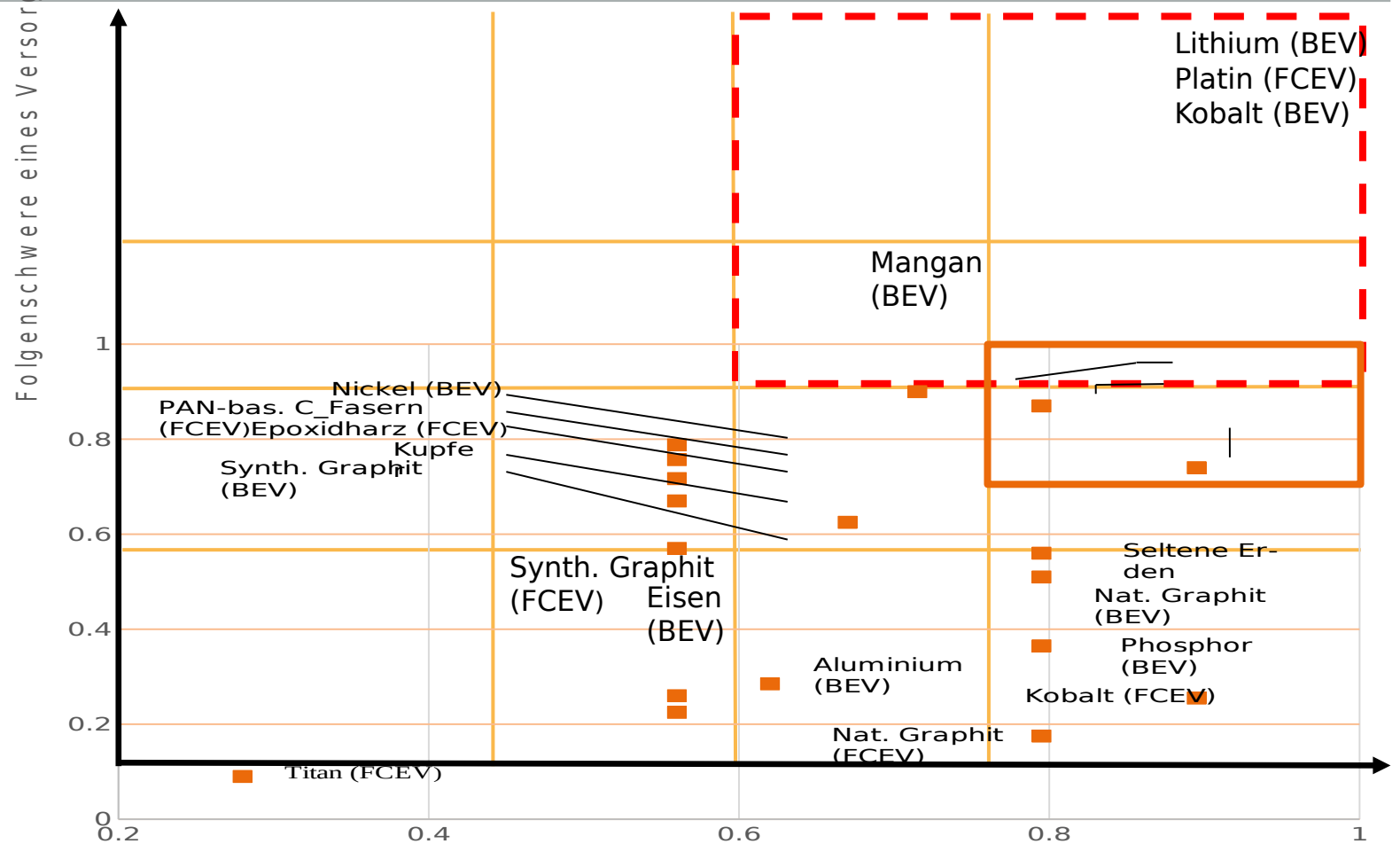


CED: Kumulierter Energieverbrauch
 POCP: Ozonvorläufer
 PMF: Feinstaub

HTP: Humantoxizität
 GWP: Klimaerwärmung

Es stellen sich Herausforderungen bei den Rohstoffen für BEV, PHEV und FCEV - Ein Show-Stopper ist aber nicht erkennbar

- Temporäre Lieferengpässe und geopolitisch neue Abhängigkeiten können entstehen
- Drohende Rohstoffverknappung kann entgegengewirkt werden:
 - Geringerer Materialeinsatz
 - Materialsubstitution
 - Recycling



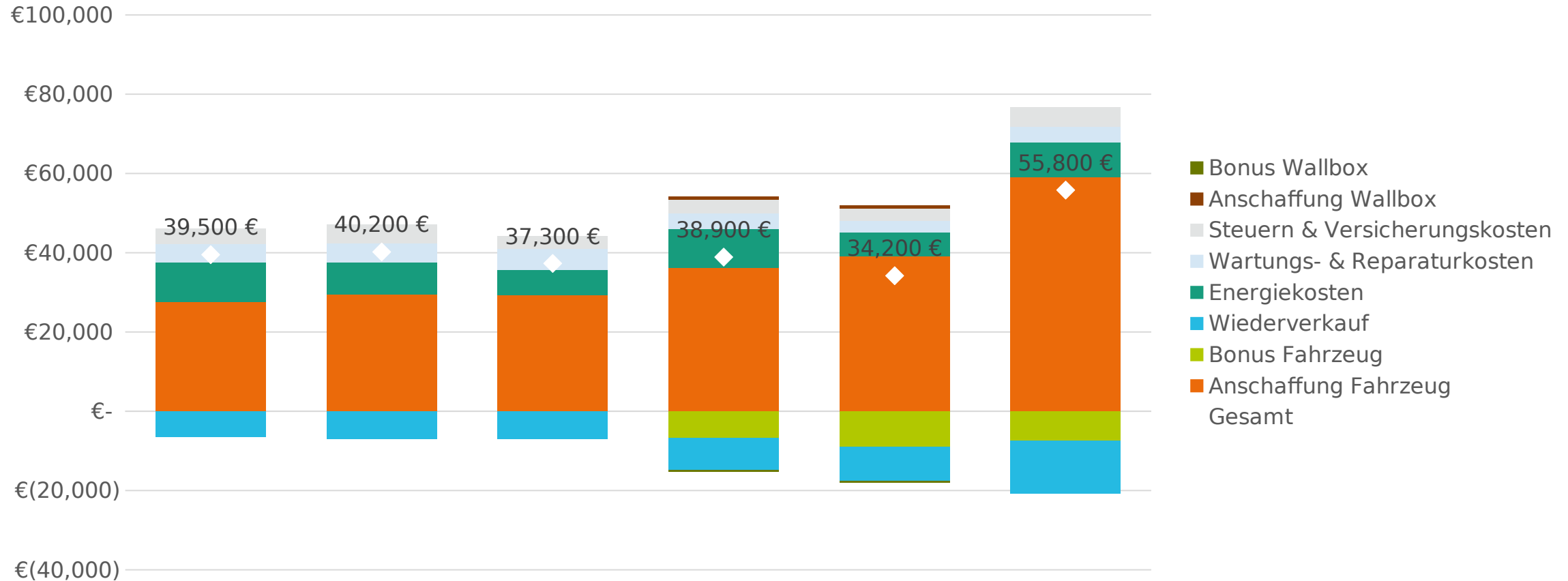
Ergebnisdarstellung der Kritikalitätsanalyse von Rohstoffen für Batterie- (BEV) und Brennstoffzellen-Elektrofahrzeuge (FCEV)

Agenda

- Zur Effizienz der Antriebe
- **Stand und Ausblick auf Pkw**
 - Zur Ökologie
 - **Zur Ökonomie**
- Stand und Ausblick auf Lkw
- Schlussfolgerungen

Einzelwirtschaftlich: In 2020 ist der BEV aufgrund starker Förderung am attraktivsten

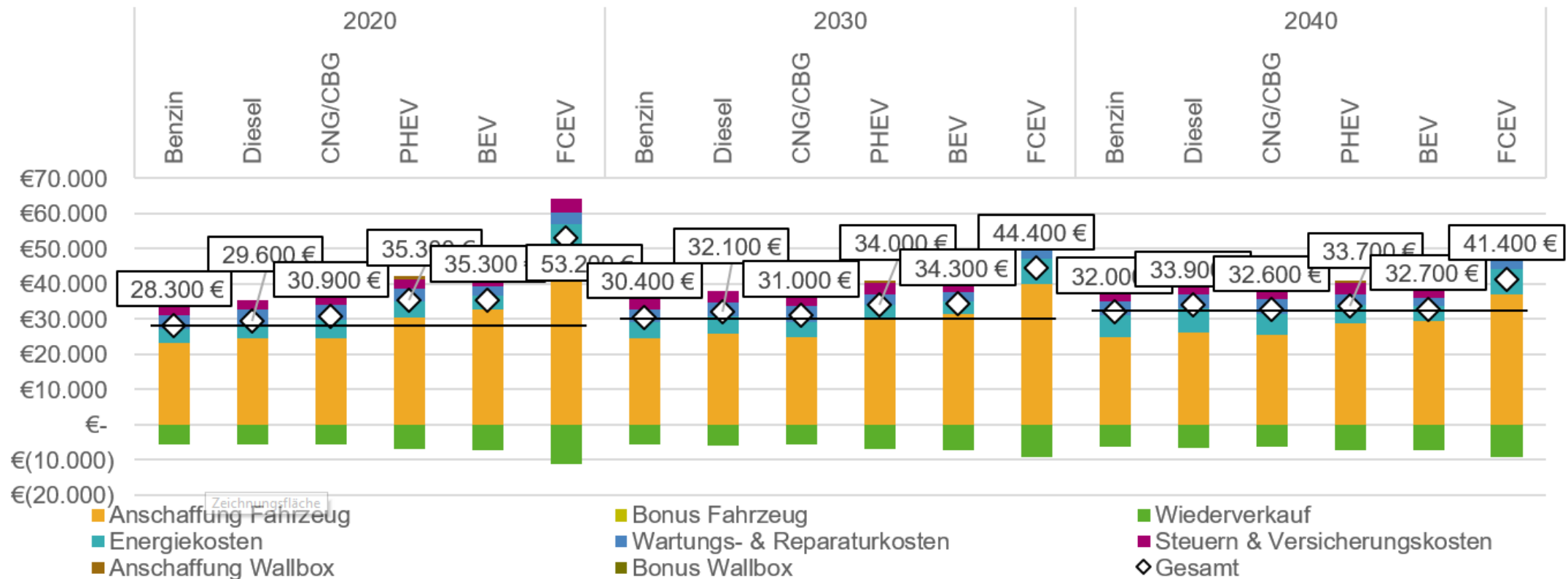
Vergleich mit allen Steuern, Abgaben und Förderungen für Kompakt-PKW



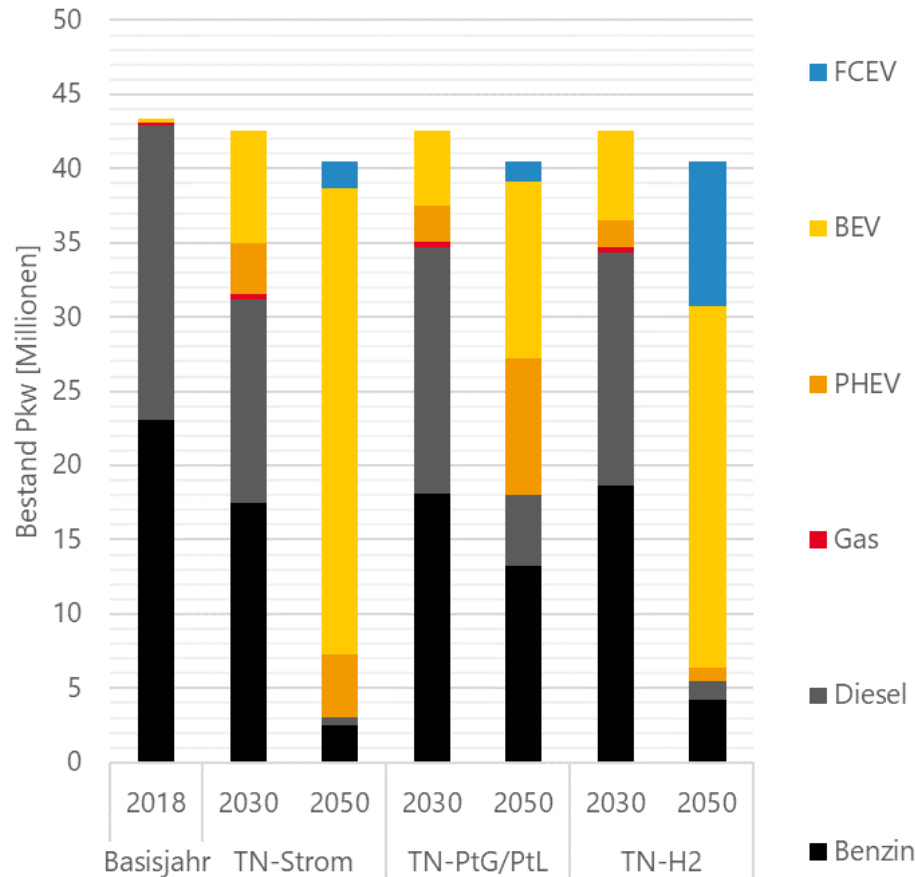
Quelle: dena, Fraunhofer ISI et al. (2021): Pkw-Antriebe für die Zukunft: Ökonomische, ökologische und technische Effizienz im Vergleich

Einzelwirtschaftlich und gesamtwirtschaftlich: Ab/um 2030 ist BEV wirtschaftlich ohne Förderung konkurrenzfähig

Vergleich ohne Steuern, Abgaben und Förderungen für Kompakt-PKW



Unter verschiedenen Szenarien: Elektrofahrzeuge dominieren, ergänzt um PHEV/FCFV



Szenarien: Treibhausgasneutralität (TN) mit Fokus auf Strom, oder grünem Wasserstoff, oder Power-to-Gas/Power-to-Liquid

Ergebnisse

- Elektrofahrzeuge stellen 2050 88 % (TN-Strom), 52 % (TN-PtG/PtL) oder 62 % (TN-H₂-G) des Pkw-Bestandes.
- Diesel- und Benzinfahrzeuge werden in den Szenarien TN-Strom und TN-H₂-G 2050 nicht neu zugelassen, es verbleiben jedoch kleine Restbestände.
- Brennstoffzellenfahrzeuge kommen längerfristig für Langstreckenfahrer in Frage, konkurrieren jedoch mit Plug-in Hybriden. Ihr Marktanteil ist aufgrund von Produktionskapazitäten unsicher.
- Der Endenergiebedarf geht um bis zu 70 % zurück.

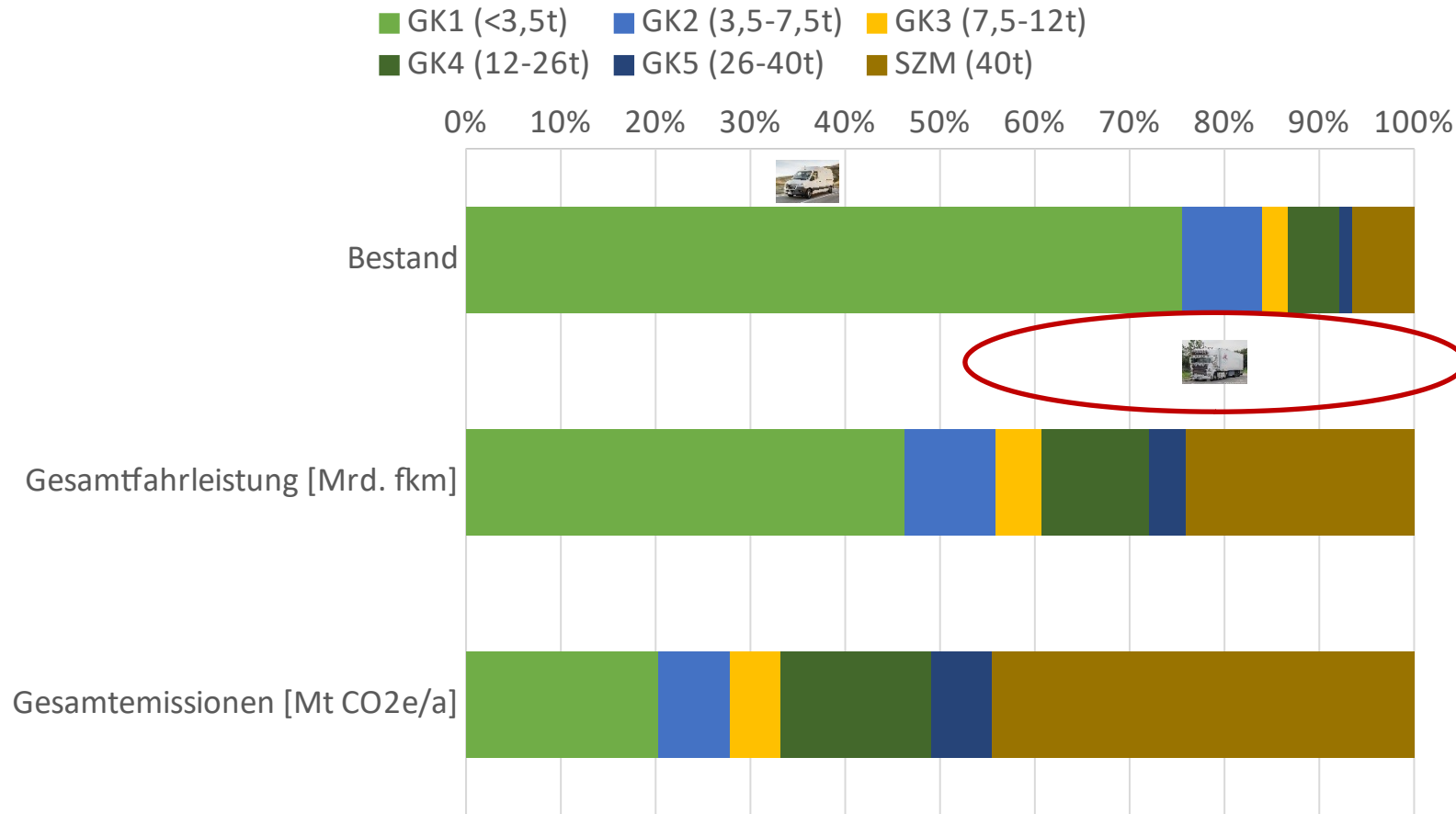
Einordnung

- Hoher Anteil batterieelektrischer Pkw auch unter verschiedenen Annahmen.

Agenda

- Zur Effizienz der Antriebe
- Stand und Ausblick auf Pkw
 - Zur Ökologie
 - Zur Ökonomie
- **Stand und Ausblick auf Lkw**
- Schlussfolgerungen

Der schwere Straßengüterverkehr rückt in das Zentrum der Dekarbonisierung des Verkehrs



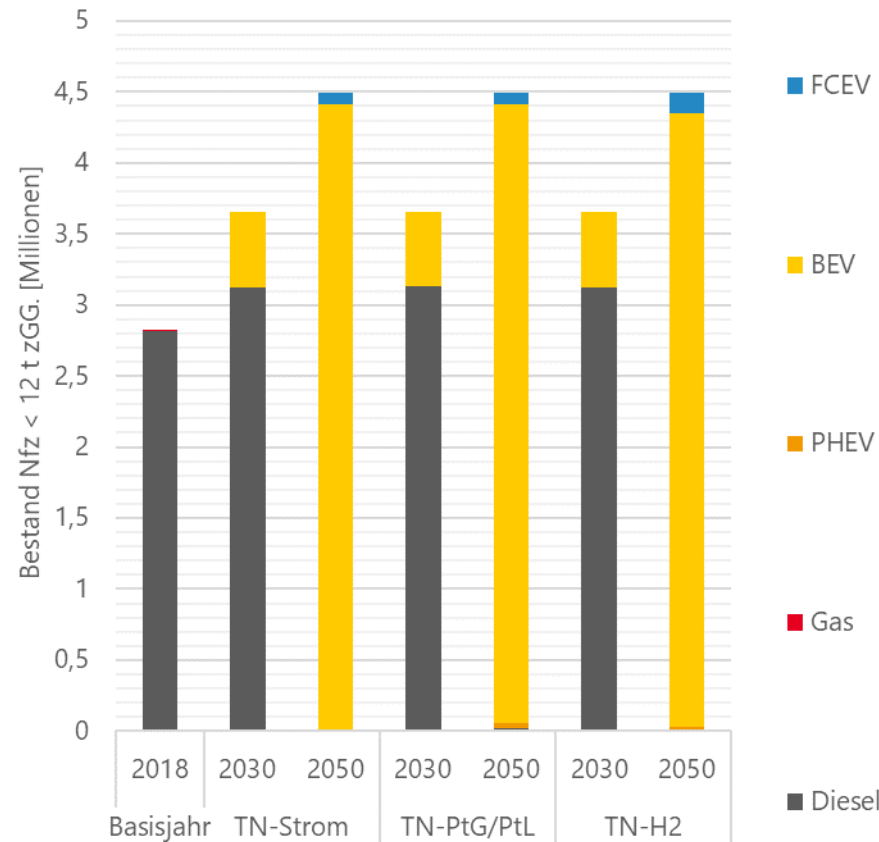
Lösungen für schwere Lkw:

- Batterien mit Megachargern
- Brennstoffzellen
- H2-Verbrennungsmotoren
- Oberleitungen
- Synthetische Kraftstoffe

Wesentliche Unterschiede zu PKW:

- Energiekosten spielen eine viel größere Rolle
- Effizienz bei Ökonomie und Ökologie noch bedeutsamer
- Erfüllung der Logistikaufgabe
- Risikoaversität bei Lkw-Nutzern

Leichte und mittlere Nutzfahrzeuge: Elektrofahrzeuge dominieren



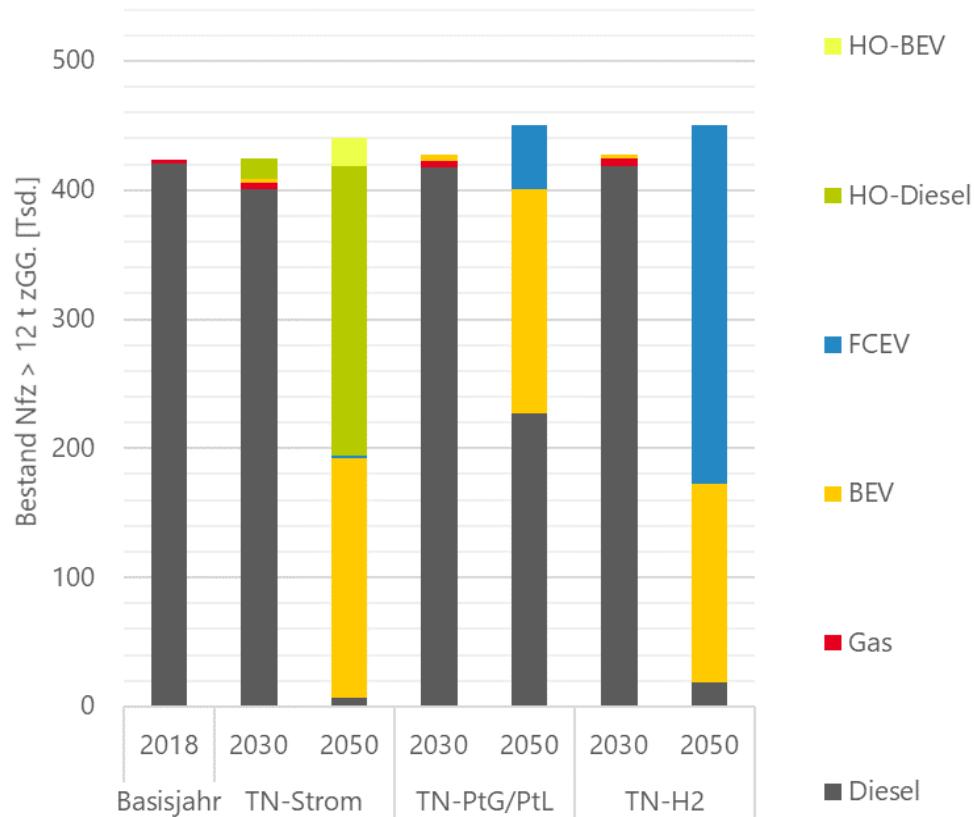
Einordnung

- Hoher Anteil batterieelektrischer Lkw auch unter verschiedenen Annahmen.
- Die Rolle von Wasserstofffahrzeugen hängt davon ab, ob Fahrzeuge auch bei kleinen Stückzahlen verfügbar sind.

Ergebnisse

- Langfristig nahezu vollständige Elektrifizierung in allen Szenarien, da hohe aber gleichmäßige Fahrleistung Amortisation der im Vergleich zum Diesel teureren batterieelektrischen Fahrzeuge begünstigt.
- Wasserstofffahrzeuge werden im Einzelfall bei hohen Reichweitenanforderungen genutzt.

Schwere Nutzfahrzeuge: Verfügbare Infrastruktur ist entscheidender Faktor für Antriebswahl in den Szenarien



Ergebnisse

- Bei schweren Nutzfahrzeugen dominieren operative Kosten: Wenn technisch möglich, ist Strom langfristig die günstigste Alternative.
- Der Langstreckenverkehr ist abhängig von der verfügbaren Infrastruktur, z.B. der Oberleitung im Szenario TN-Strom.
- Wasserstoff kann, falls Fahrzeuge in großer Stückzahl günstig angeboten werden, eine sinnvolle Alternative für die Langstrecke sein.

Einordnung

- Für das Szenario TN-H₂-G wurden massive Preisreduktionen auf Fahrzeugseite unterstellt.
- Oberleitungs-Lkw stehen im Szenario TN-Strom stellvertretend für elektrische Lkw mit Lademöglichkeit. Nur bei Nichtverfügbarkeit dieser Lösung (u.a. wegen Einführungshürden oder Akzeptanzproblemen) kommen andere Antriebsarten ins Spiel.

Agenda

- Zur Effizienz der Antriebe
- Stand und Ausblick auf Pkw
 - Zur Ökologie
 - Zur Ökonomie
- Stand und Ausblick auf Lkw
- **Schlussfolgerungen**

Schlussfolgerungen

PKW

- Aus heutiger Sicht werden aus ökonomischen und ökologischen Gründen batterieelektrische PKW in der Zukunft große Marktanteile gewinnen
- Ergänzt werden sie um Plug-in-Hybride und Brennstoffzellen-PKW
- Es existiert noch eine Reihe an Herausforderungen bei den Themen der Nachhaltigkeit (ökologische, soziale) dabei, aber ein Show-Stopper ist derzeit nicht erkennbar

Lkw

- Auch hier werden elektrische Lösungen (Batterie, Oberleitungs-Lkw) eine wichtige Rolle spielen
- Für andere Lösungen, insbesondere Wasserstoff-Lkw, ergeben sich ebenfalls relevante Potenziale
- Generell ist hier die Zukunft im Vergleich zu PKW noch offener

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!



Prof. Dr. Martin Wietschel
Leitung Geschäftsfeld Energiewirtschaft
Competence Center Energietechnologien und
Energiesysteme
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
ISI
Breslauer Straße 48 | 76139 Karlsruhe
Telefon +49 721 6809-254 | Fax +49 721 6809-2721
<mailto:martin.wietschel@isi.fraunhofer.de>
<http://www.isi.fraunhofer.de>