

Klimaneutralität und Kreislauffähigkeit - Lebenszyklusanalysen von elektrischen Fahrzeugen in IEA HEV Task 46

Gerfried JUNGMEIER

*IEA Vernetzungstreffen 2023 „Wissen für die Wende - Mobilität & Energie“
26. September 2023*

Austrian participation
financed by



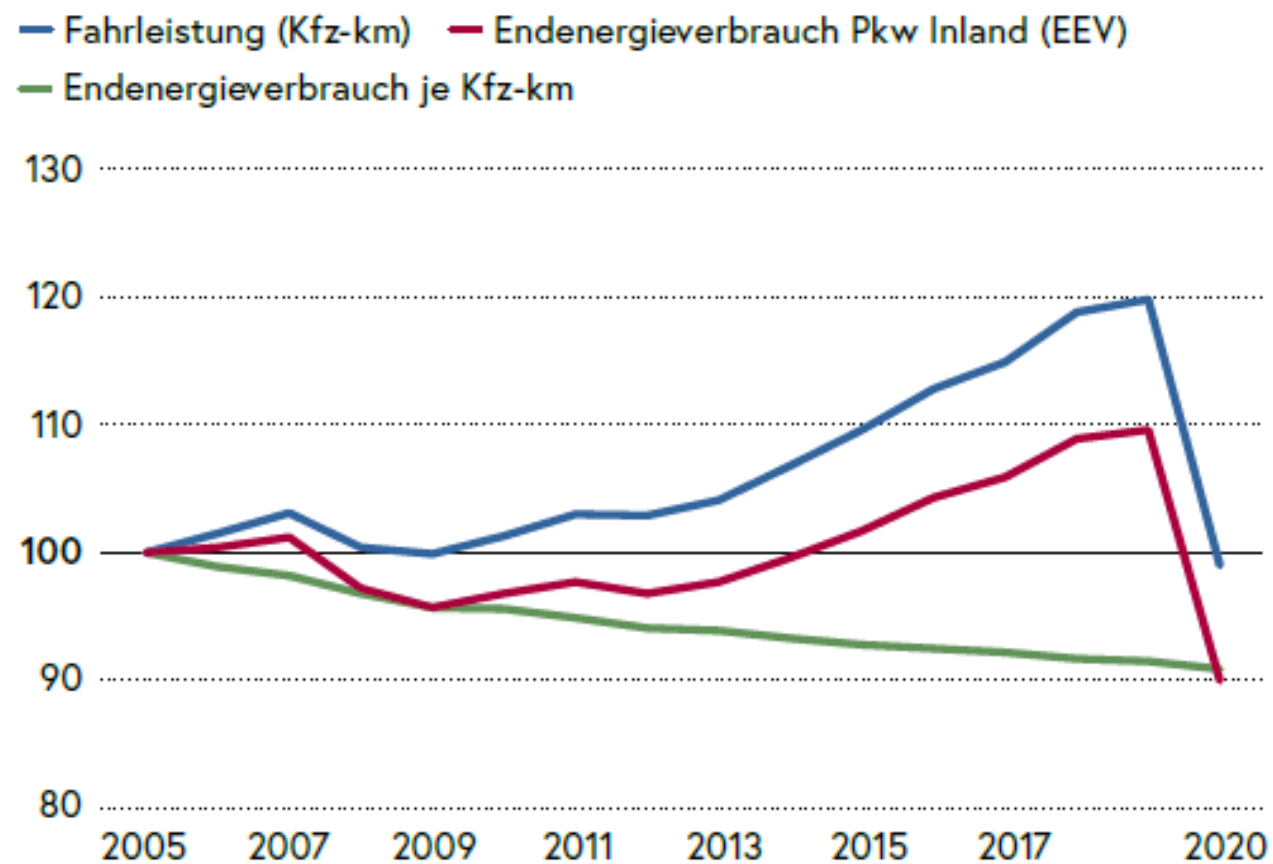
Zentrum für
Klima, Energie und Gesellschaft

Forschungsbereich:
Zukunftsfähige Energiesysteme und Lebensstile



Technologie-Entwicklung und Energiebedarf

$$\frac{\text{Energie}}{\text{Jahr}} = \frac{\text{Energie}}{\text{PKW} - \text{km}} * \frac{\text{PKW} - \text{km}}{\text{Jahr}}$$



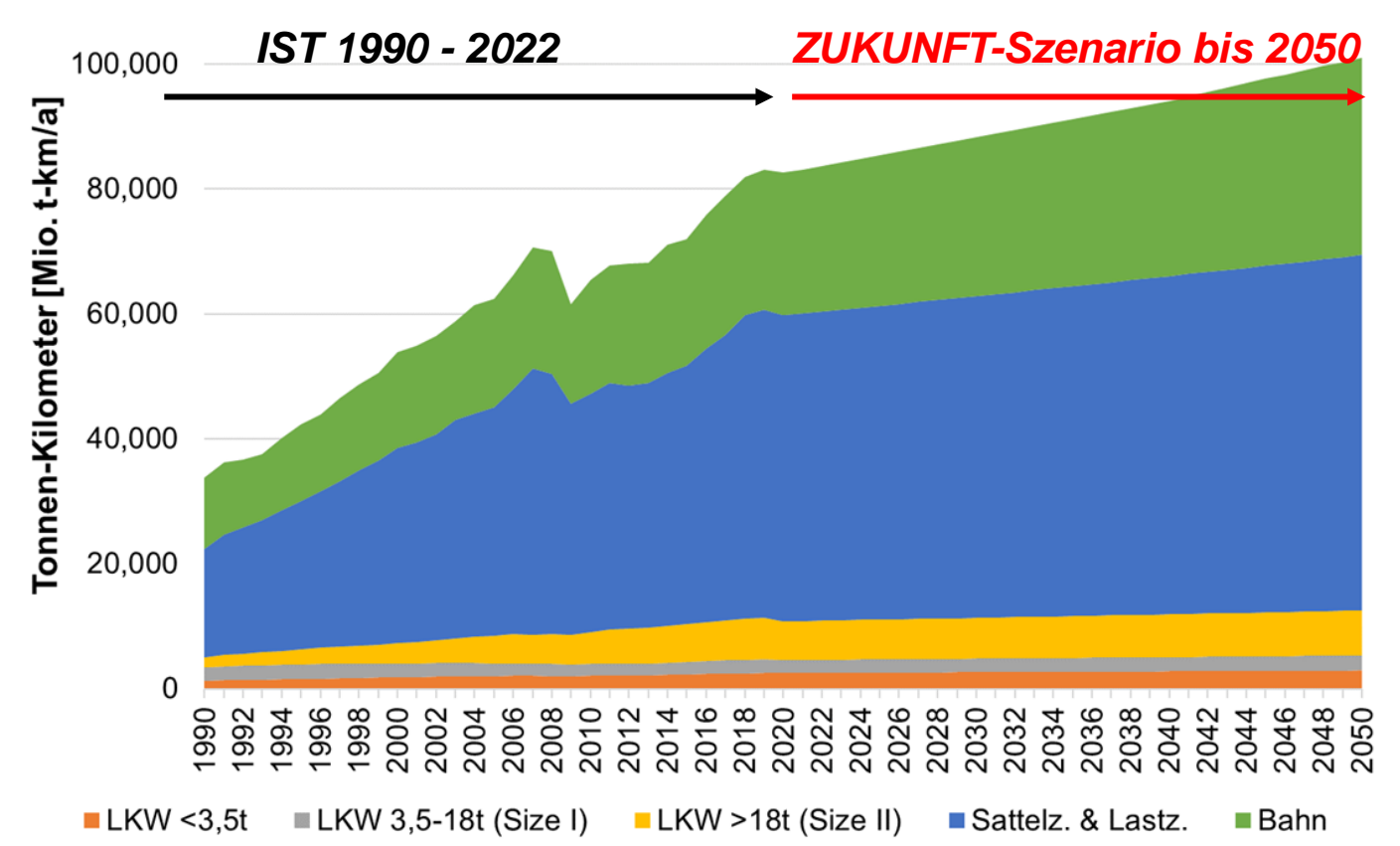
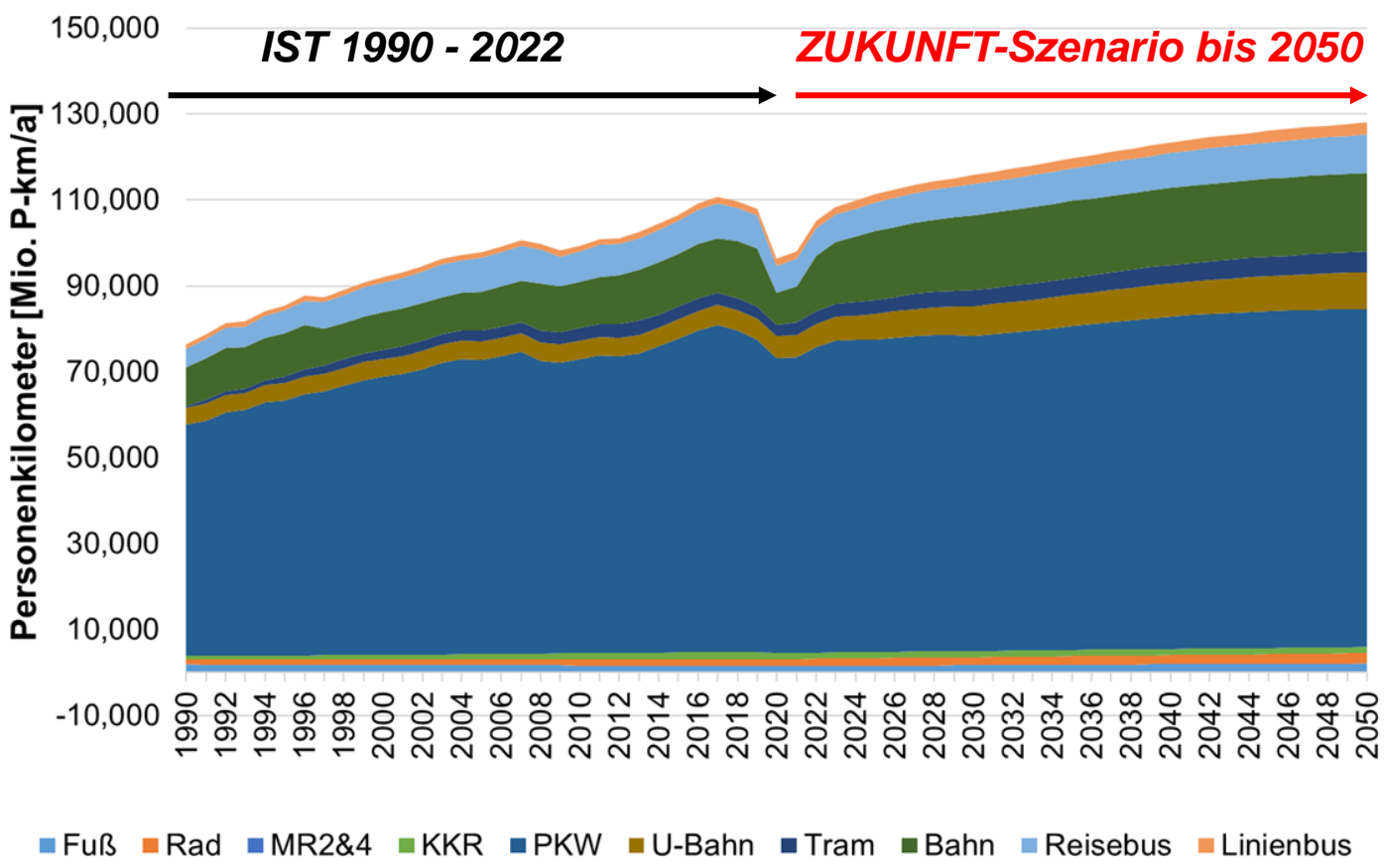
Quelle: Statistik Austria, Berechnungen Österreichische Energieagentur



Mögliche Entwicklung der Transportdienstleistung in Österreich

Personen-Kilometer

Tonnen-Kilometer



Szenario-Annahmen:

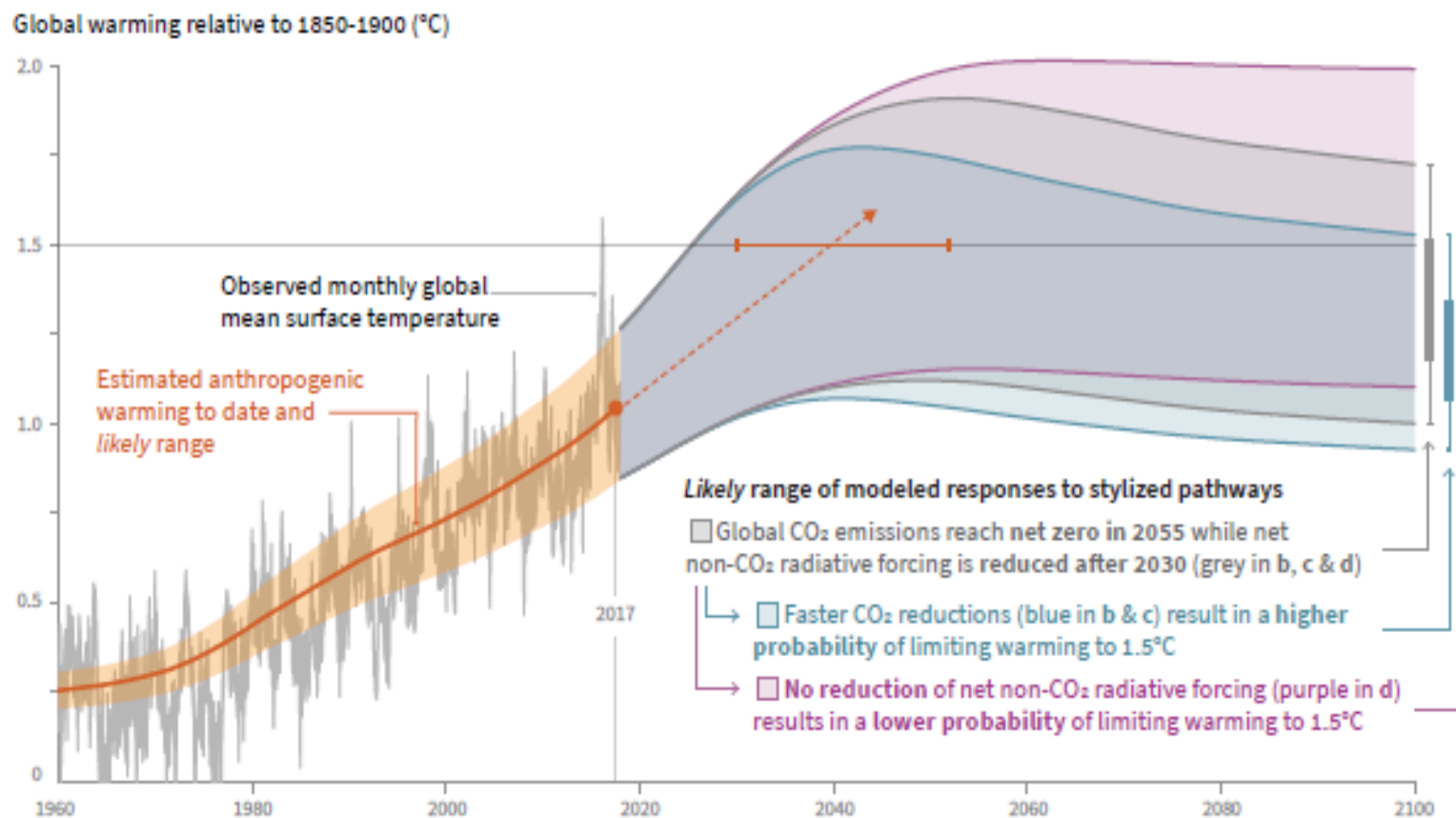
- Transportdienstleistungen gleich für alle Szenarien
- Jahreskilometer und Fzg.-Anzahl ab 2019 konstant für PKW, LNF, solo-LKW und SZG
- Bevölkerungswachstum: 8,9 auf 9,6 Mio. (2019–2050)

- Zunahme bzgl. 2020
 - Fußgänger: um 10% bis 2030 und 30% bis 2050
 - Radverkehr: um 15% bis 2030 und 40% bis 2050
 - ÖV: um 32% bis 2030 und 60% bis 2050
 - PKW-Besetzungsgrad (P/PKW): 1,15 (2019) auf 1,2 (2030) und 1,4 (2050)
 - Auslastung Gütertransport: Zunahme 0,5% pro Jahr ab 2021



Die Herausforderungen

Globaler Klimawandel



Kreislaufwirtschaft



Methoden zur Umweltbewertung

Es besteht internationaler Konsens,
dass die Umweltwirkungen von
Produkten und Dienstleistungen nur auf

Basis von Lebenszyklusanalysen

- Life Cycle Assessment (LCA) -

bewertet werden können:

d.h.

**Umweltauswirkung = Produktion + Nutzung +
Entsorgung/Verwertung**

Produktion

Anwendung

Rohstoff-
gewinnung

Recycling,
Entsorgung

Zusatz §:

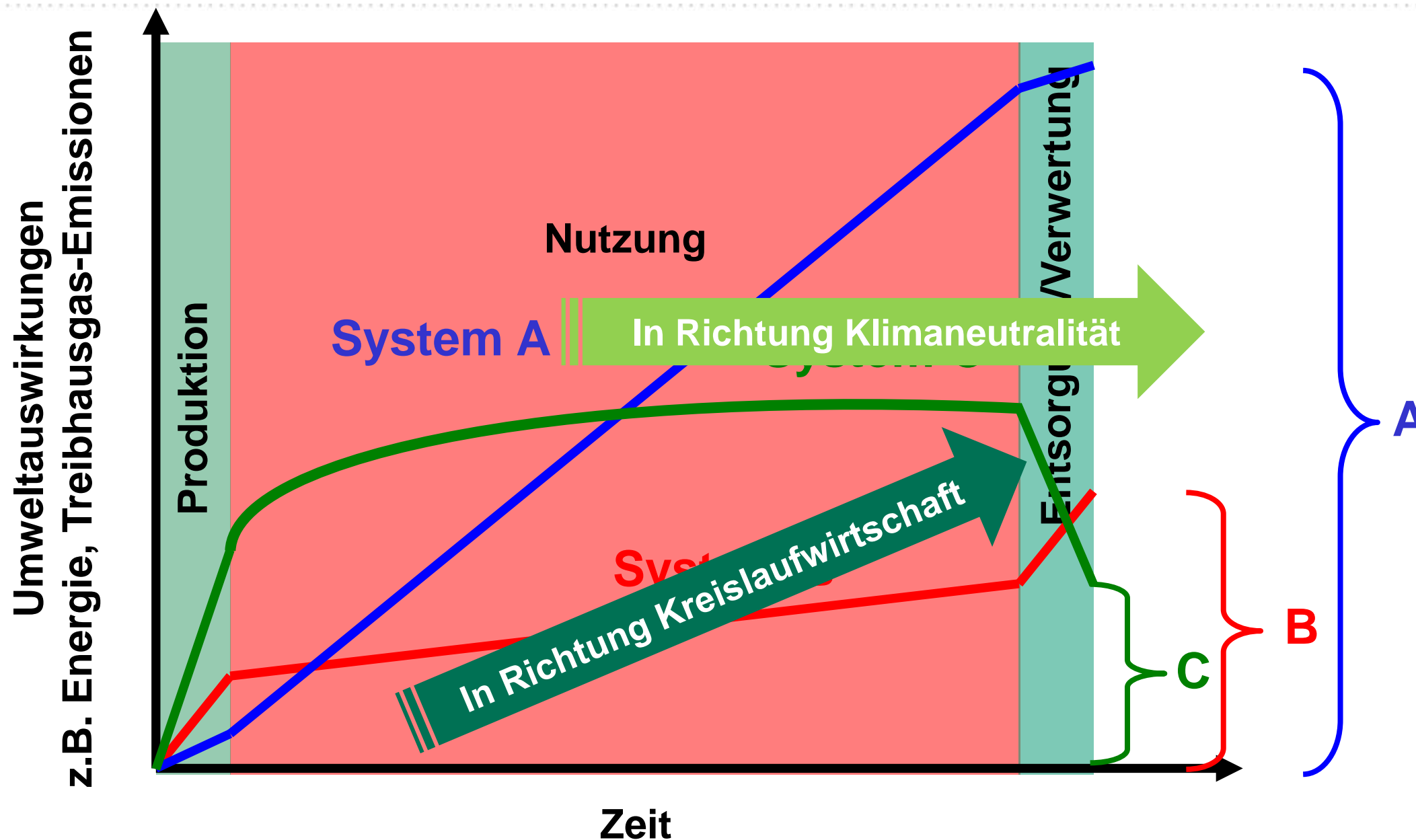
„Klimaneutralität“
und
„Kreislauffähigkeit“

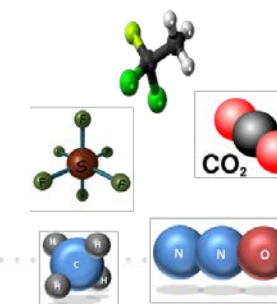
können nur in

dynamischer Lebenszyklusanalyse

in Abhängigkeit des
Betrachtungszeitpunktes
untersucht und bewertet werden.

Die drei Phasen im Lebenszyklus

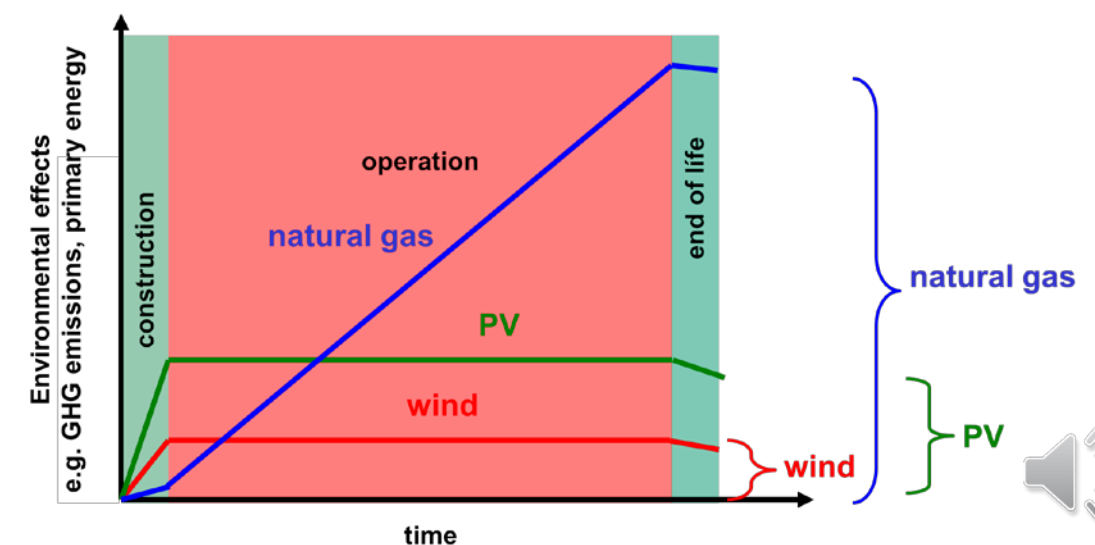




Klimaneutralität

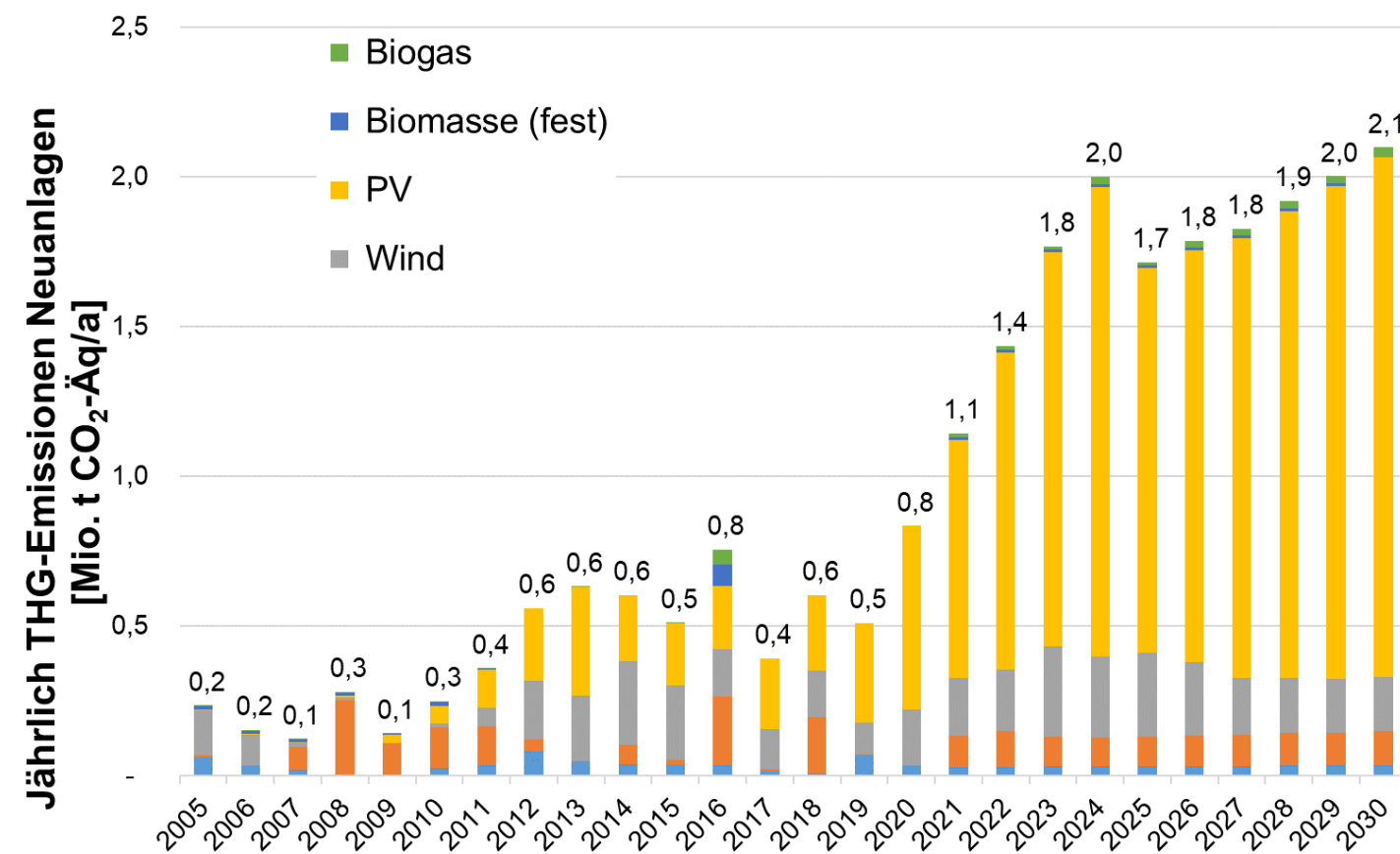
- Klimaneutralität = menschlichen Aktivitäten bewirken **keine Veränderung** der globalen Temperatur
- Produkt/Dienstleistung (z.B. Mobilität) ist „klimaneutral“, wenn im gesamten Lebenszyklus **keine Treibhausgas-Emissionen** (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, FCKW, etc.) anfallen
- Nicht vermeidbare **Treibhausgas-Emissionen** werden in anderen Bereichen dauerhaft und nachweislich **kompensiert** („Netto-Null“), z.B. dauerhafte CO₂-Bindung/Speicherung
- Berücksichtigung des **zeitliche Verlaufes** der Treibhausgas-Emissionen

→ Bewertung Klimaneutralität nur mit Methode der **dynamischen LCA** möglich!

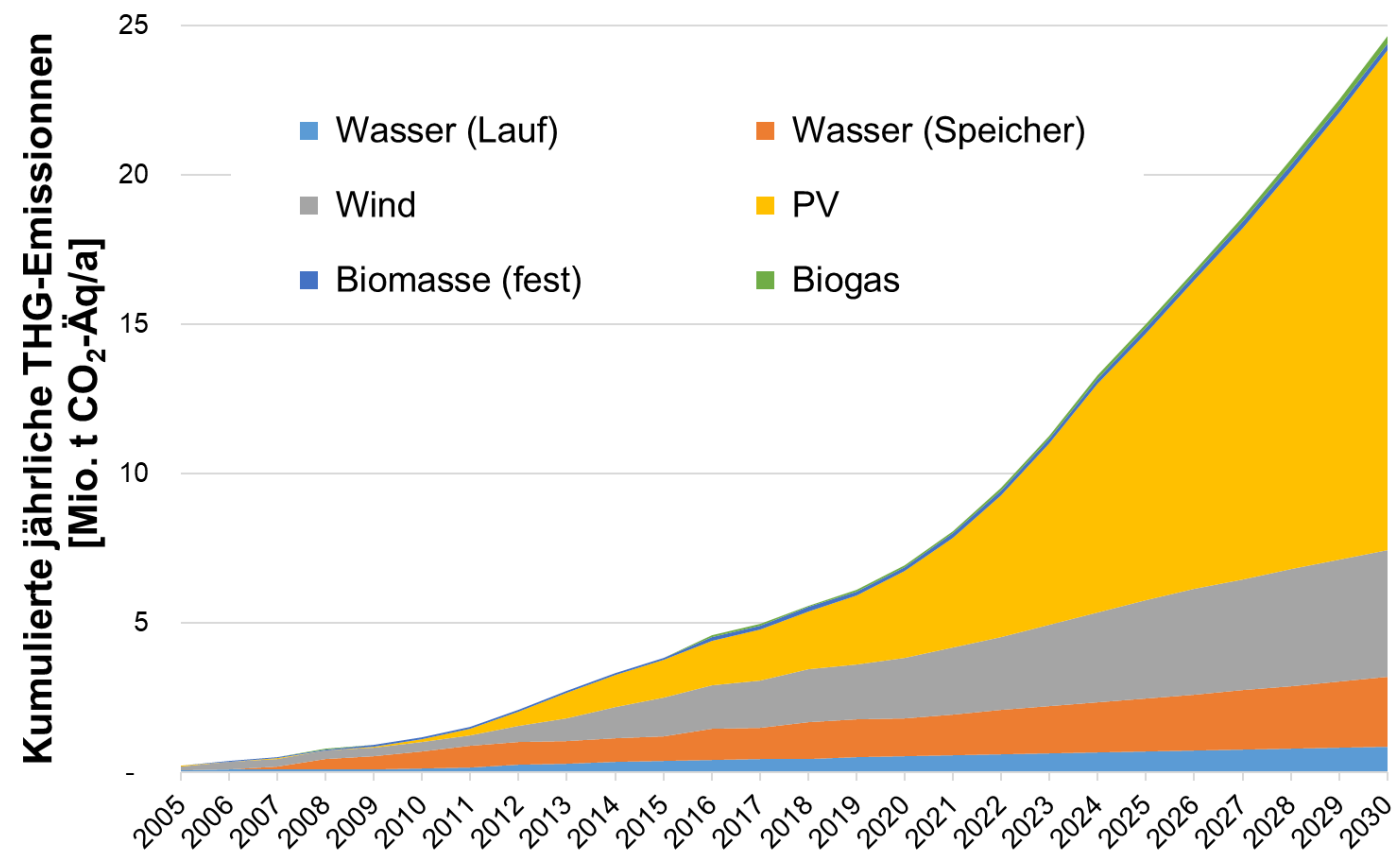


Gesamte THG-Emissionen: Ausbau erneuerbare Stromerzeugung in 2005 - 2030

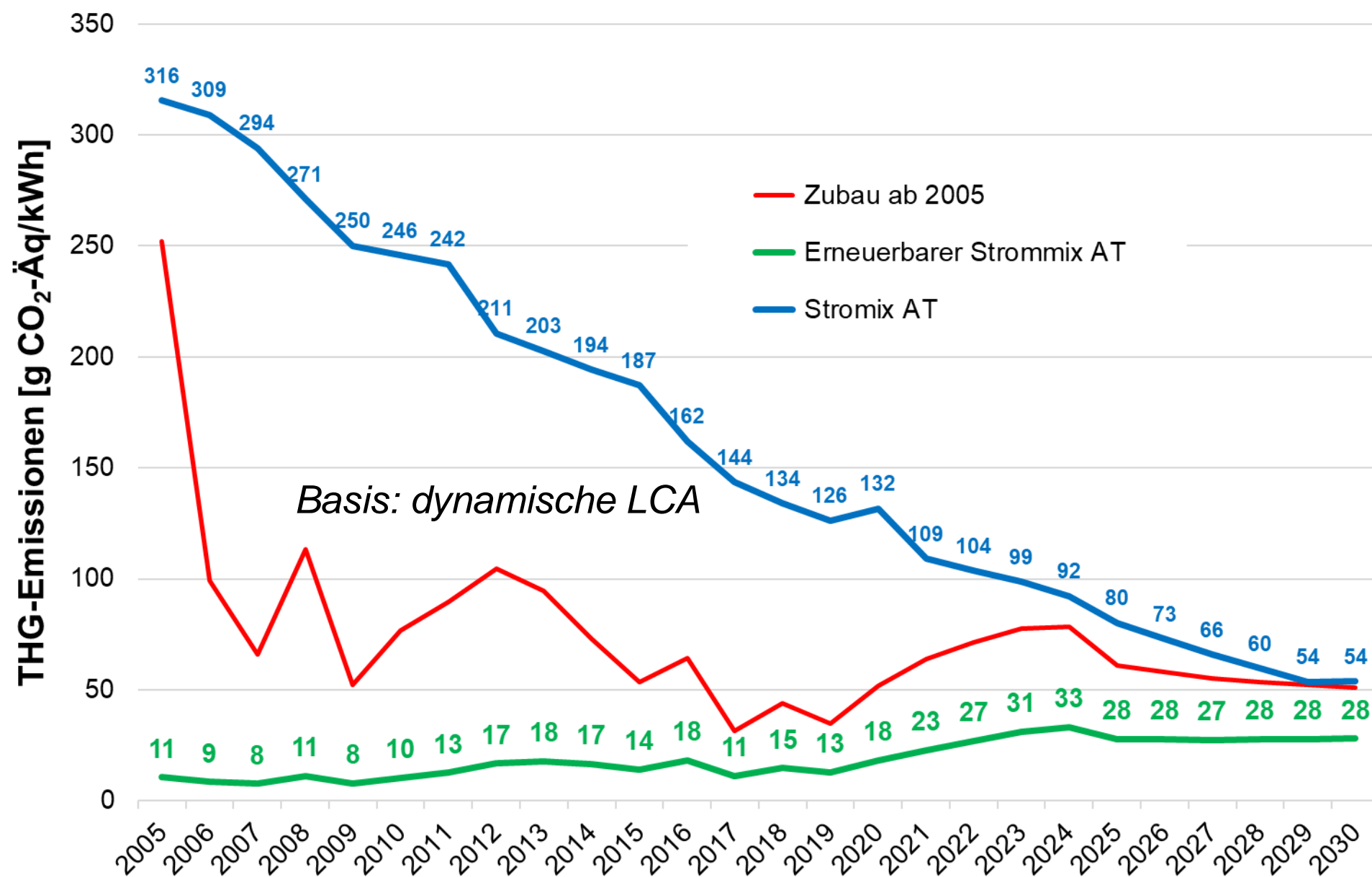
Jährlich
0,1 – 2,1 Mio. t CO₂-Äq



Kumuliert
23 – 25 Mio. t CO₂-Äq



Spezifische THG-Emissionen

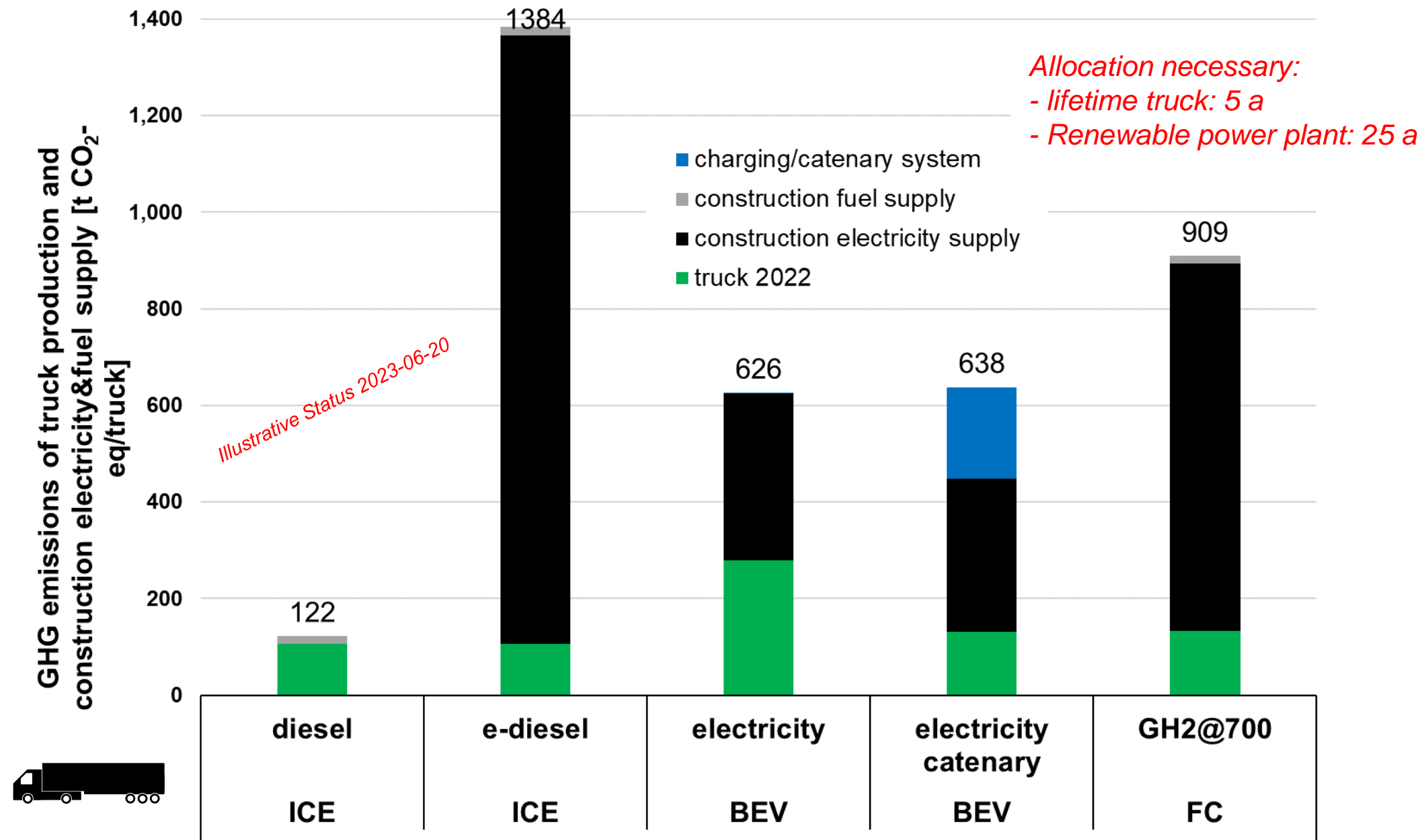


LCA Case Study Trucks: Goal & Scope and „Specialities“

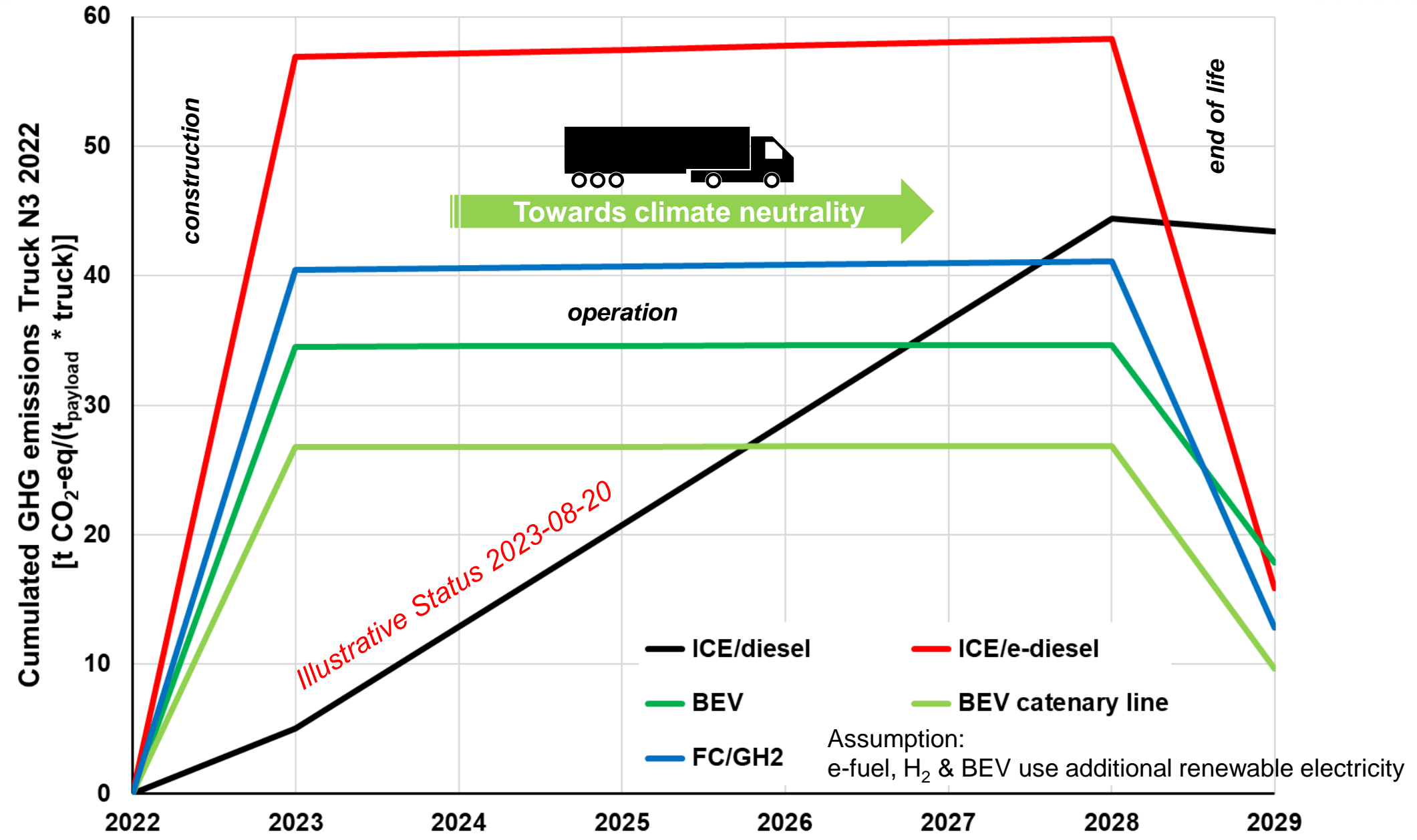
- **Aim:** Identify significant differences of environmental effects of trucks with different propulsion system/fuel for current (2023) and future state (2030+) of technology
- **Methodology:** dynamic life cycle assessment using generic global production data for materials
- **Systems:** Specification of Technology and systems with:
 - Trucks: N1 (< 3.5 t), N2 (3.5 t > 12 t) and N3 (< 16 t) e.g. delivery truck and heavy long-haul trucks, any other
 - Charging strategies, user profiles covered by typical driving cycles (weighting of urban rural and highway driving)
- **Fuels:**
 - Diesel
 - e-diesel from renewable electricity mix and CO₂
 - from air
 - concrete/steel production (if foreground data available)
 - Waste (if foreground data available)
 - H₂ with FC from renewable electricity mix: GH₂ @ 700 bar and LH₂
 - Electricity for BEV and Catenary truck:
 - Renewable electricity mix: 50% wind, 25% hydro and 25% PV
 - Sensitivity on country specific electricity mixes in 2022
 - CNG and e-CNG (if foreground data available)
 - e-MeOH with FC
- **Functional units:**
 - per truck-km
 - per t-km
- **Countries**
 - AT, CA, CH, DE, ES, NO, SK, TK, UK, US (HEV)
 - EU 27, JP, BR, CI (AMF)
 - Africa, South America
- **Impacts**
 - GWP (and perspectives towards climate neutrality)
 - primary energy demand
 - (Key) raw materials for trucks: LCI, abiotic depletion potential, scarcity
 - local emissions: NO_x and PM (focus on stack emissions of ICEs if foreground data available)
 - Circularity (testing of ideas)
- **Based on**
 - WtW of Heavy Duty Vehicle Evaluation from IEA TCP-HEV Task41 & AMF Annex 57
 - LCI data from Argonne for vehicle production and EoL, e.g. material mix of components
- **Documentation**
 - Slide show
 - Summary
- **Timing:** finalisation end of 2023
- **Electricity mix**
 - Initial focus on **renewable electricity mix** (PV, wind, hydro)
 - Installation of additional renewable electricity generation in „**production phase**“ of truck, reflecting different lifetimes
 - **Infrastructure for charging and catenary lines**
 - Additional reflecting changing in national electricity mix between 2022 – 2030 during lifetime of truck (5 – 6 years)
- **Specialities**
 - Initial reflection of „**climate neutrality**“ (GWP=0!)
 - Initial ideas and testing on „**circularity**“
 - Identify **significant differences** between electricity, hydrogen and e-fuels
 - Discussion of definition/setting of **estimated ranges**
 - Focus on significant differences
 - Testing of **communication** of estimated ranges



GHG Emissions of Truck Production and Facilities for Renewable Electricity & Fuel Supply



Cumulated GHG-Emissions over Lifetime



Fahrzeugflotte in Österreich: Parameter für zwei Szenarien: „BEV“ und „WAM“

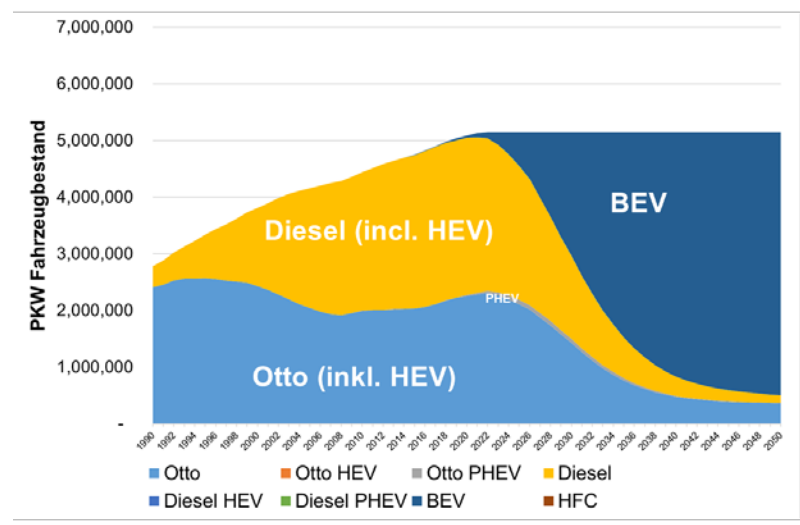


- **WAM-Szenario:** nach UBA und BMK (Stand 2023)
- **BEV-Szenario**
 - **THG Reduktionsziele**
 - 2030: Österreich 48% Reduktion (vergl. 2005)
 - 2040: Österreich „klimaneutraler“ Verkehrssektor
 - 2050: EU und USA klimaneutral
 - 2060: Rest der Welt klimaneutral
 - **Flotten-Modellierung** mit NEMO (Network Emission Model) der OLI (Österreichische Luftschadstoff-Inventur)
 - **Unterschiedliche Anteile der Neuzulassungen** ab 2022: BEV und ICE/PHEV
 - Nur **österreichische Fahrzeuge** (ohne „Tanktourismus“)
 - **Jahreskilometer:** konstant ab 2022 (außer ÖV)
 - **Fahrzeugflotte:** konstant ab 2022
 - **alle Fahrzeugkategorien:** PKW, LNF, Solo-LKW, SZG, Linien-&Reisebusse, Motorräder, (U-)Bahn, Tram (Außer Schiffe, Flugzeuge, Off-road-Fahrzeuge)
- **Erneuerbarer Strom** für BEV & WAM: Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung in Österreich bzw. Ausland integriert in bestehende erneuerbare Stromerzeugung
- **Menge Biotreibstoffe:** bleibt etwa konstant ab 2020
- **Kooperation**
 - JOANNEUM RESEARCH (LCA & Modellierung)
 - Graz University of Technology (Fahrzeugflotten)
 - IEA HEV Task 30&46 (Mitarbeit Methode)

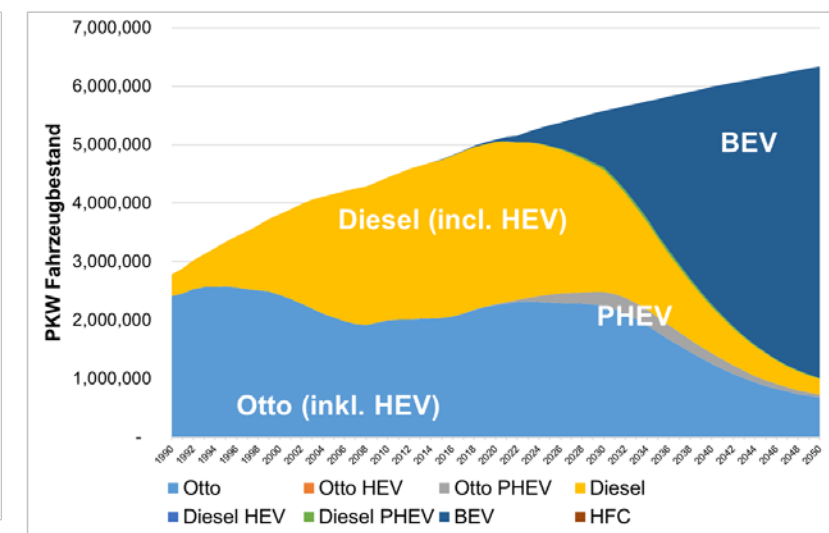
Modellierung mit Flottenmodell und dynamischer LCA

Entwicklung Fahrzeugbestand

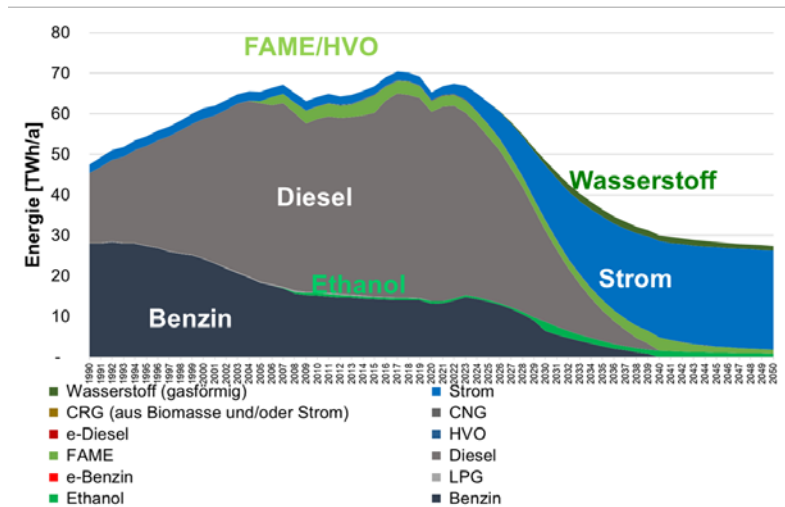
BEV-Szenario



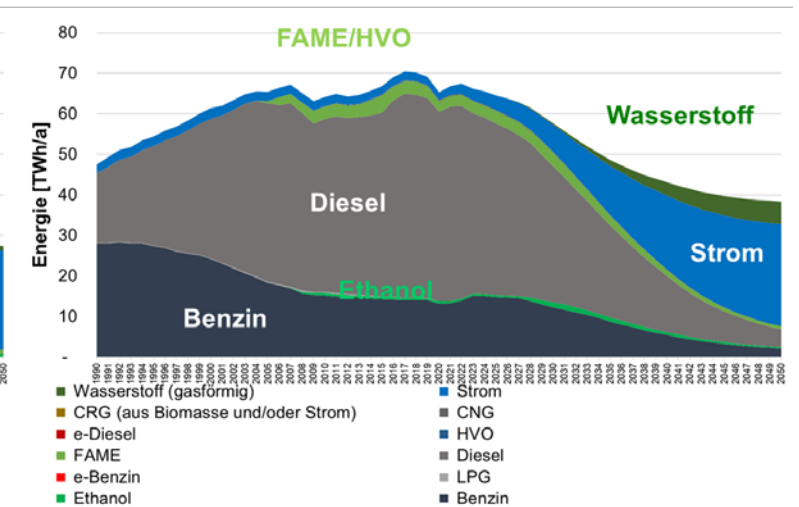
WAM-Szenario



BEV-Szenario



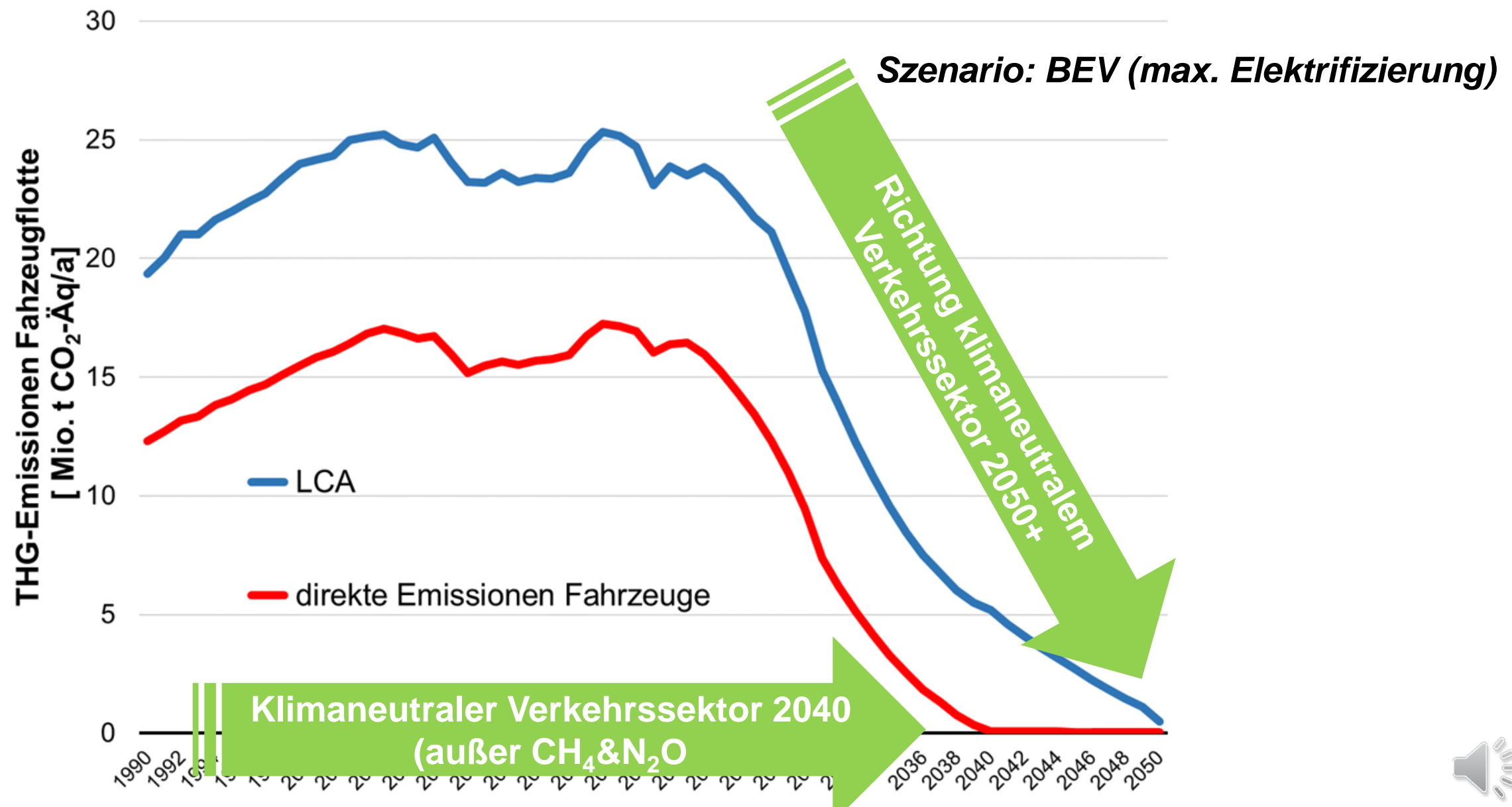
WAM-Szenario



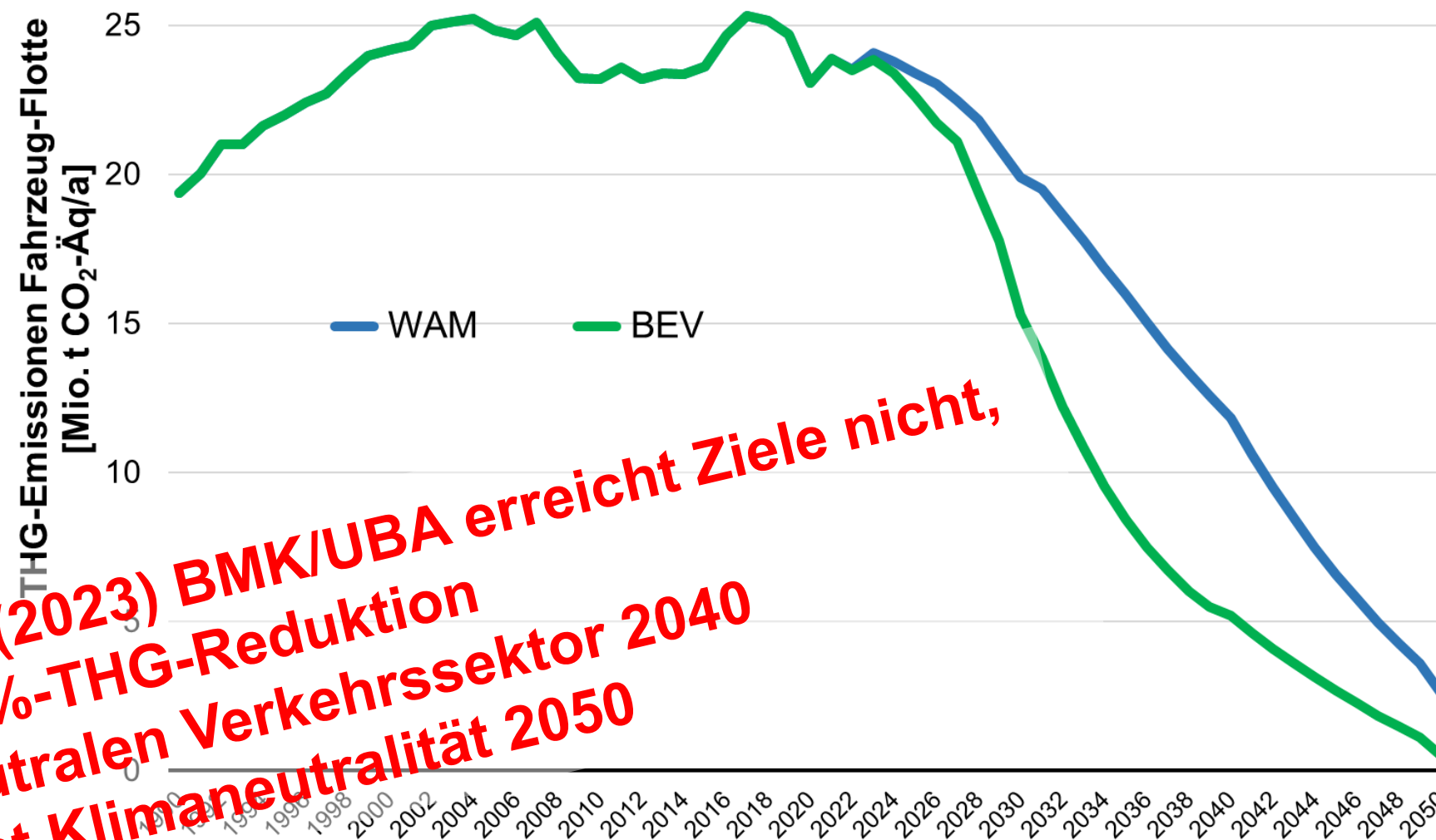
Entwicklung Endenergiebedarf



THG-Emissionen der Fahrzeugflotte



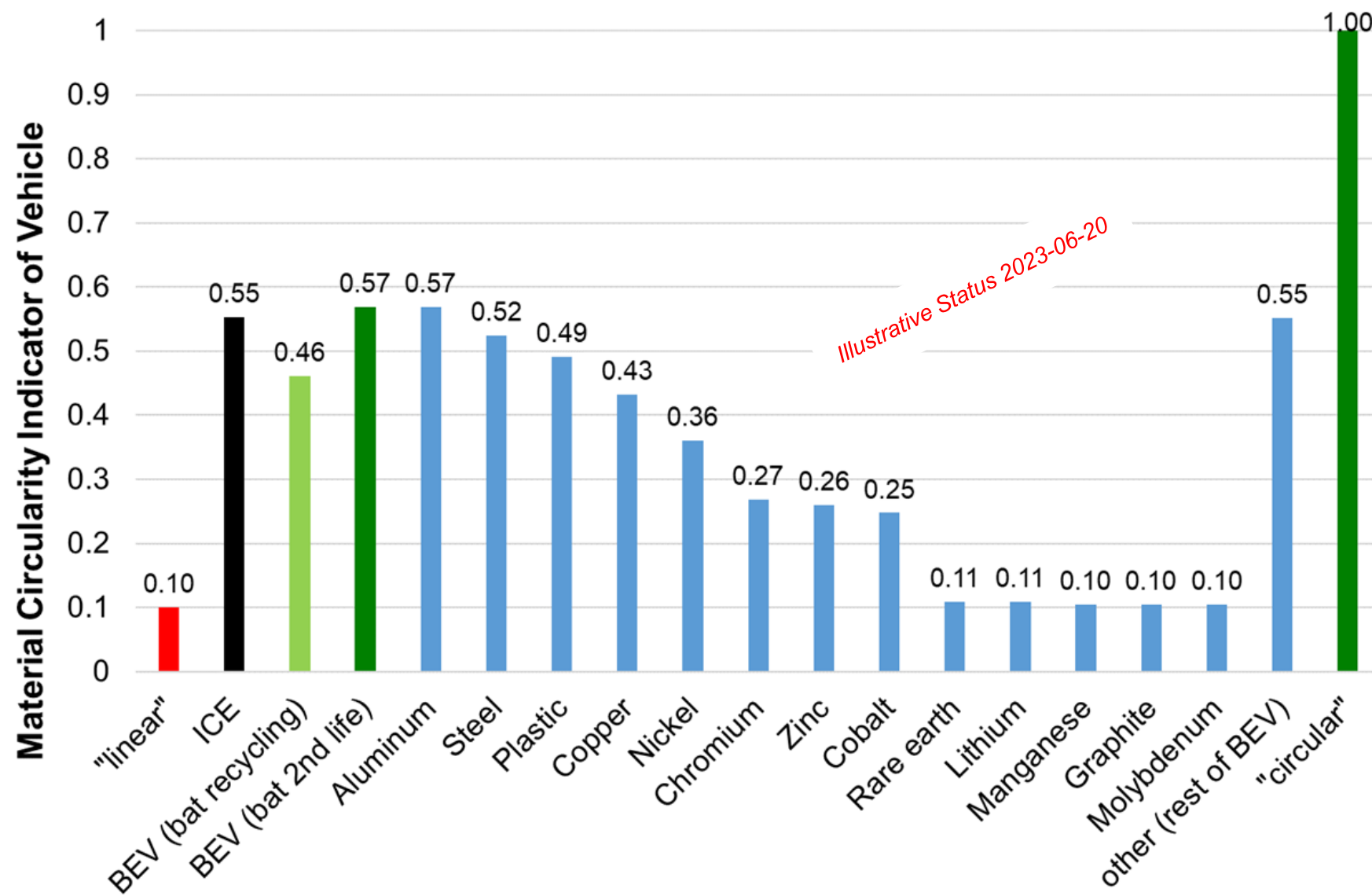
LCA basierte THG-Emissionen der Fahrzeugflotte



WAM-Szenario (2023) BMK/UBA erreicht Ziele nicht, weder 2030 46%-THG-Reduktion noch klimaneutralen Verkehrssektor 2040 und auch nicht Klimaneutralität 2050



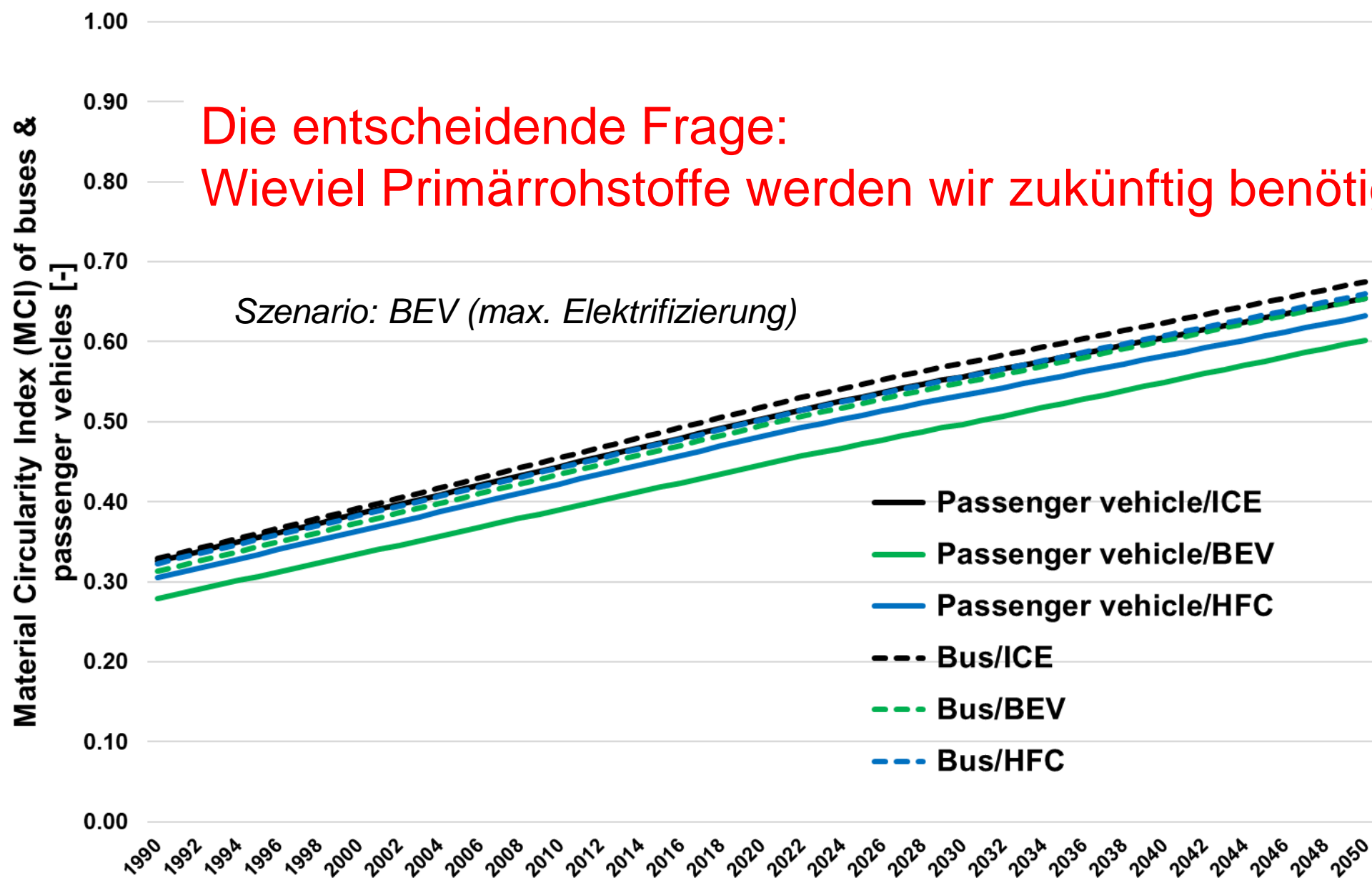
Material Circularity Indicator: Passenger Vehicle



Based on calculation of „Circularity Indicators“ of Ellen MacArthur Foundation 2015



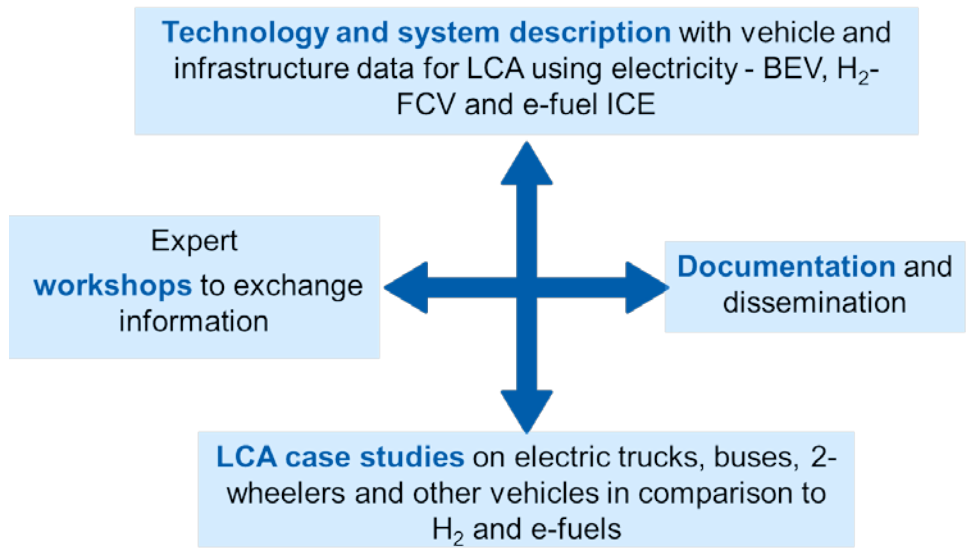
Development of Material Circularity Indicator: Passenger Vehicle and Buses 1990 - 2050



IEA HEV Task 46: LCA of Electric Trucks , Buses , 2-Wheelers and Other Vehicles (2022 – 2024)

Analyse, Discuss and Document the **Environmental Impacts** based on **Life Cycle Assessment**

- of electric (UNECE class)
 - Buses (M)
 - Trucks (N)
 - Two-wheelers (L) and
 - Other vehicles e.g. mining, agriculture, train
- in comparison to
 - Conventional fuels e.g. diesel, petrol, natural gas
 - Renewable hydrogen and
 - E-fuels made from CO₂ and renewable electricity



- **Participants**
 - Argonne (US): Jarod Kelly
 - DLR (DE): Simone Ehrenberger
 - IREC (ES): Gabriela Benveniste Pérez, Víctor José Ferreira Ferreira
 - JOANNEUM RESEARCH (AT): Gerfried Jungmeier
 - Norwegian Centre for Transport Research (NO): Linda Ager-Wick Ellingsen
 - Ricardo Energy & Environment (UK): Nikolas Hill
 - PSI (CH): Christian Bauer
 - University of Ulsam (KR): Ocktaeck Lim
 - National Research Council Canada (CA): Farid Bensebaa
 - TCP AMF
 - „Task 64 - E-fuels and End-use Perspective“: Zoe Stadler
 - „Trucks/busses“: Petri Söderena
 - **Observers**
 - Sabanci Universitesi (TR): Tugce Yuksel
 - **Task Manager**
 - Gerfried Jungmeier, JOANNEUM RESEARCH
 - Simone Ehrenberger, DLR (vice)
- Task manager and Austrian participation financed by



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

JOANNEUM RESEARCH
Forschungsgesellschaft mbH

LIFE – Zentrum für Klima,
Energie und Gesellschaft

Science Tower
Waagner-Biro-Straße 100, 8020 Graz
Tel. +43 316 876-7600
gerfried.jungmeier@joanneum.at

www.joanneum.at/life

