



# *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



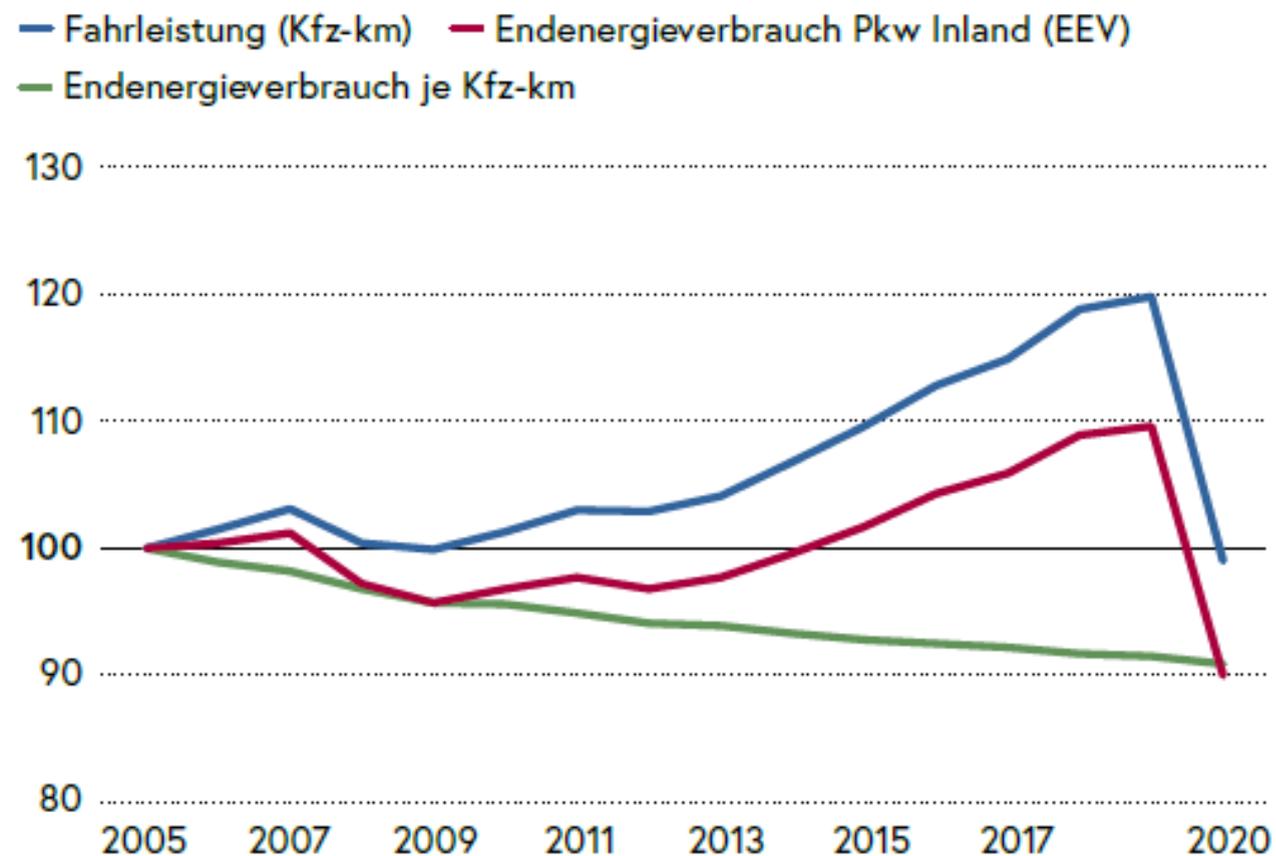
Zentrum für  
Klima, Energie und Gesellschaft

Forschungsbereich:  
Zukunftsfähige Energiesysteme und Lebensstile



# Technologie-Entwicklung und Energiebedarf

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



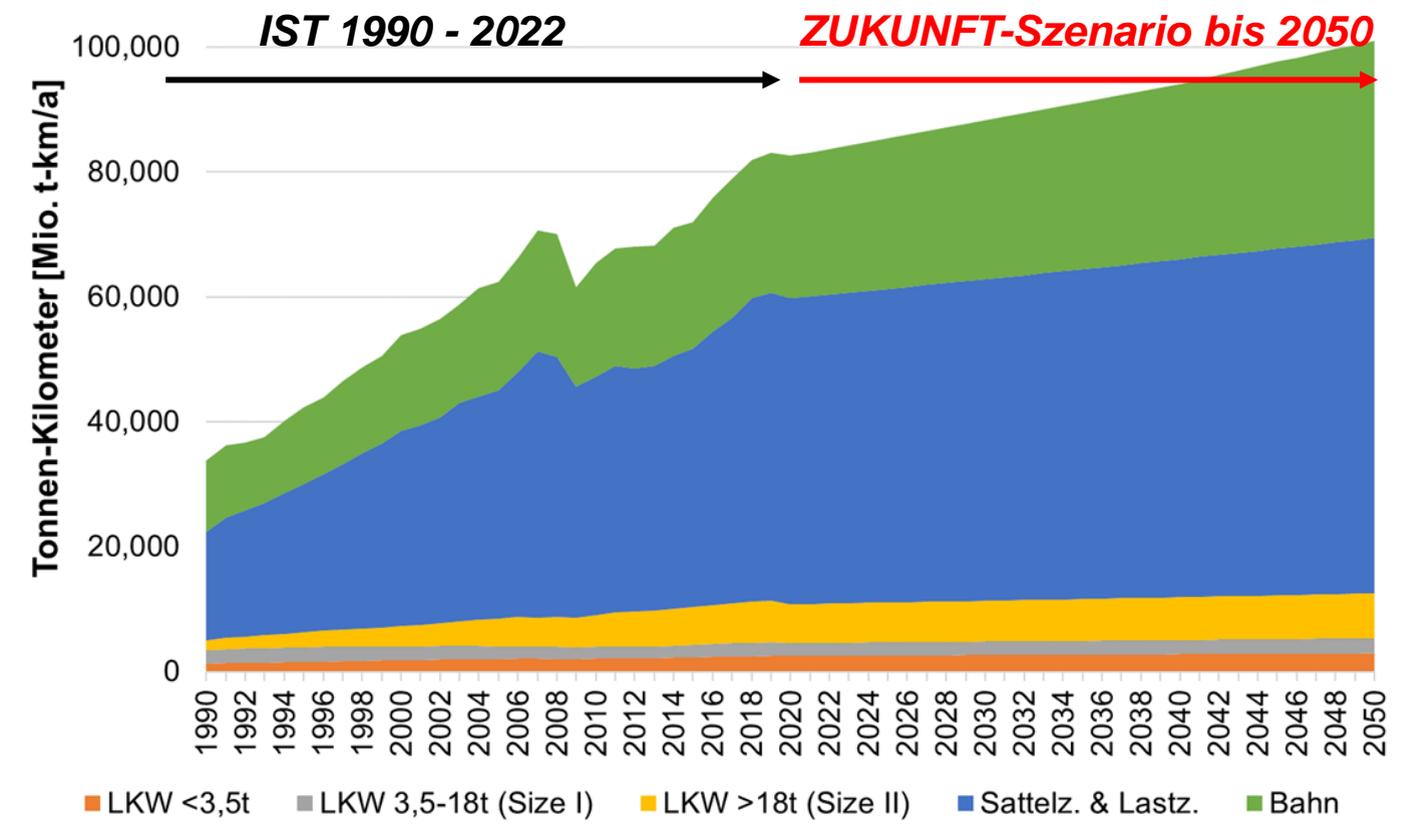
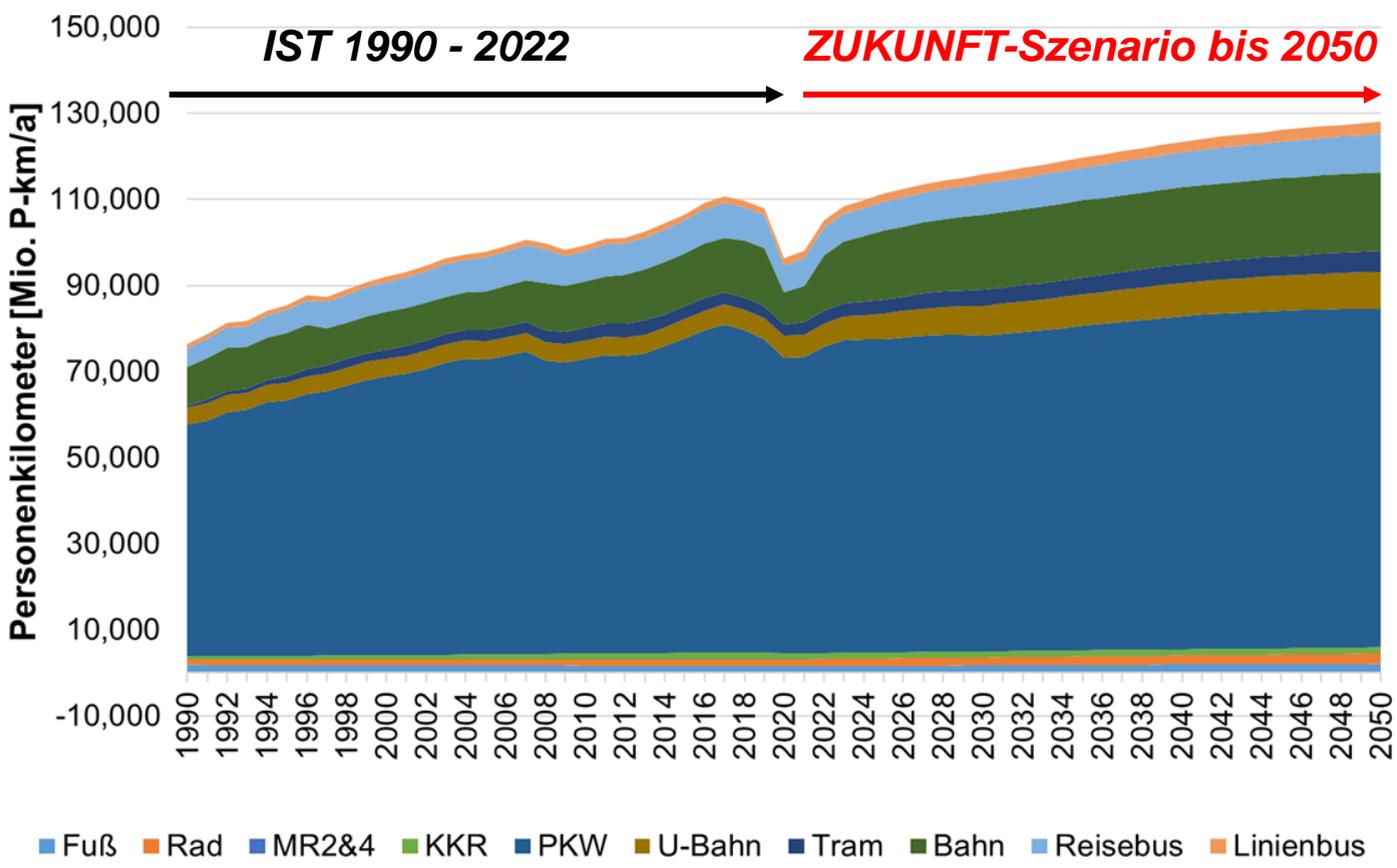
Quelle: Statistik Austria, Berechnungen Österreichische Energieagentur



# Mögliche Entwicklung der Transportdienstleistung in Österreich

## Personen-Kilometer

## Tonnen-Kilometer



### Szenario-Annahmen:

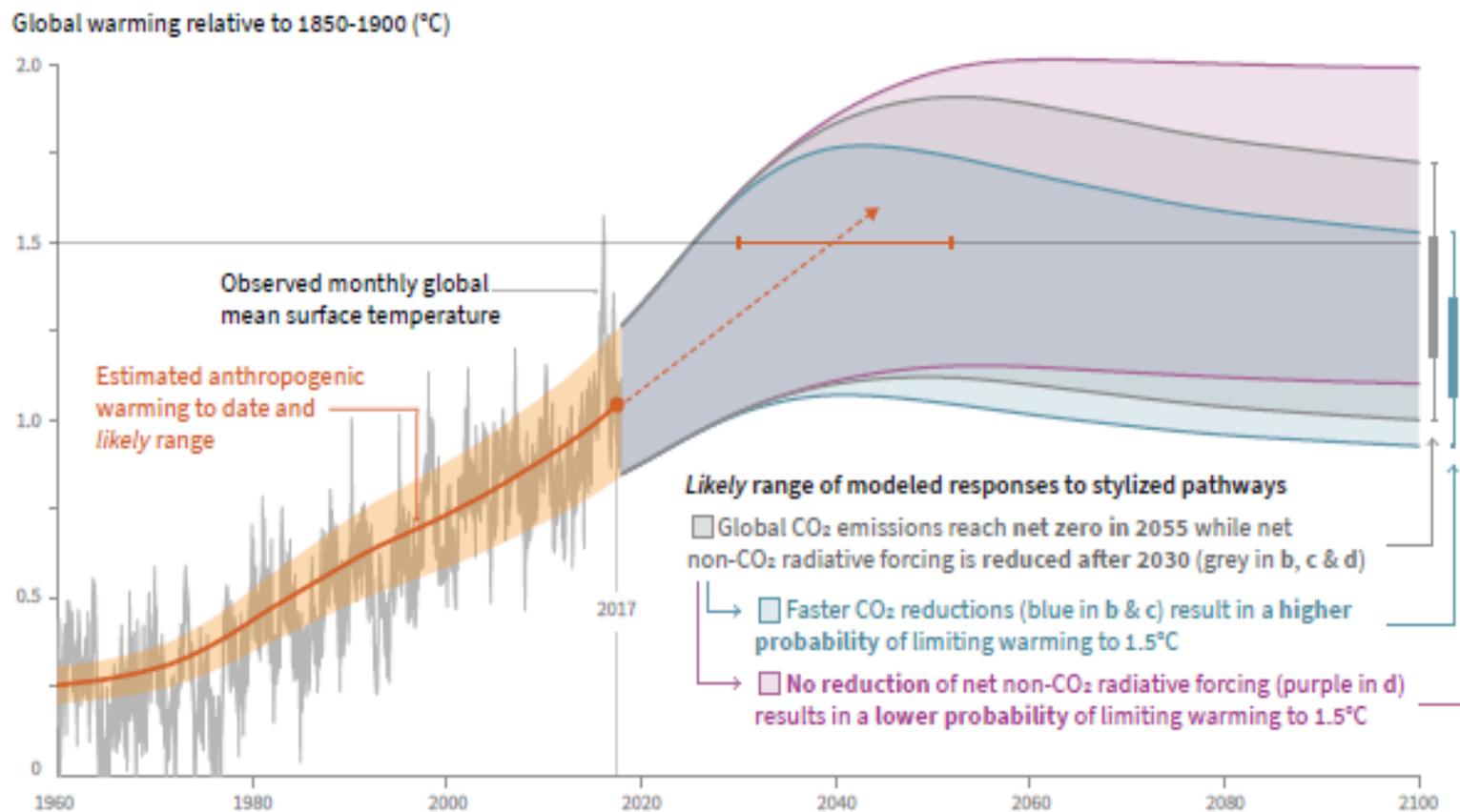
- Transportdienstleistungen gleich für alle Szenarien
- Jahreskilometer und Fzg.-Anzahl ab 2019 konstant für PKW, LNF, solo-LKW und SZG
- Bevölkerungswachstum: 8,9 auf 9,6 Mio. (2019–2050)

- 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:

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

Produktion

Anwendung

Rohstoff-  
gewinnung

d.h.

Recycling,  
Entsorgung

## Zusatz §:

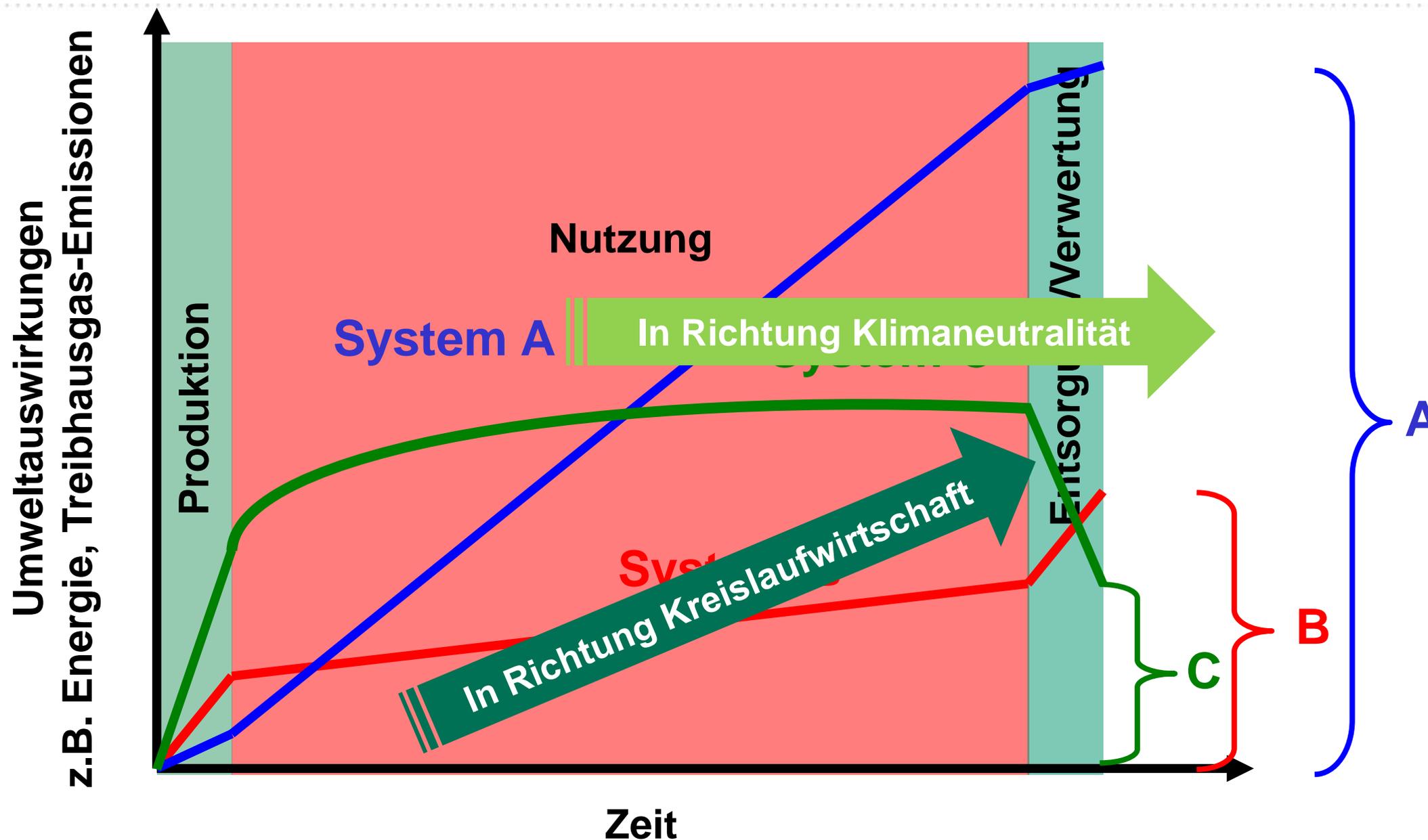
„Klimaneutralität“  
und  
„Kreislauffähigkeit“

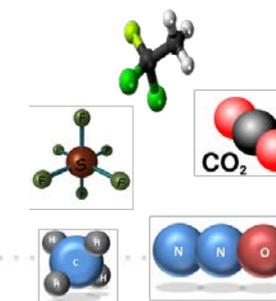
können nur in

**dynamischer Lebenszyklusanalyse**

in Abhängigkeit des  
Betrachtungszeitpunktes  
untersucht und bewertet werden.

# Die drei Phasen im Lebenszyklus

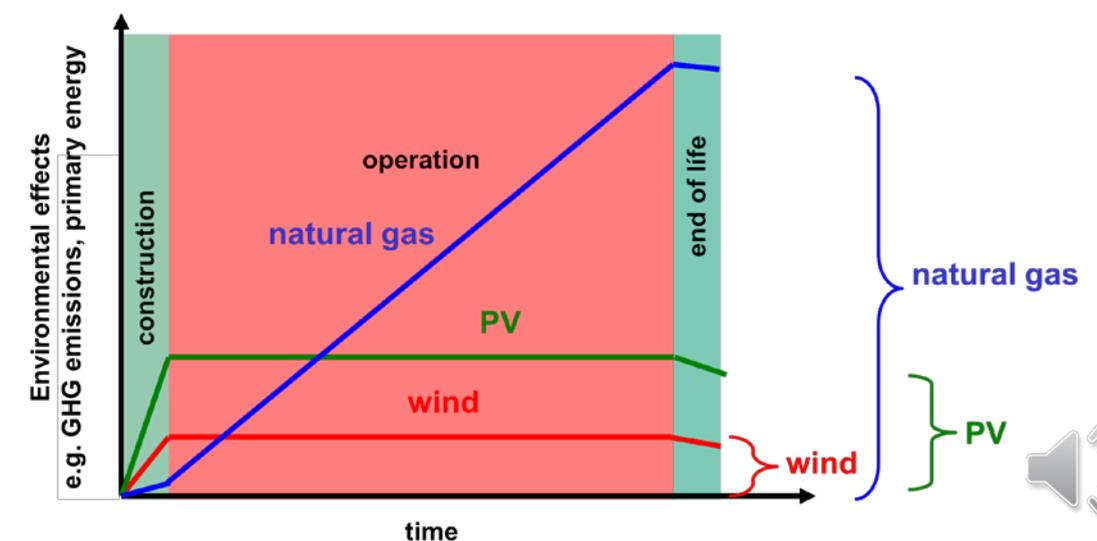




# Klimaneutralität

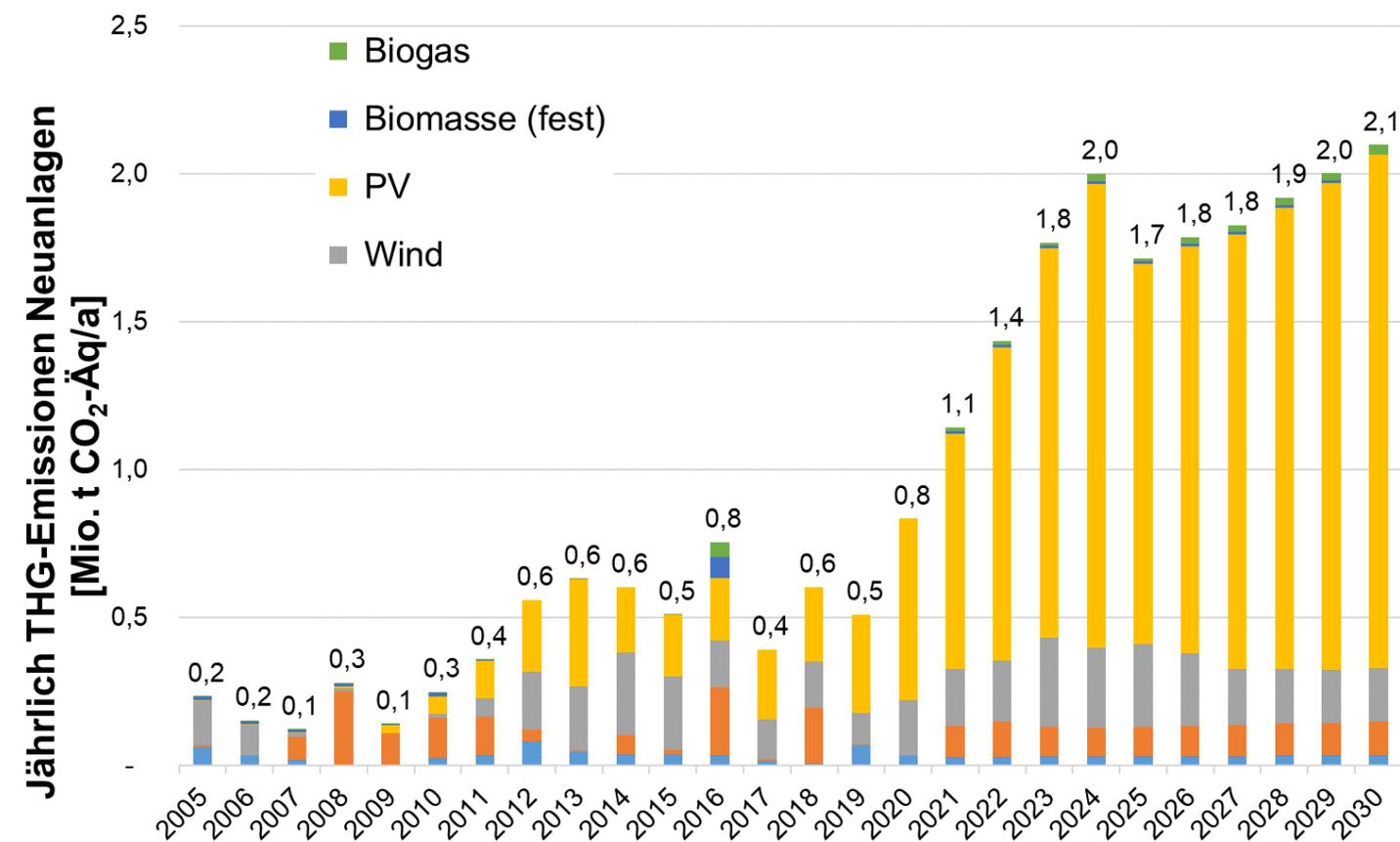
- Klimaneutralität = menschlichen Aktivitäten bewirken **keine Veränderung** der globalen Temperatur
- Produkt/Dienstleistung (z.B. Mobilität) ist „klimaneutral“, wenn im gesamten Lebenszyklus **keine Treibhausgas-Emissionen** (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, FCKW, etc.) anfallen
- Nicht vermeidbare **Treibhausgas-Emissionen** werden in anderen Bereichen dauerhaft und nachweislich **kompensiert** („Netto-Null“), z.B. dauerhafte CO<sub>2</sub>-Bindung/Speicherung
- Berücksichtigung des **zeitliche Verlaufes** der Treibhausgas-Emissionen

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

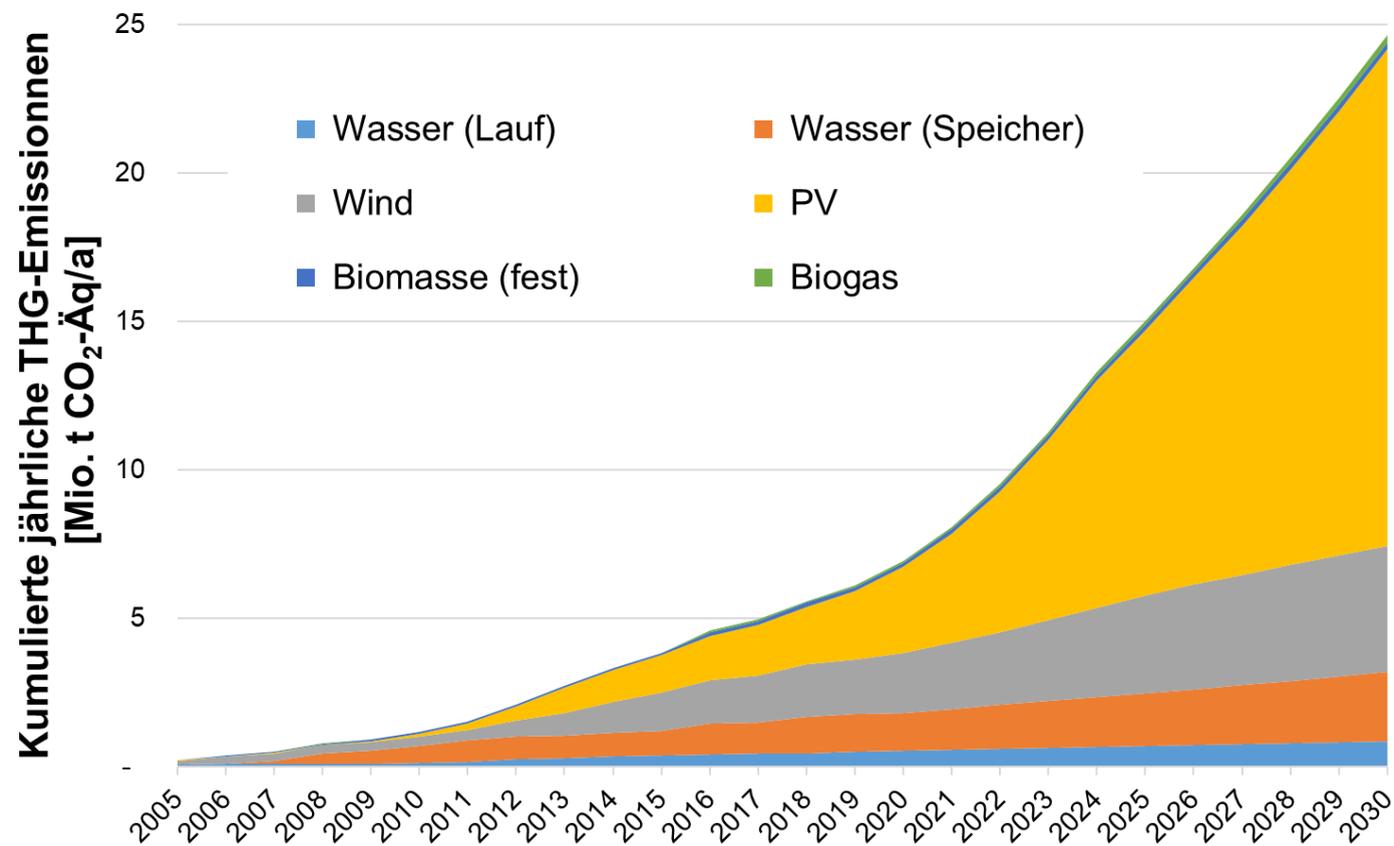


# Gesamte THG-Emissionen: Ausbau erneuerbare Stromerzeugung in 2005 - 2030

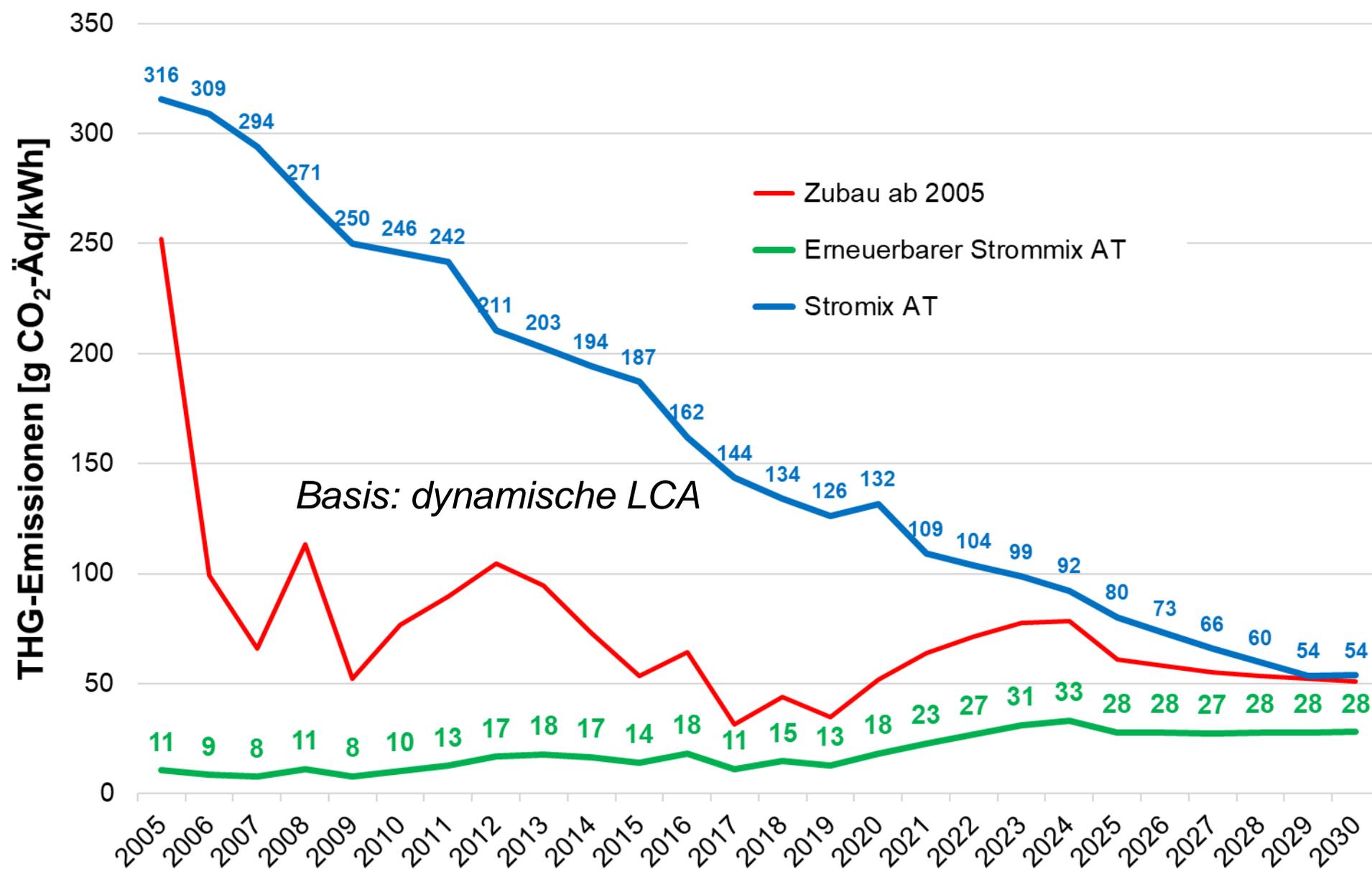
**Jährlich**  
0,1 – 2,1 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq



**Kumuliert**  
23 – 25 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq



# Spezifische THG-Emissionen

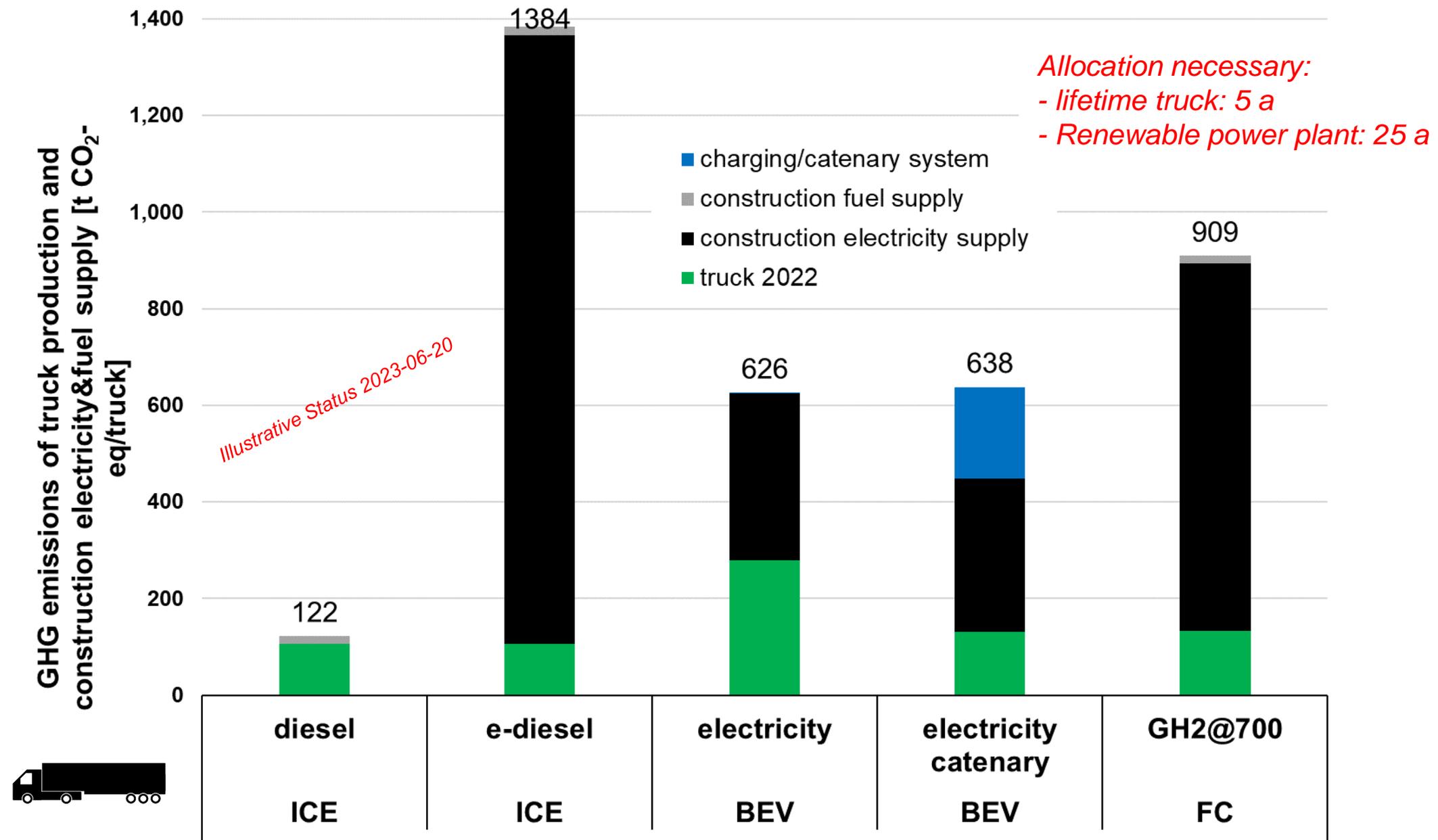


# LCA Case Study Trucks: Goal & Scope and „Specialities“

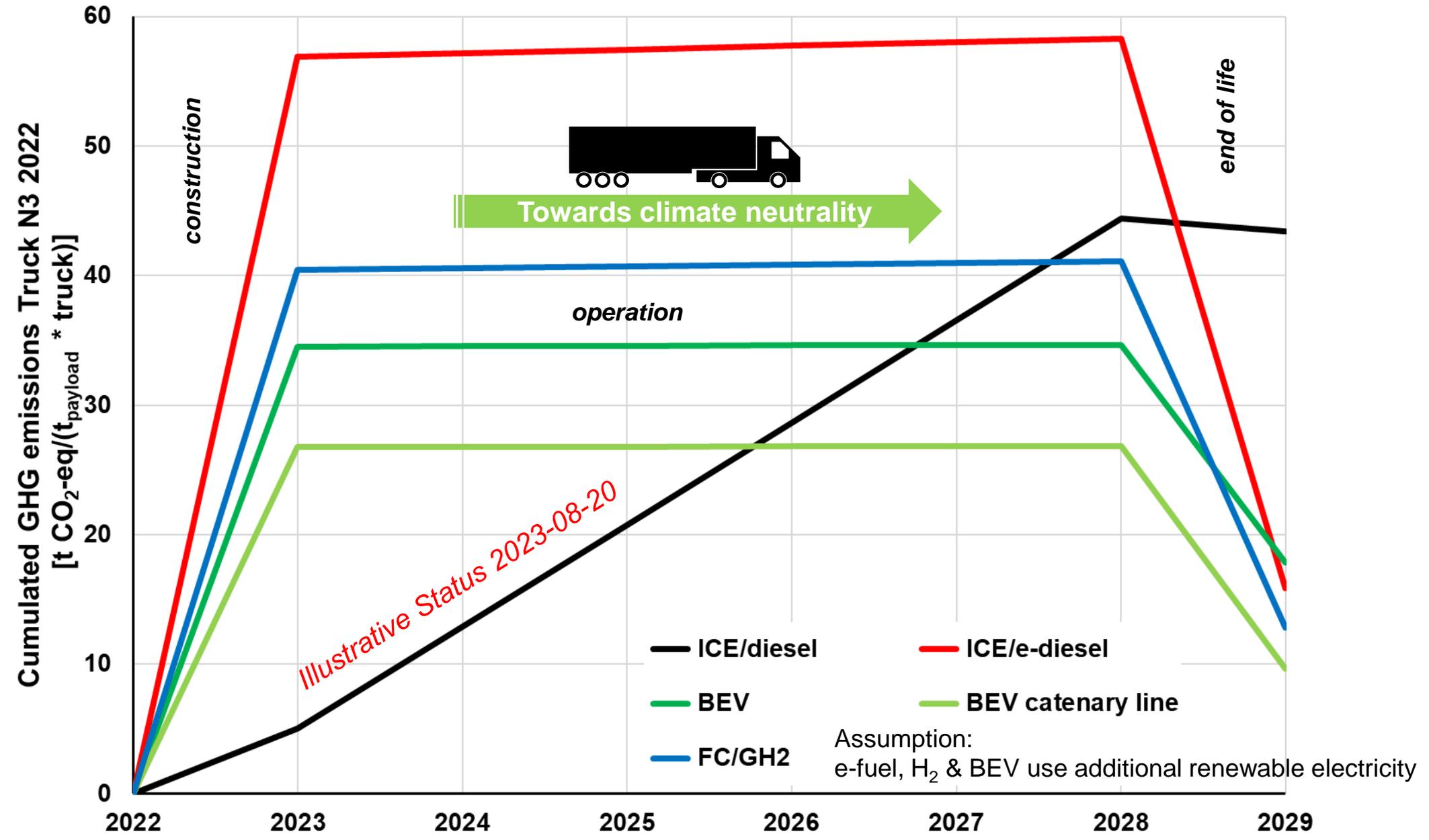
- **Aim:** Identify significant differences of environmental effects of trucks with different propulsion system/fuel for current (2023) and future state (2030+) of technology
- **Methodology:** dynamic life cycle assessment using generic global production data for materials
- **Systems:** Specification 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 CO<sub>2</sub>
    - from air
    - concrete/steel production (if foreground data available)
    - Waste (if foreground data available)
  - H<sub>2</sub> with FC from renewable electricity mix: GH<sub>2</sub> @ 700 bar and LH<sub>2</sub>
  - 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<sub>x</sub> 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





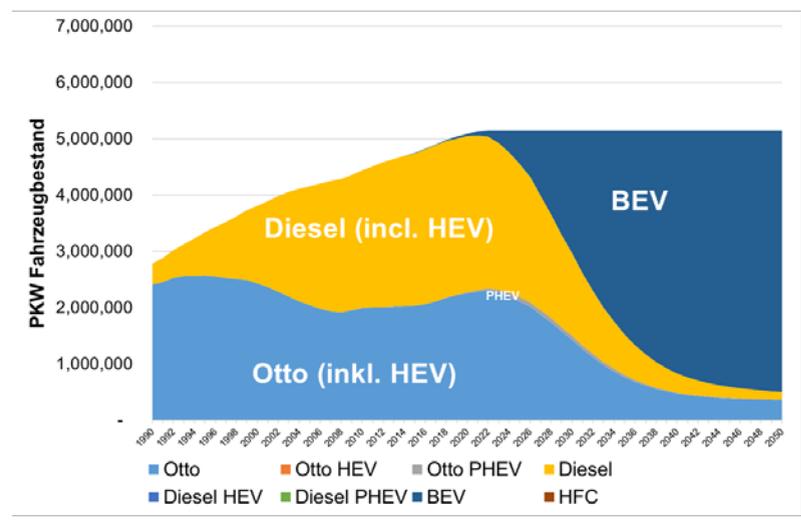
# Fahrzeugflotte in Österreich: Parameter für zwei Szenarien: „BEV“ und „WAM“

- **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)

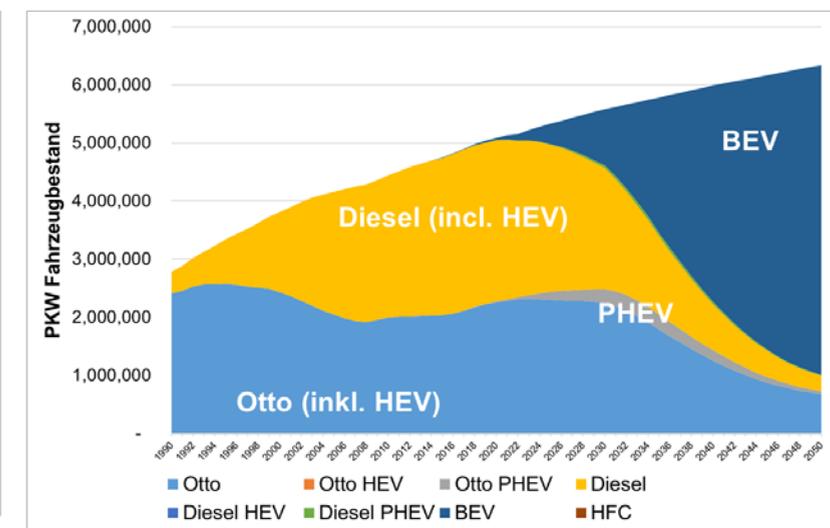
# Modellierung mit Flottenmodell und dynamischer LCA

Entwicklung Fahrzeugbestand

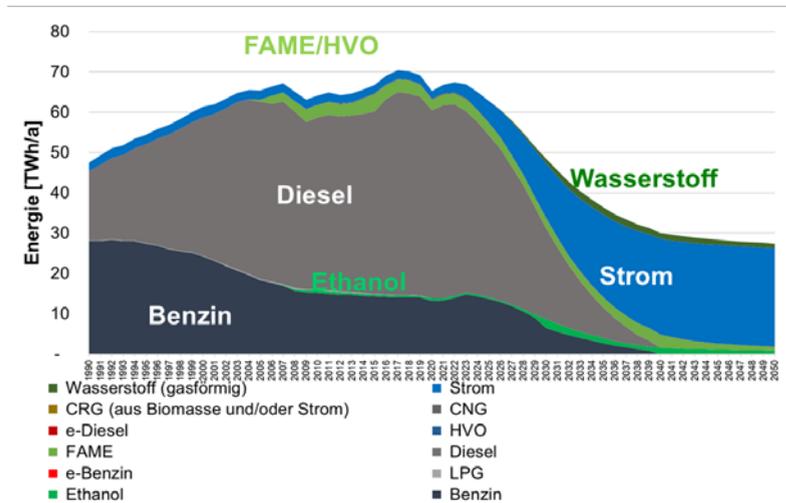
BEV-Szenario



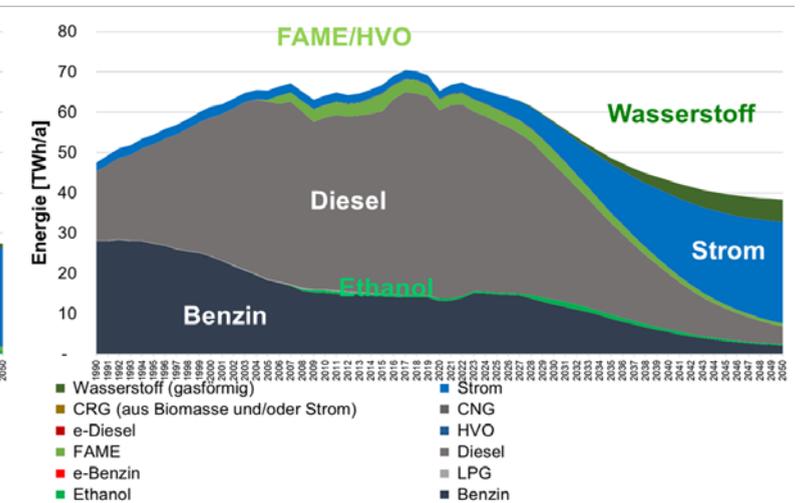
WAM-Szenario



BEV-Szenario



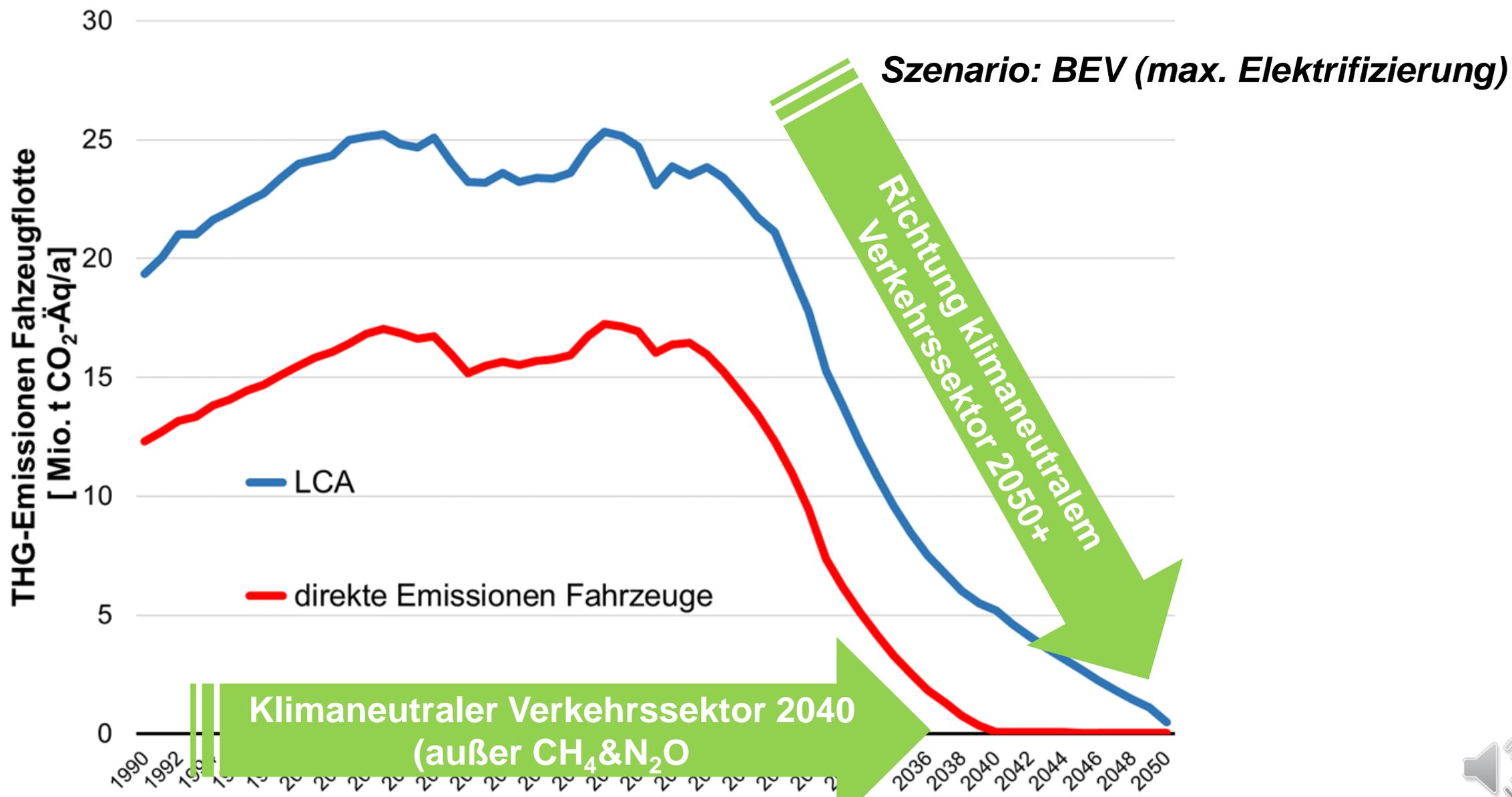
WAM-Szenario



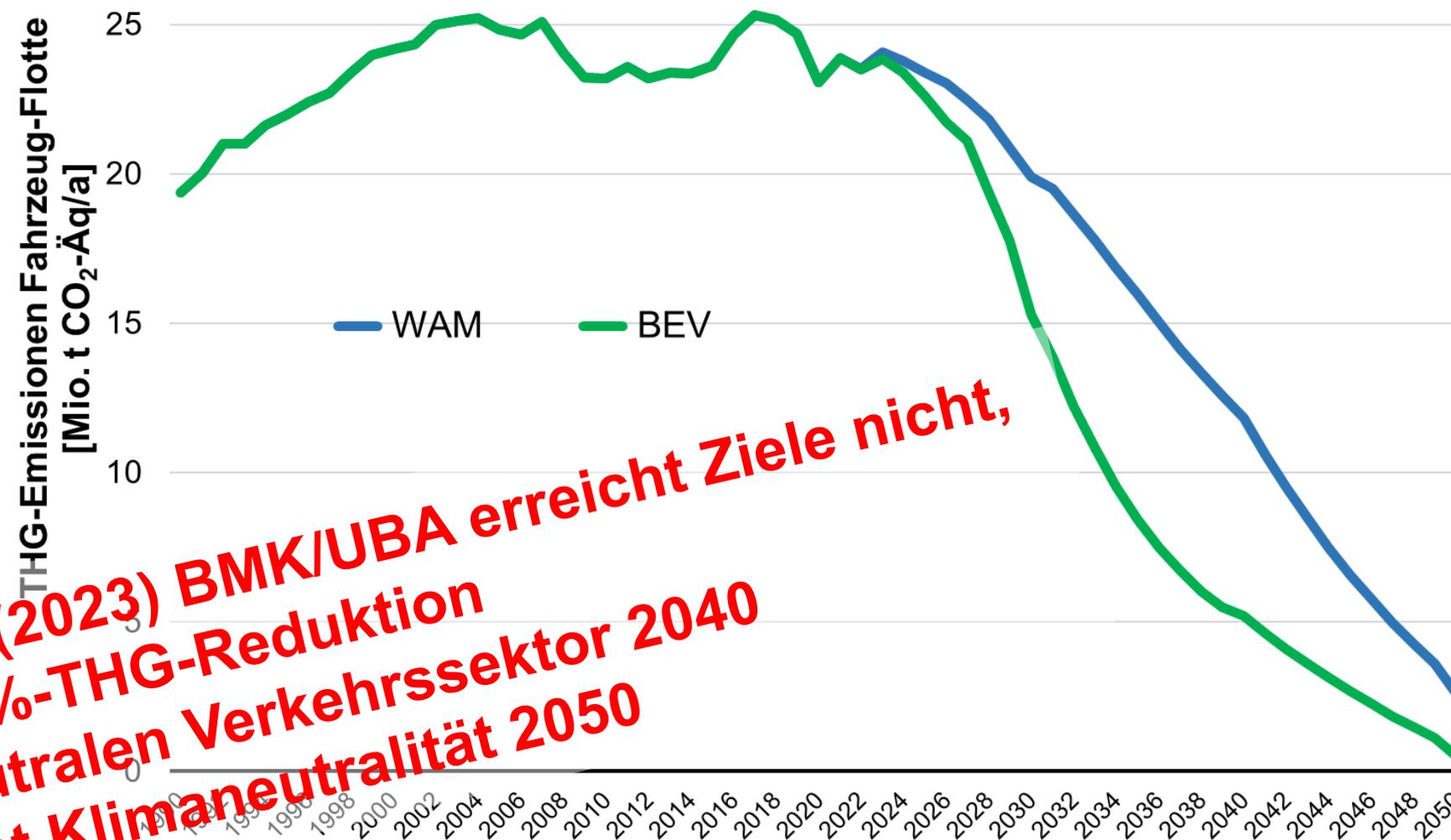
Entwicklung Endenergiebedarf



# THG-Emissionen der Fahrzeugflotte



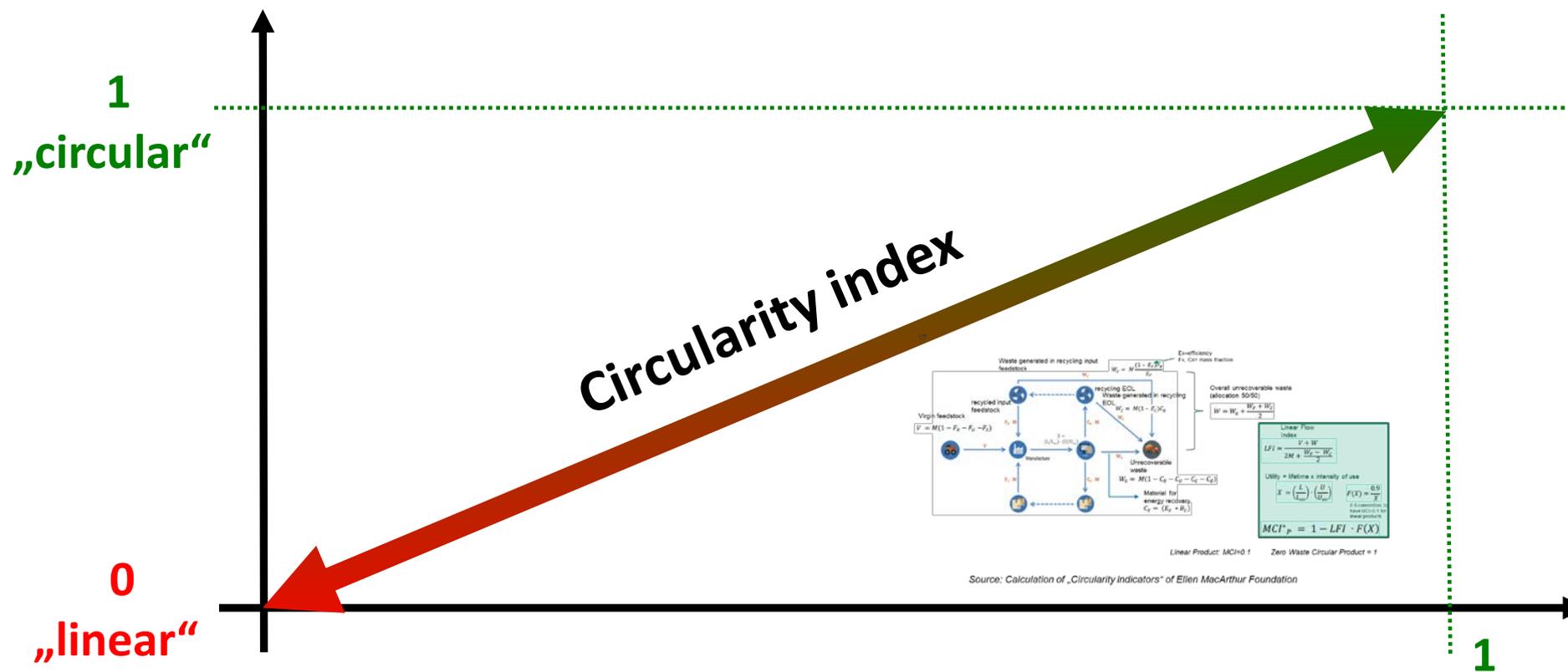
# LCA basierte THG-Emissionen der Fahrzeugflotte



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



# Idea for a Circularity Index



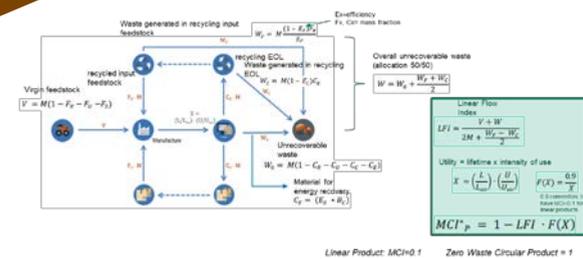
Unrecoverable waste

Energy recovery

Composting

Recycling

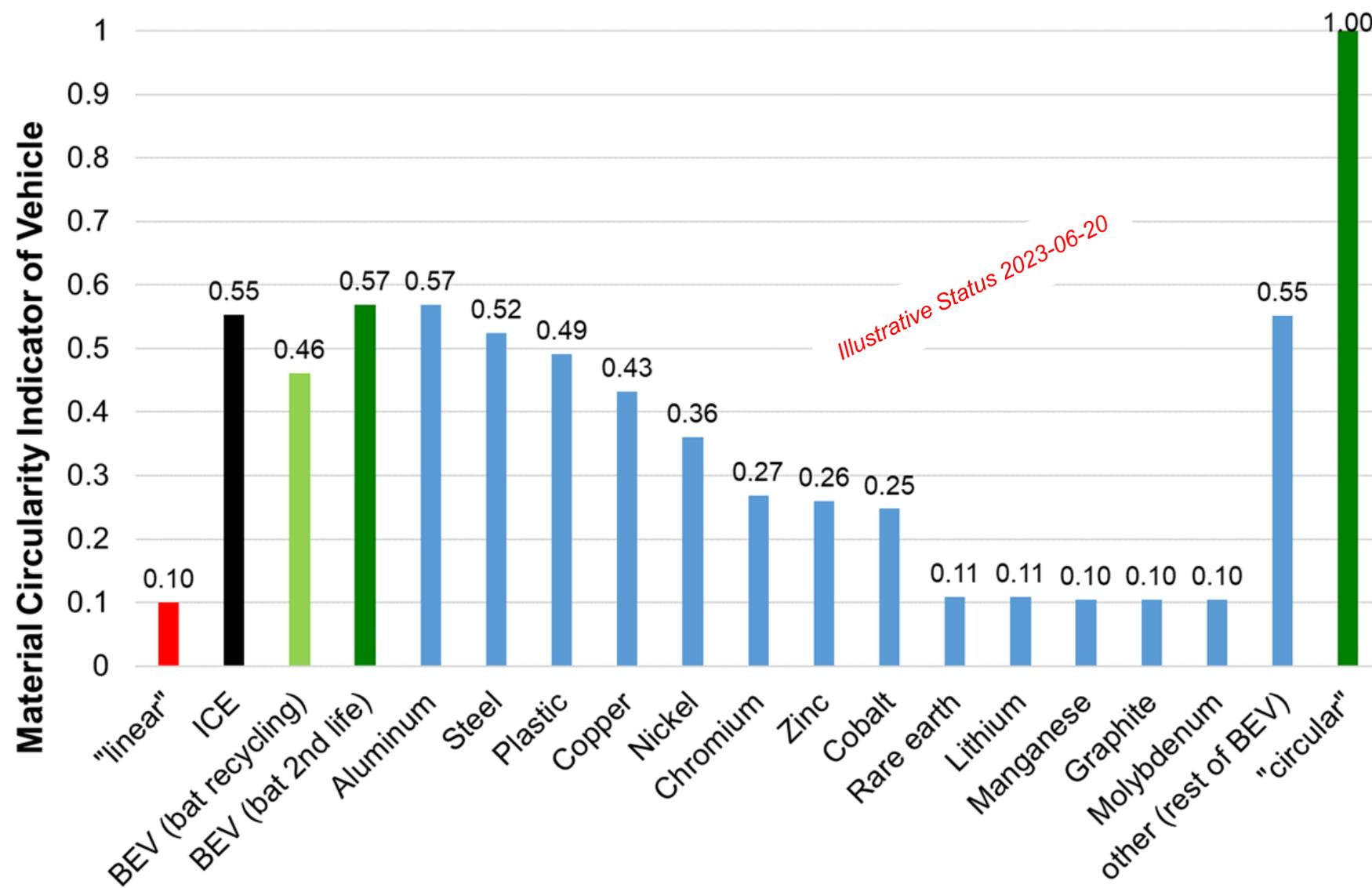
Reuse



Source: Calculation of „Circularity Indicators“ of Ellen MacArthur Foundation



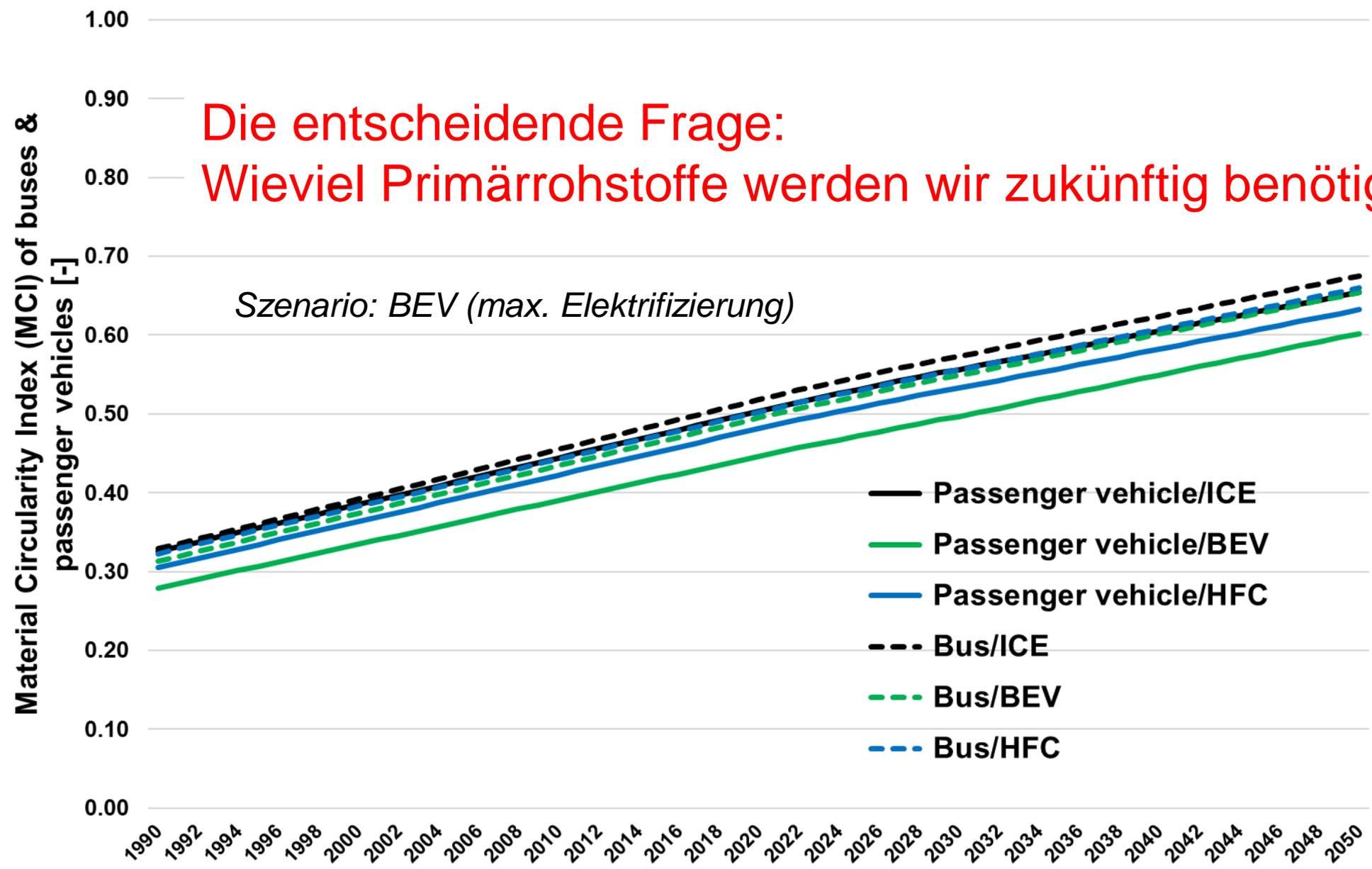
# Material Circularity Indicator: Passenger Vehicle



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



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



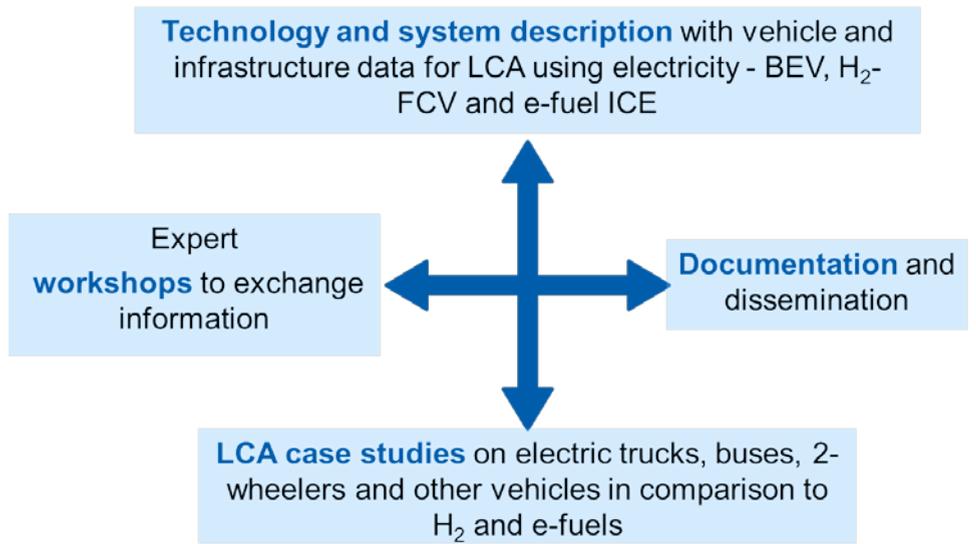
Die entscheidende Frage:  
Wieviel Primärrohstoffe werden wir zukünftig benötigen?



# 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 CO<sub>2</sub> 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](http://www.joanneum.at/life)

