

Ökologische Aspekte des Systems Bahn

Fokus Bau und Erhaltung von Gleisinfrasturktur

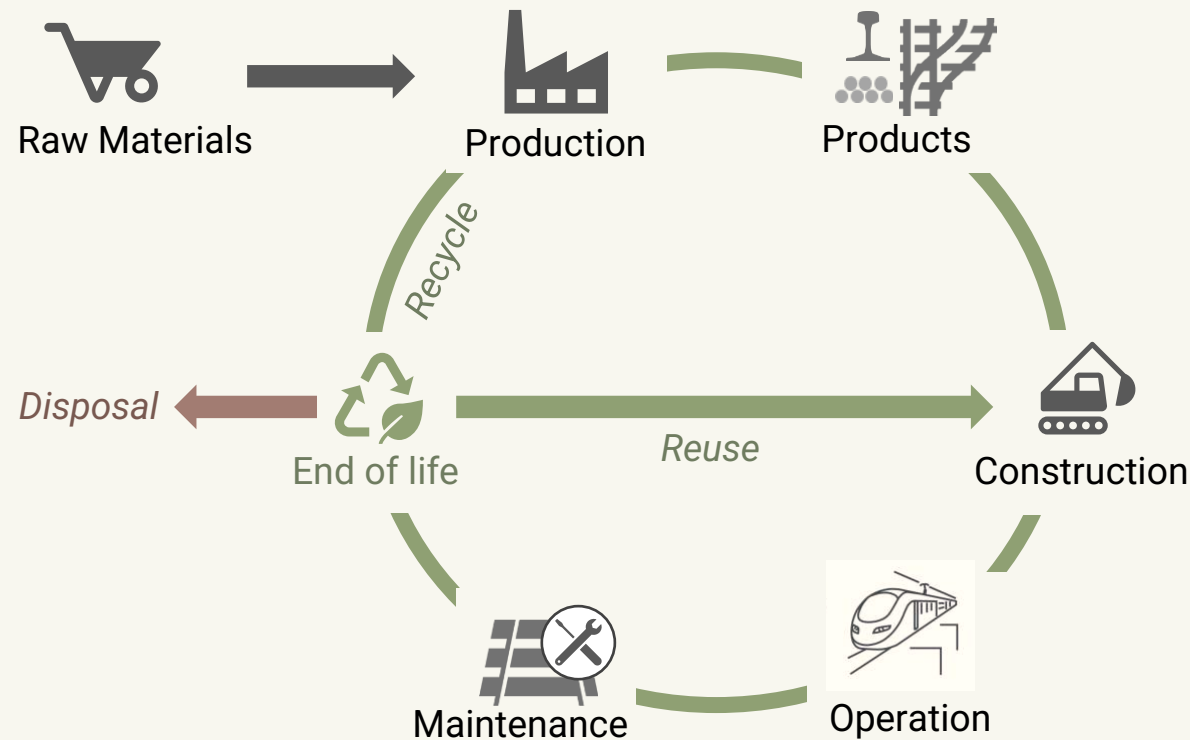
Priv.-Doz. DI Dr. Matthias Landgraf



www.evias.at

ÖVG Salzburg, 09.05.2023

Ökologische Aspekte im System Bahn



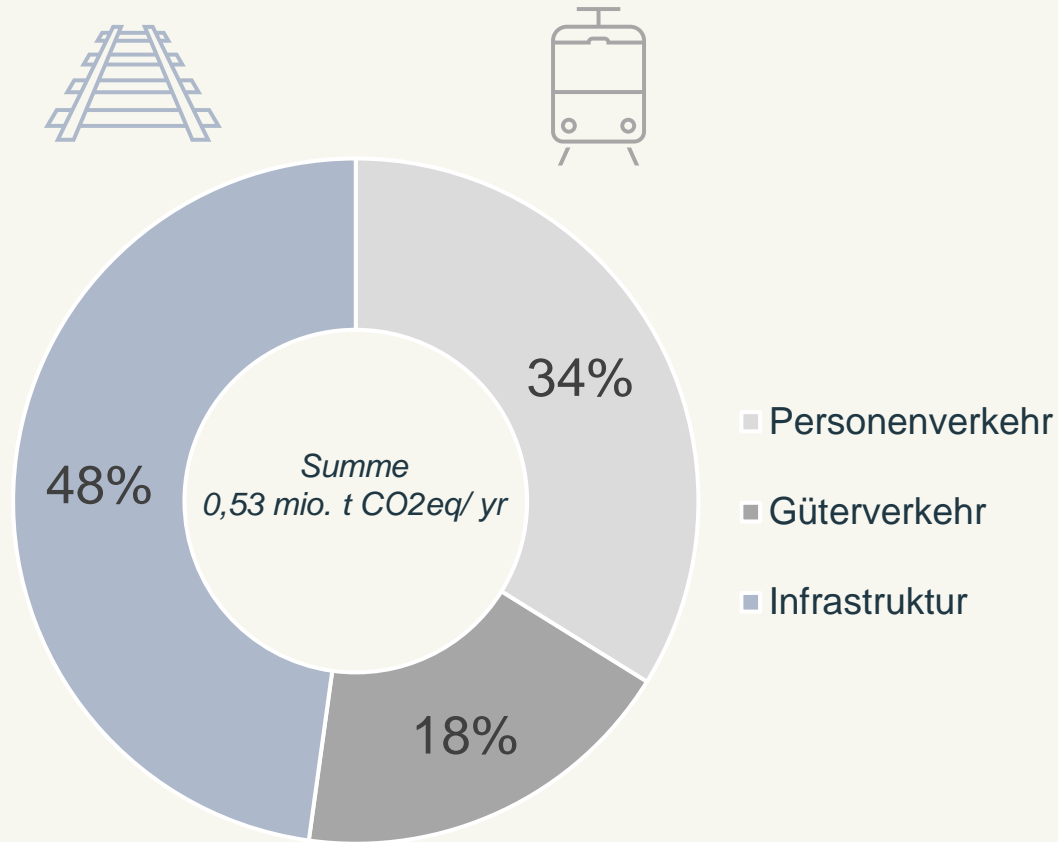
Berechnung der Emissionen in Bau, Erhaltung und Entsorgung der Infrastruktur.

Identifikation der wesentlichen Treiber von Umweltwirkungen.

Entwicklung und Bewertung von technologischen Innovationen zur Reduktion von Umweltwirkungen. Förderung von Kreislaufwirtschaft.

Monetarisierung von Umweltauswirkungen und Integration in kostenbasierte Entscheidungsmodelle (LCC-Analysen, Vergabeverfahren, ...)

Ökologische Aspekte im System Bahn



*Treibhausgasemissionen pro Jahr [%] für Bahnbetrieb und
Infrastrukturbereitstellung in Österreich.*

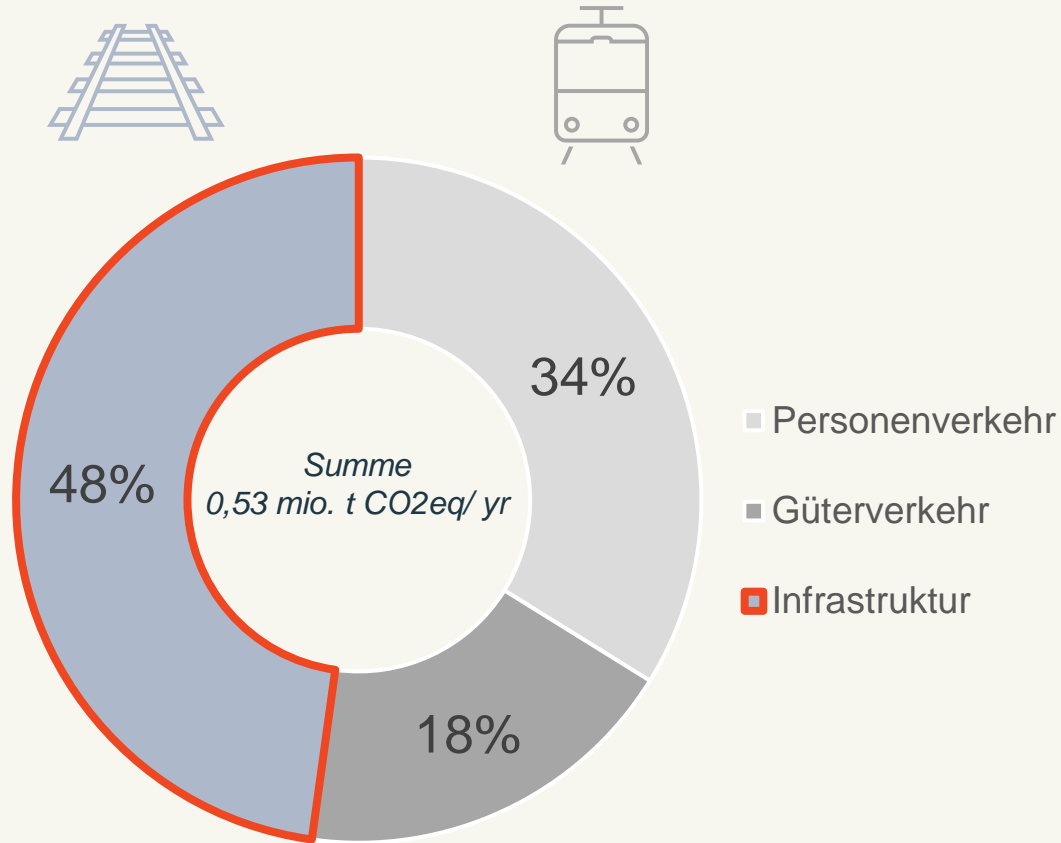
Die mit der Produktion und dem Bau der Eisenbahninfrastruktur verbundenen Emissionen entsprechen jährlich fast den Emissionen des Personen- und Güterverkehrs der ÖBB in Österreich.

Die Emissionen aus dem Bahnbetrieb sind aufgrund der Erzeugung von erneuerbarer Traktionsenergie durch die ÖBB sehr gering.

Die ÖBB haben bereits verschiedene F&E-Projekte und Umsetzungen gestartet, um die Umweltauswirkungen der Eisenbahninfrastruktur zu verringern.

Die Berechnung der betrieblichen Emissionen basiert auf dem ÖBB-Nachhaltigkeitsbericht 2019.

Ökologische Aspekte im System Bahn



Treibhausgasemissionen pro Jahr [%] für Bahnbetrieb und
Infrastrukturbereitstellung in Österreich.

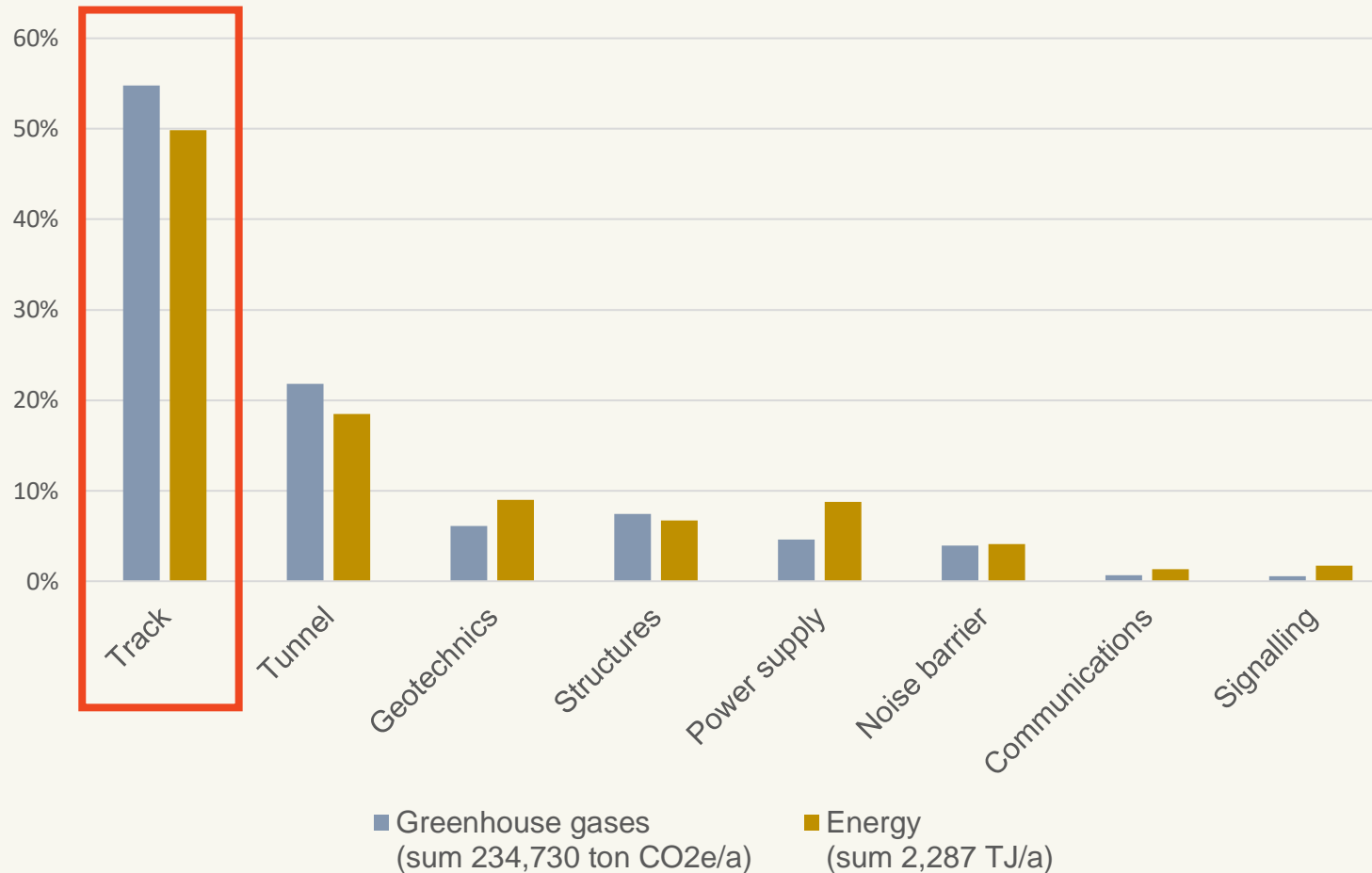
Die mit der Produktion und dem Bau der Eisenbahninfrastruktur verbundenen Emissionen entsprechen jährlich fast den Emissionen des Personen- und Güterverkehrs der ÖBB in Österreich.

Die Emissionen aus dem Bahnbetrieb sind aufgrund der Erzeugung von erneuerbarer Traktionsenergie durch die ÖBB sehr gering.

Die ÖBB haben bereits verschiedene F&E-Projekte und Umsetzungen gestartet, um die Umweltauswirkungen der Eisenbahninfrastruktur zu verringern.

Die Berechnung der betrieblichen Emissionen basiert auf dem ÖBB-Nachhaltigkeitsbericht 2019.

Ökologische Aspekte im System Bahn

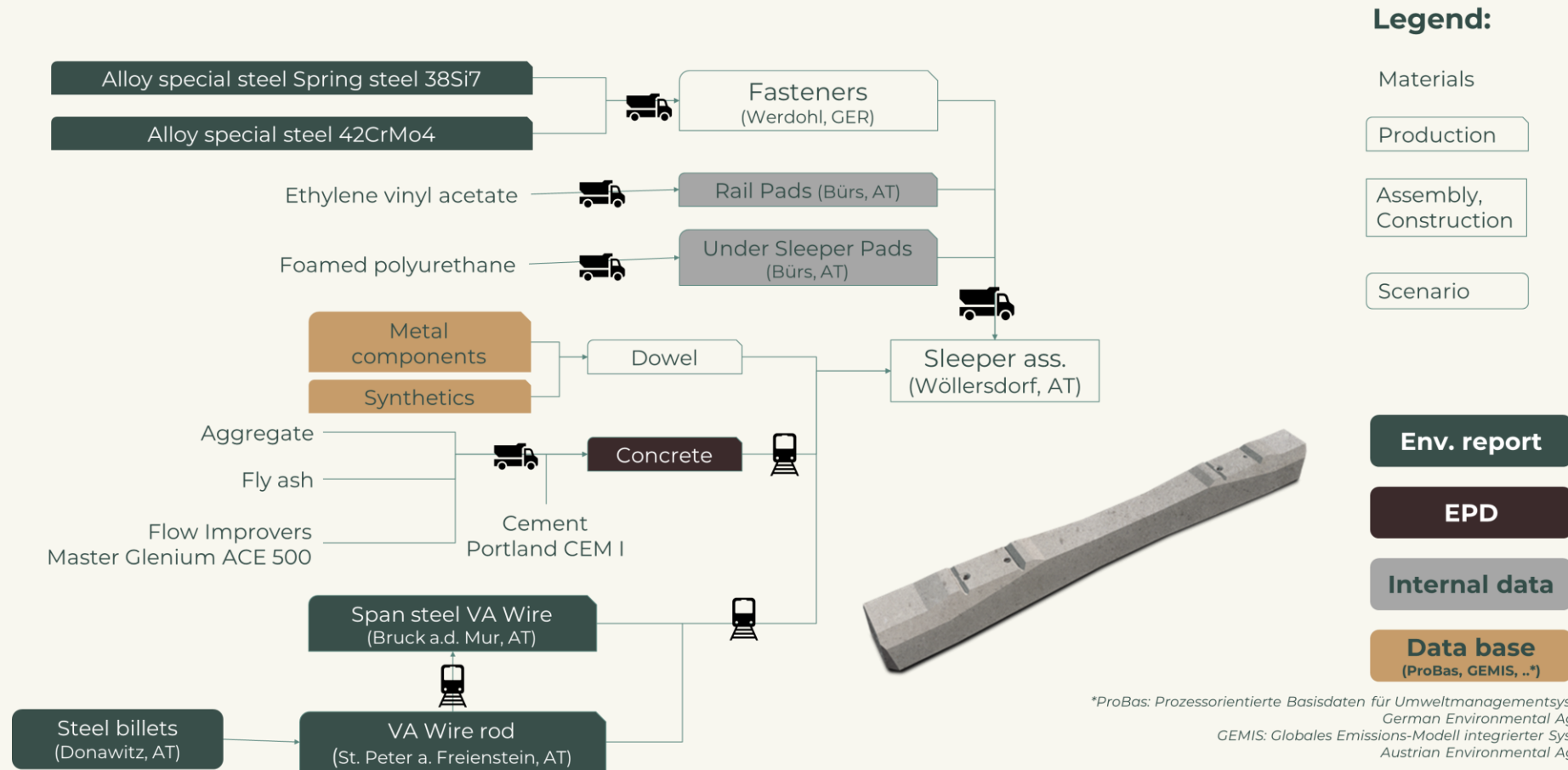


*Netzweite Treibhausgasemissionen und
Energiebedarf der Eisenbahninfrastruktur*

Innerhalb der österreichischen netzweiten Eisenbahninfrastruktur ist der Fahrweg mit 55 % der Hauptverursacher der THG-Emissionen.

Hierbei sind die Umweltwirkungen in Produktion und Bau sowie die Nutzungsdauern der Komponenten berücksichtigt.

Emissionen Komponentenproduktion

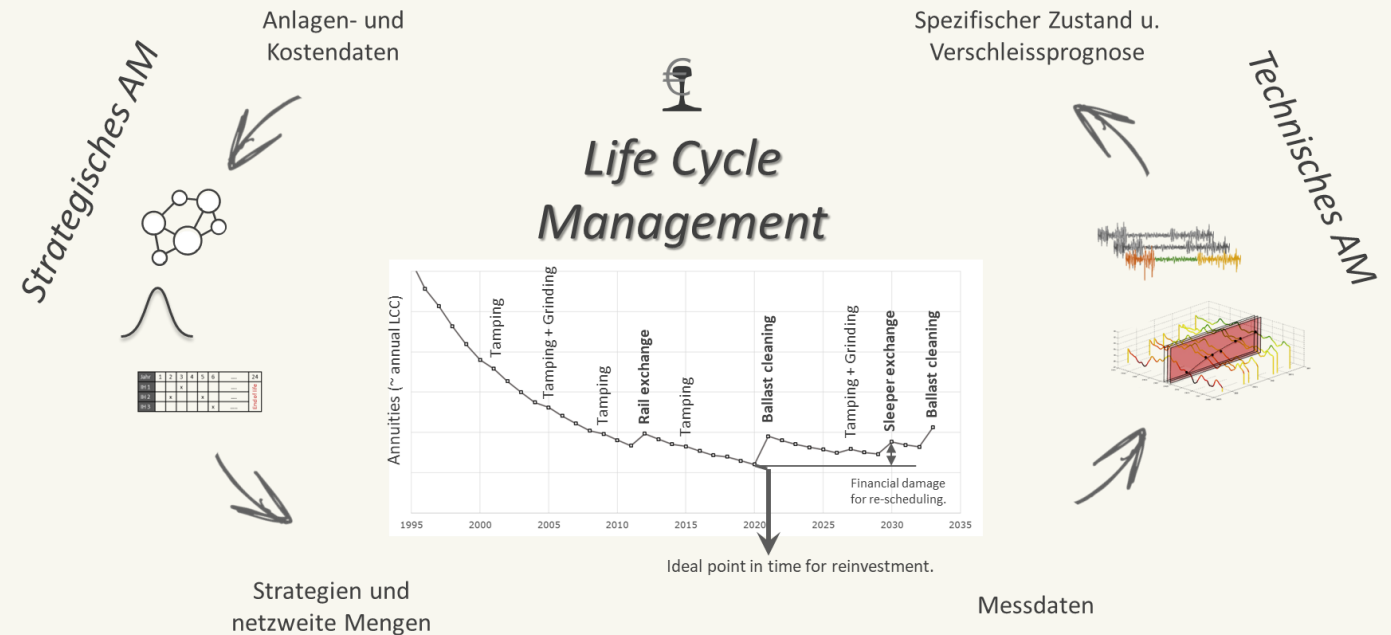


Nutzungsdauer

Die erreichbare Nutzungsdauer bei unterschiedlichen Randbedingungen (Verkehrsbelastung, Trassierung, Komponentenwahl, ...) hat einen erheblichen Einfluss auf die Ökobilanz – leider oft ein absoluter *blind spot*.

Welche Nutzungsdauer kann ein Eisenbahnfahrweg erreichen?

Welche Instandhaltungstätigkeiten sind innerhalb der Nutzungsdauer notwendig?



Berechnung der Umweltwirkungen



Herstellungsprozess



Einbau



Nutzungsdauer



Entsorgung

$$E_{LC} = \underbrace{\sum_{i=1}^n (M_{prod_i} * EF_i + ED_{prod_i} * EF_i)}_{\text{Herstellungsprozess}} + \underbrace{\sum_{j=1}^n (M_{constr_j} * EF_j + ED_{constr_j} * EF_j)}_{\text{Einbau}} + \underbrace{\sum_{m=1}^n (ED_m * Pt_m * SL * EF_m + IH_m * EF_m)}_{\text{Nutzungsdauer}} + \underbrace{\sum_{p=1}^n ED_{disp_p} * EF_p}_{\text{Entsorgung}}$$

M ... Material Masse

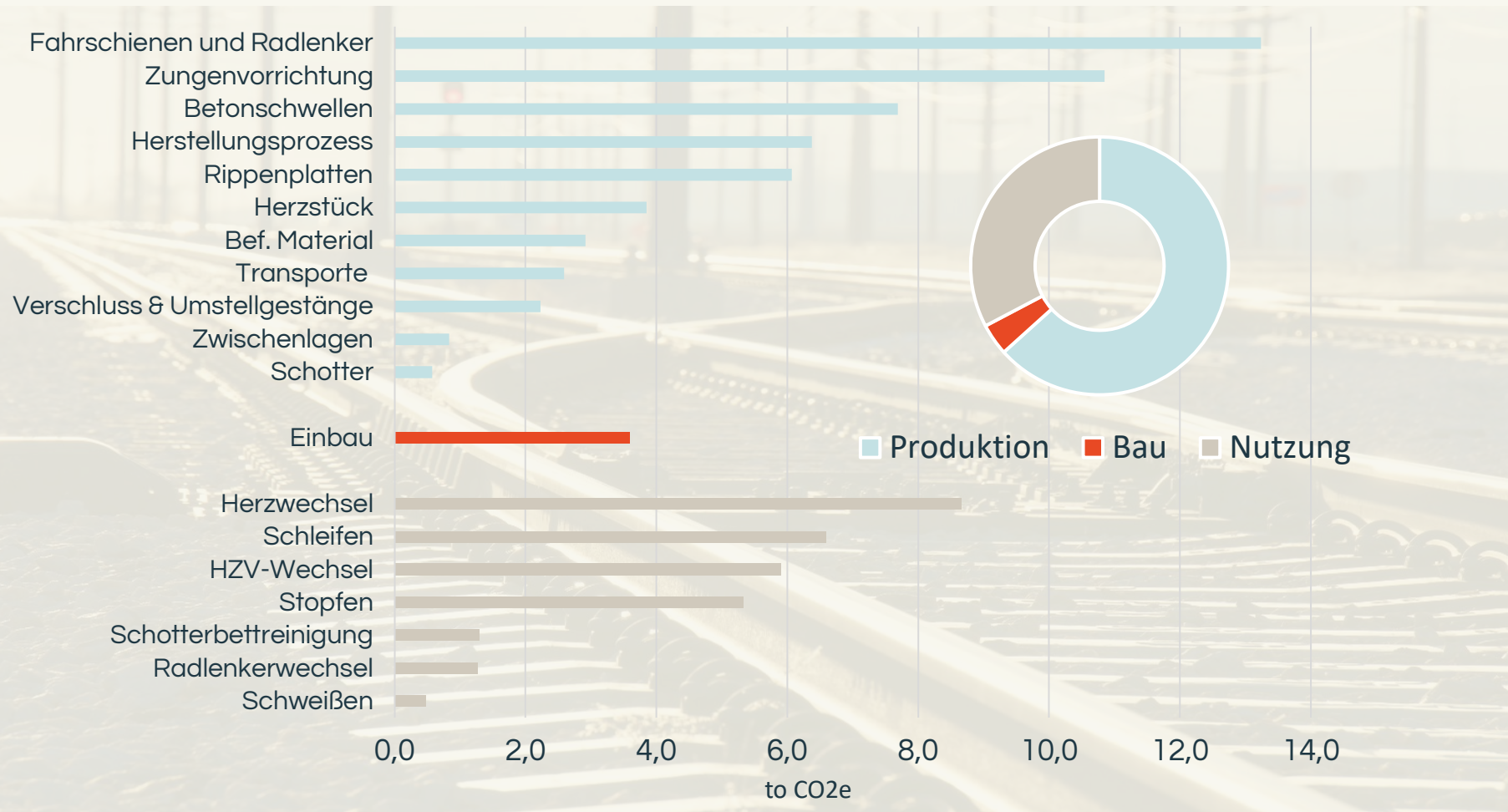
EF ... Emissionsfaktor

ED ... Energieverbrauch des jew. Prozesses

Pt ... Produktivzeit Arbeitsprozess

SL ... Nutzungsdauer

Beispiel Weichen

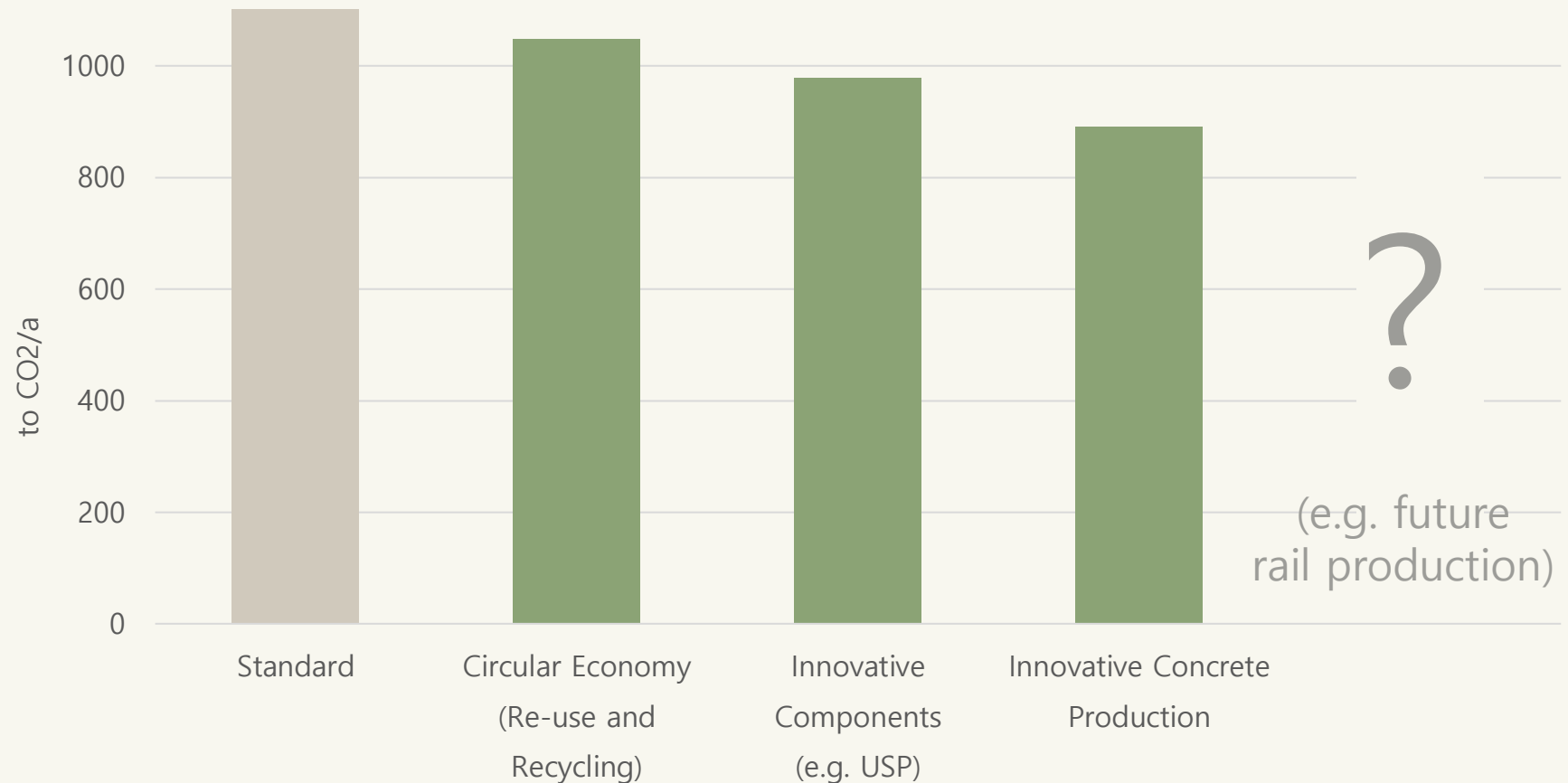


Berechnung CO₂-Emissionen des österreichischen Bahnnetzes in Kooperation mit ÖBB Infrastruktur AG.

Detaillierte Berechnung von Komponenten und Prozessen – auch auf Systemebene aggregiert, um netzweite Minderungspotenziale zu bewerten und identifizieren.

Netzweite Einsparungspotentiale

Innovative Technologien sowie eine Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft zeigen wesentliche Potentiale zur Verminderung von Emissionen.

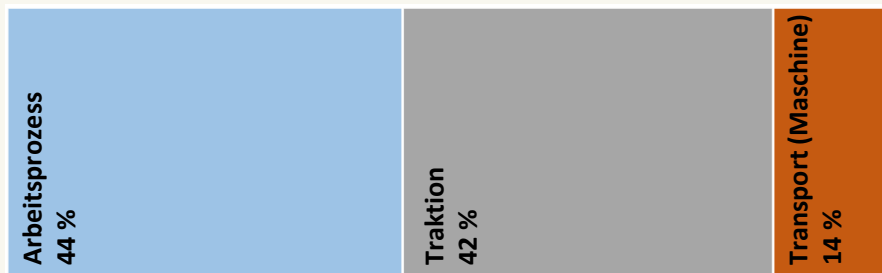


Aktuelle Emissionen



Landgraf, Exkursion Gleisbau

Dieserverbrauch Schotterbettreinigung: ~ **1000 l/km**



$$BC = ((t_{wps} \times f_{s_mult}) / (BC_{use} \times \eta_{el_PT})) \times (FC_{av} / 1000) \times EC_{Diesel} \times \rho_{Diesel} \times \eta_{ICE} \quad (1)$$

BC ... required battery capacity (rated capacity) [kWh]

$$P_{FC} = (FC_{av} / (1000 \times WL_{FC})) \times EC_{Diesel} \times \rho_{Diesel} \times \eta_{ICE} \quad (2)$$

P_{FC} ... required fuel cell power (rated power) [kW]

Parameters:

t_{wps} : working hours per eight-hour shift [h]

f_{s_mult} : shift multiplier [1]

BC_{use} : factor to describe usable battery capacity [1]

η_{el_PT} : efficiency of electric powertrain [1]

FC_{av} : average fuel consumption [l/h]

EC_{Diesel} : energy capacity of diesel [kWh/kg]

ρ_{Diesel} : density of diesel [kg/m³]

η_{ICE} : efficiency of internal combustion engine [1]

WL_{FC} : workload fuel cell [-]

[Zeiner M, Landgraf M, Knabl D, Antony B, Barrena Cardenas V, Koczwara C. Assessment and Recommendations for a Fossil Free Future for Track Work Machinery. Sustainability, 2021, <https://doi.org/10.3390/su132011444>]

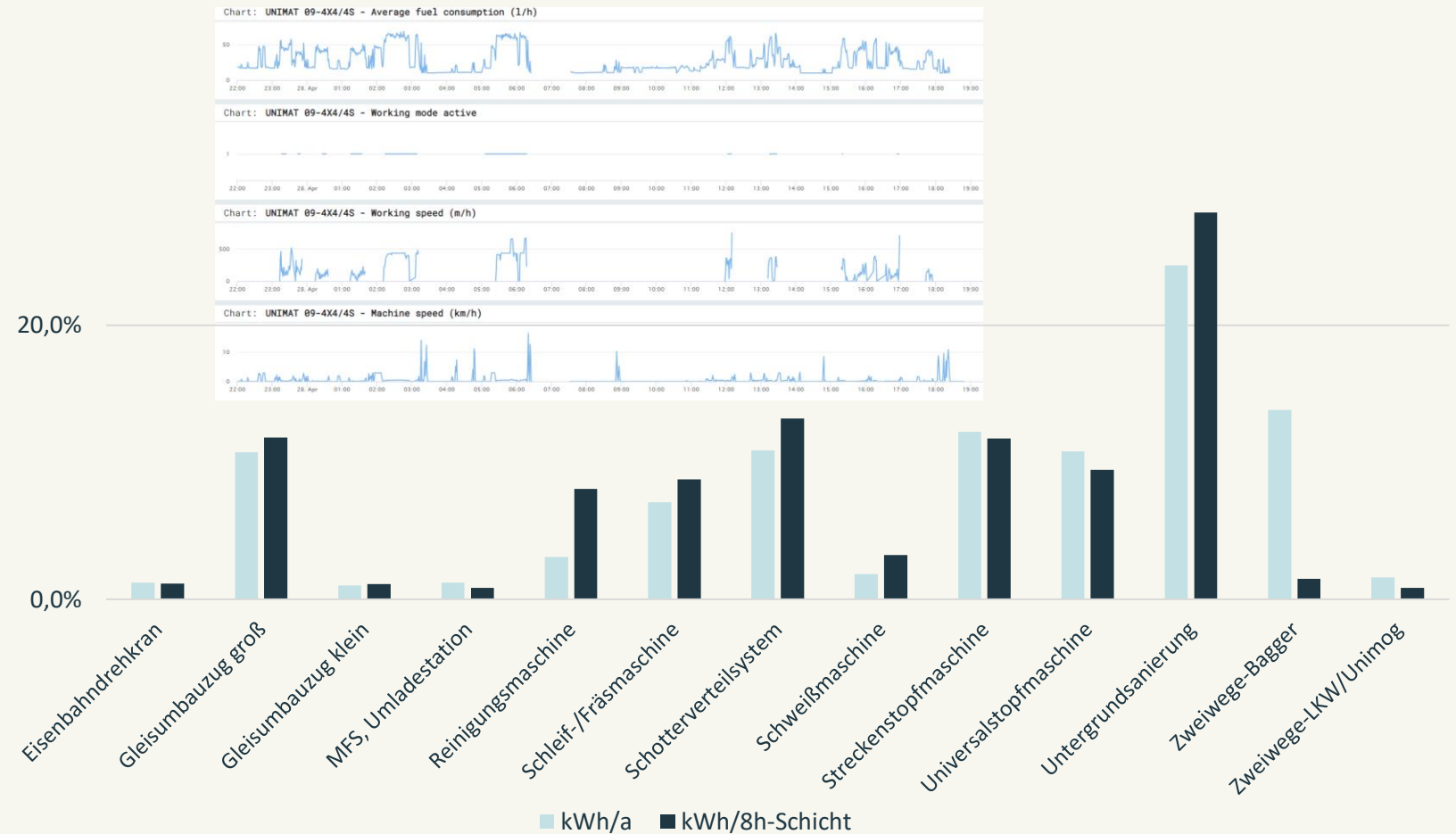


railjournal.com

Analyse der Maschinengruppen

Netzweite Analyse des Energiebedarfs der einzelnen Maschinengruppen auf Basis von sekundengenaue Messungen des Treibstoffverbrauchs auf aktuell eingesetzten Maschinen.

Dabei werden auch die baubetrieblichen Randbedingungen (Schichtlängen, Produktivzeiten, etc.) berücksichtigt.



Identifikation optimaler Alternativen

CalCAS Calculation of Comparison for Alternative Solutions

Eingabedaten

Benutzerspezifisch: Typ der Batterie und der Brennstoffzelle

Technische Daten

Dichte des Batterietyps, DoD (Depth of Discharge), Energiekapazität und Dichte des Wasserstoffs, Gewicht und Größe des Wasserstoffspeichers

Maschinendaten: Arbeitsgeschwindigkeit, Kraftstoffverbrauch usw.

Berechnung

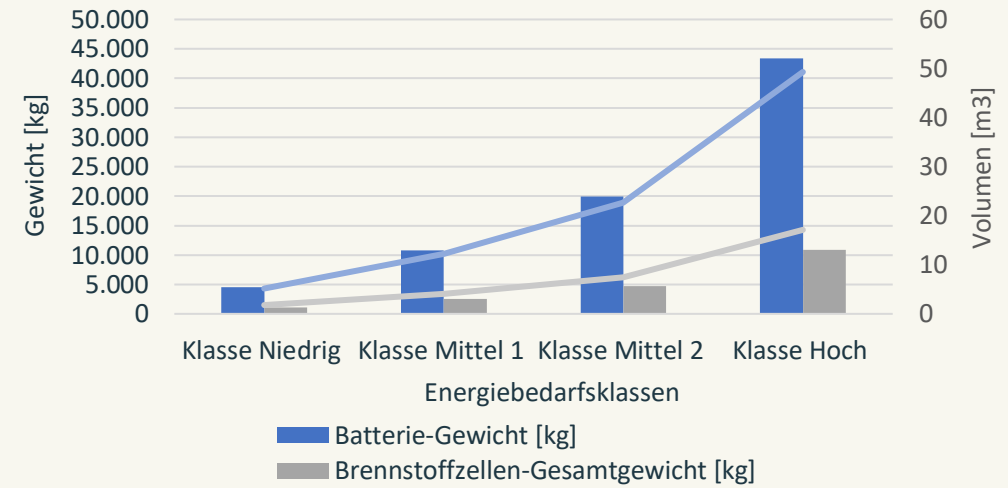
- Bedarf an elektrischer Energie
- Kapazität
- Netzanschlussleistung zum Laden

Ergebnisse

Gewicht, Volumen
Batterietyp/ Brennstoffzelle und Wasserstoff (inkl. Speicher) basierend auf Schichtlänge und spezifischen Maschinendaten



Raumbedarf und Gewicht von Batterien & Brennstoffzellen

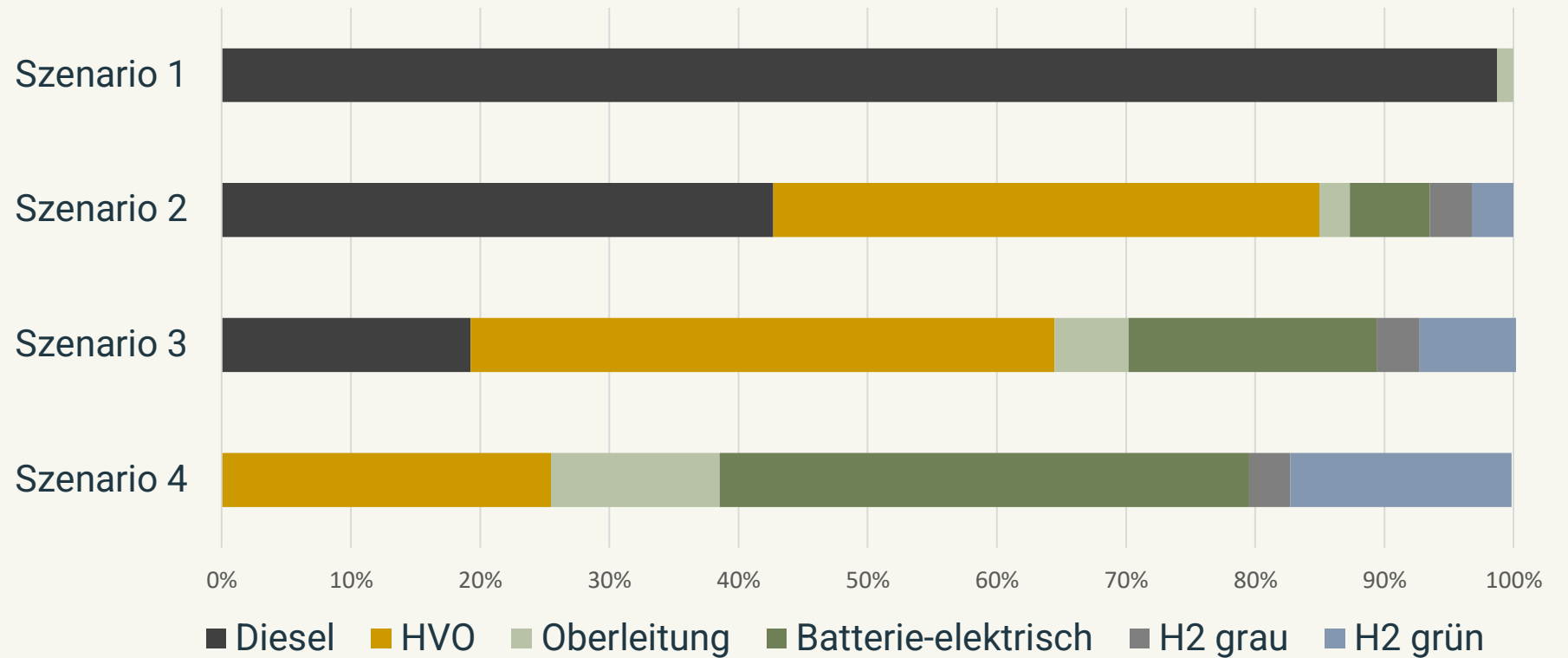


Migrationsstrategie

Migrationsstrategie von aktueller Flotte (Szenario 1) zu zukünftigen potentiellen Antriebstechnologien.

Neuanschaffung mit alternativen Antriebstechnologien, Bestandsfahrzeuge mit alternativen Kraftstoffen (bspw. HVO).

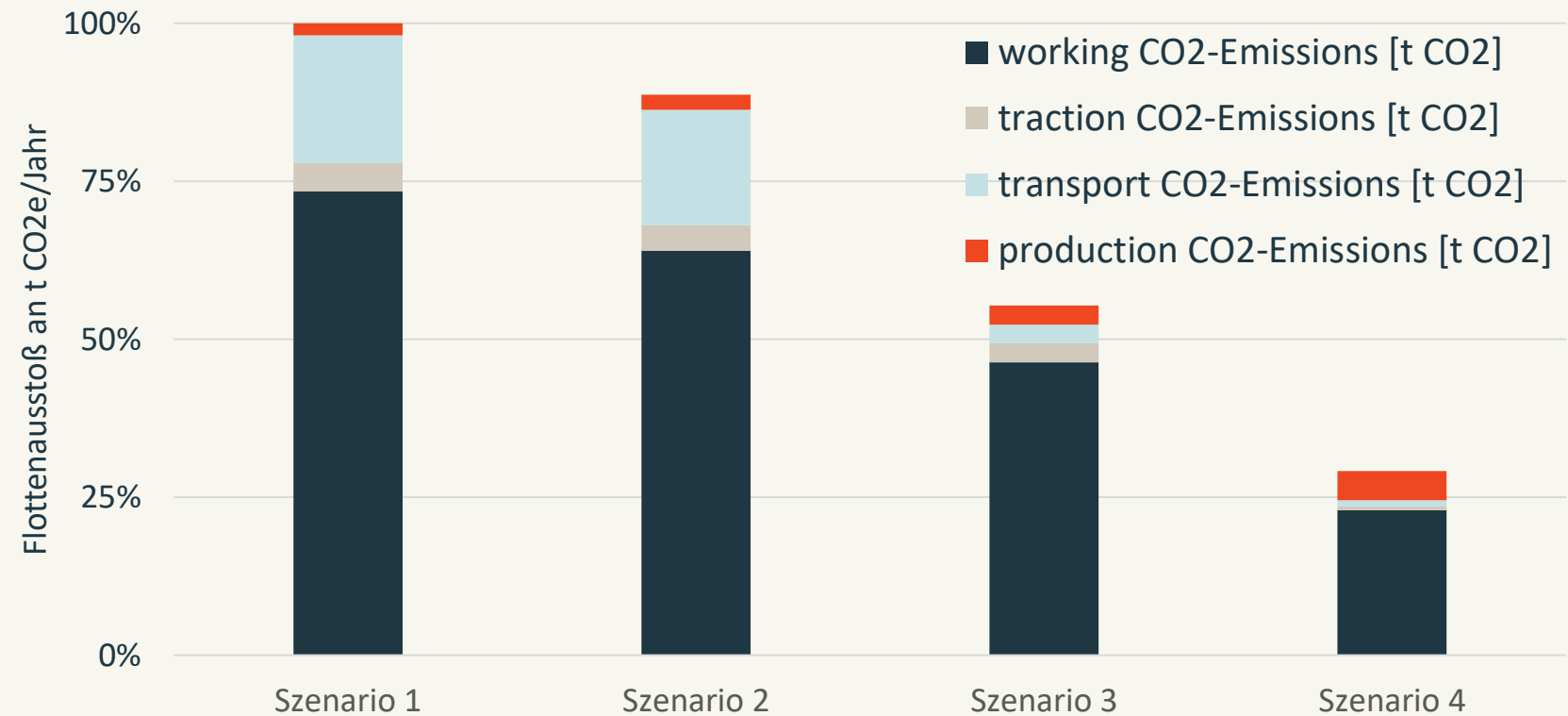
Anteile verschiedener Energieträger innerhalb der Maschinenflotte



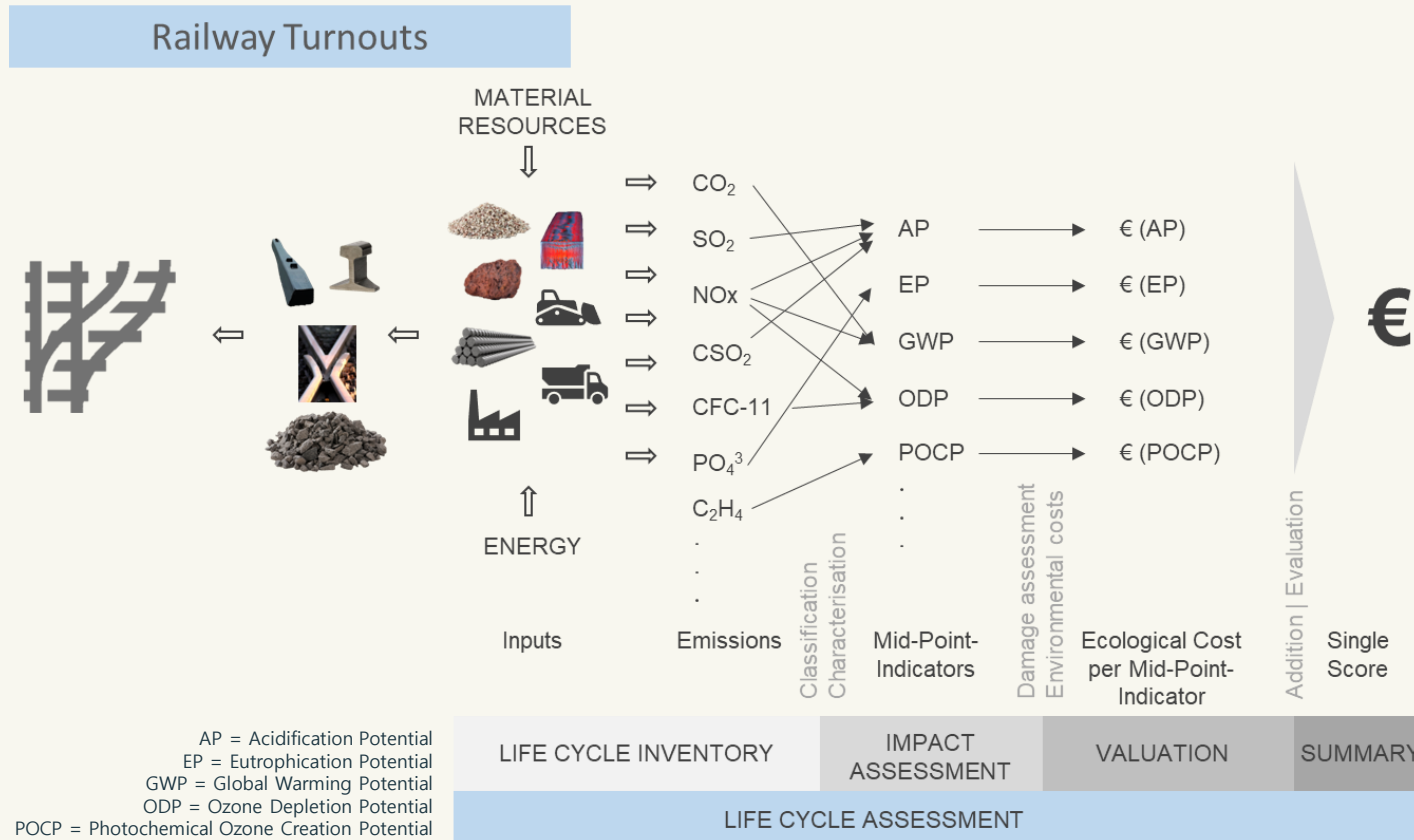
Fossilfreier Gleisbau

Migrationsszenarien

Durch Substitution der Kraftstoffe sowie Wahl alternativer Antriebssysteme bei Neuanschaffung können bis zu 72% der Emissionen eingespart werden.



Monetarisierung der Umweltwirkungen



Die Monetarisierung von Umweltwirkungen ermöglicht eine Integration dieser in kostenbasierte Entscheidungsprozesse.

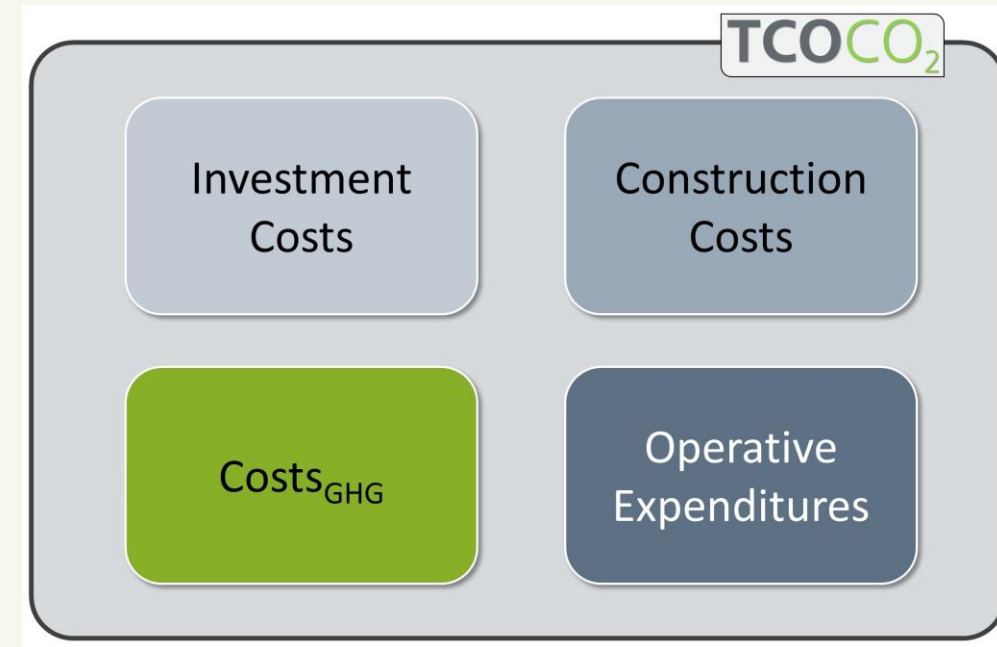
Diese sollte – wenn möglich – auf Basis „Stand der Wissenschaft“ (Schadens- und Vermeidungskosten) durchgeführt werden, um den notwendigen Lenkungseffekt zu erzielen.

Ökologische Vergabe

Erweiterung des TCO-Modells um Umweltkosten (monetarisierte Umweltwirkungen).

Methodik soll für Infrastruktur, Fahrzeuge, IT und Services/Dienstleistungen anwendbar sein.

Erarbeitung eines Berechnungsmodells zur Ermittlung der offerantenspezifischen Umweltwirkungen.



[Landgraf, Schirmer, *Implementation of environmental impacts within public procurement at ÖBB*, Global Railway Review]

[Landgraf, Schirmer, *Total Cost of Ownership mit ökologischer Bewertung*, Best in Procurement BiP]

[Landgraf, Marschnig, Schirmer, *Integration von Umweltwirkungen im öffentlichen Beschaffungsprozess am Beispiel der Eisenbahn*, ZEV Rail]

[Komer, Landgraf, Schirmer, *Nachhaltige Kostenmodelle im Vergaberecht*, ZVB Vergaberecht und Bauvertragsrecht, Manz]

3. Operation

evias | Matthias Landgraf

Take Aways und ToDo's

- Erhöhung der Nutzungsdauer mit hochwertigen Produkten.
- Emissionsarme Produktionsprozesse (Stahl, Beton).
- Implementierung von Kreislaufwirtschaft bei Materialien mit einem hohen Potenzial für Wiederverwendung und Recycling (am besten vor Ort).
- Strategien hinsichtlich Energiebereitstellung sollen jedenfalls auch Nebenfahrzeuge und Verschubfahrten mitberücksichtigen.
- Einbeziehung der Umweltauswirkungen in den Entscheidungs- und Ausschreibungsprozess.
- Weiterentwicklung der Umweltbepreisung auf europäischer Ebene, damit Umweltauswirkungen nicht mehr als "weicher Faktor" behandelt werden.



Ökologische Aspekte des Systems Bahn

Fokus Bau und Erhaltung von Gleisinfrasturktur

Priv.-Doz. DI Dr. Matthias Landgraf



www.evias.at

ÖVG Salzburg, 09.05.2023