

Ganzheitliche Bilanzierung von Busverkehrssystemen

Ökologisch-ökonomische Gesamtbewertung unterschiedlicher Antriebs- und Kraftstoffoptionen

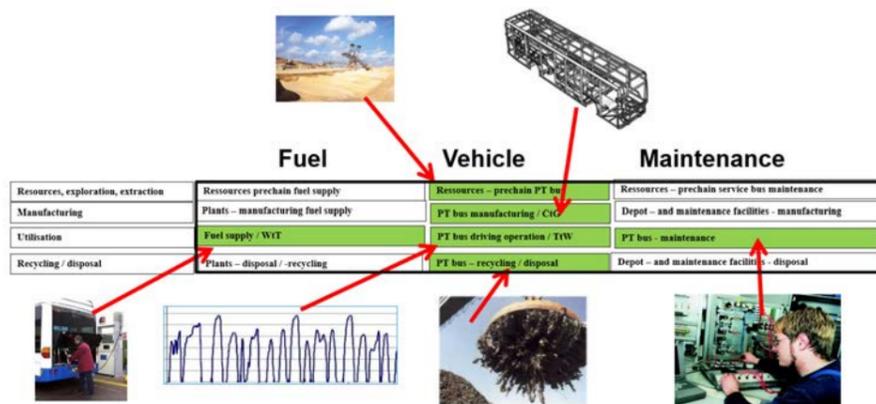
Ansprechpartner: Prof. Dr. R. Pütz

Gewählter „System“-Ansatz

Für eine umfassende ökologische und ökonomische Bewertung von Fahrzeugflotten müssen alle Stationen des Lebenszyklus von Verkehrssystemen wie:

- **Fahrzeugproduktion und ggf. Recycling/Entsorgung** („Cradle-to-Gate“; CtG und „End-of-Life“; EoL)
- **Kraftstoffbereitstellung** (Well-to-Tank; WtT),
- **Fahrbetrieb** (Tank-to-Wheel; TtW) und
- **Instandhaltung**

in die Analyse einbezogen werden, da die isolierte Betrachtung nur des eigentlichen Fahrbetriebs – wie leider in den einschlägigen EU-Richtlinien, z.B. der sogenannten „Clean Vehicles Directive“ – zu völlig falschen Schlüssen führen kann, da in allen o.g. Subsystemen Energie verbraucht wird und lokale und globale Emissionen entstehen. Bei der Analyse der Emissionen stehen als lokal wirksame Hauptkriterien die Partikel- und Stickoxid-Emissionen und als global wirksame Hauptkriterien das CO₂-Äquivalent im Vordergrund, deren Wirkungen über die Bestimmung der externen Kosten als ökologisches Profil einer Antriebstechnik zusammengefasst werden können.



Ecological Systems Approach with Subsystems; model by R. Pütz

Bei der ökonomischen Analyse erfolgt die Fokussierung auf die „Fahrzeugkosten“, bestehend aus:

- **Kapitaldienst,**
- **Kraftstoff/Energiekosten** und
- **Instandhaltungskosten,** ergänzt durch
- die **Kosten für die Energiezuführungsinfrastruktur.**

Die ökologischen und ökonomischen Vergleiche beziehen sich auf elf Szenarien mit Vergleichsflotten aus 50 Solo- und 50 Gelenkbussen und basieren auf einem realen, mittleren deutschen Verkehrsunternehmen.

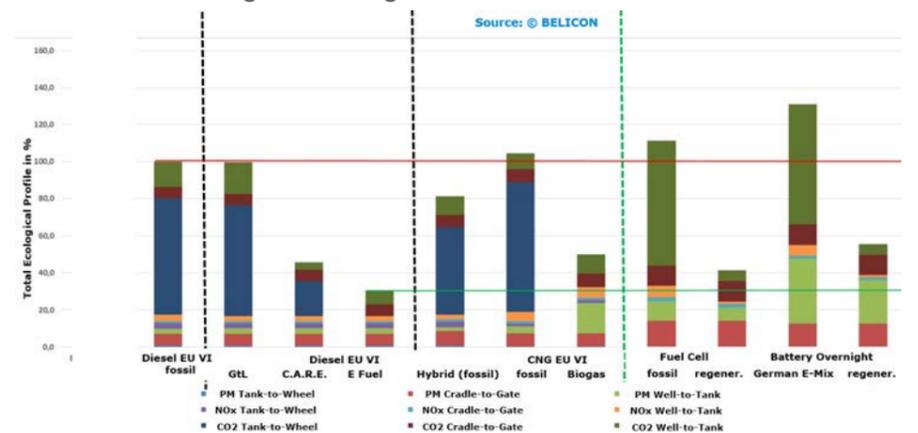
Ergebnisse: Notwendigkeit zur Rückkehr zur Technologieoffenheit

Die ökologische Gesamtbewertung für den Zeithorizont „heute“ und auch für den mittelfristigen Ausblick weist aus, dass für eine umfassende Nachhaltigkeit absolut keine Notwendigkeit besteht,

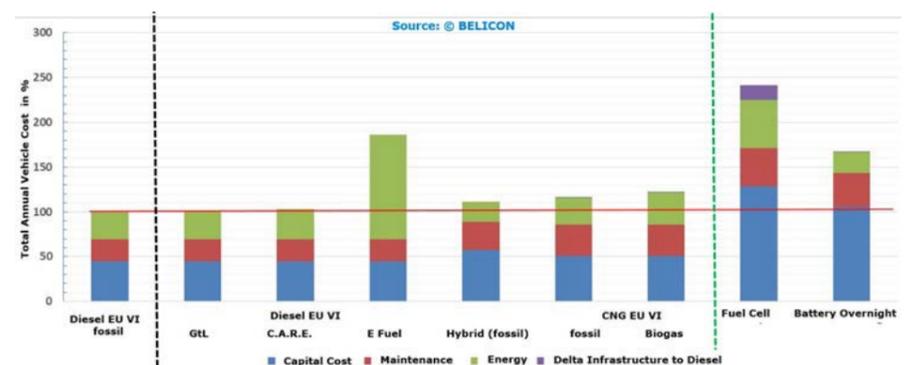
Fazit

„Viele Wege führen nach Rom“ – der zielführende Antrieb kann entweder verbrennungs- oder elektromotorisch sein.

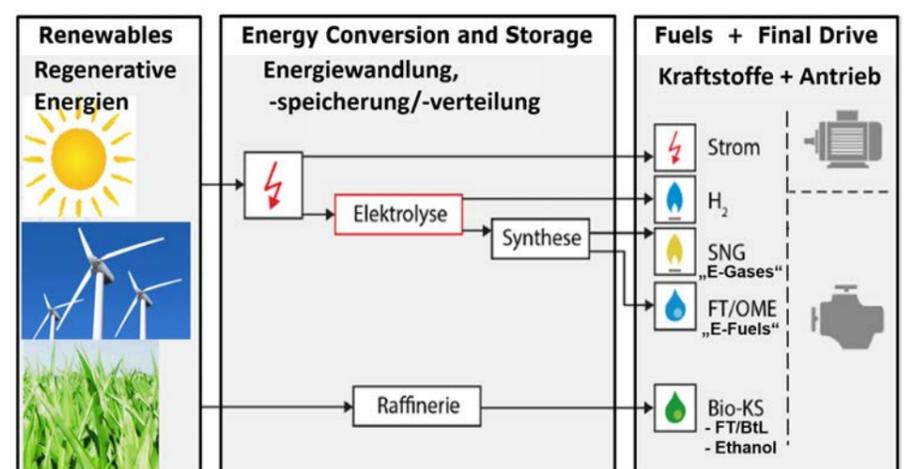
moderne Verbrennungsmotor-Antriebe zu verbannen. Heute, bei aktuellem deutschem Strommix, werden sogar kaum bis keine Verbesserungen durch die Beschaffung alternativer elektrischer Antriebsvarianten erreicht, obwohl laut EU-Beschaffungsrichtlinie alle Elektrofahrzeuge unabhängig vom Strommix gar als „emissionsfrei“ deklariert werden. Mit regenerativen Optionen wie HVO-Diesel (C.A.R.E.-Diesel), Biomass-to-Liquids (BtL) und allen voran mit **E-Fuels (über Wasserelektrolyse mit regenerativem Strom und CO₂ aus der Luft oder aus Kraftwerken; produziert in Gegenden mit ausreichend regenerativer Primärenergie, da hier der Wirkungsgrad keine Rolle spielt, wie Nordafrika, Südeuropa, Australien, Patagonien etc.)** bieten sich heute schon veritable, zumindest gleichwertige Alternativen zur Elektromobilität.



System-related total environmental relevance of a real German PT bus fleet for the time horizon „today“



Relative vehicle cost of a real German PT bus fleet "today" - without subsidies



Renewable Energies are the key, but the final drive is still open