

Einfach machen oder komplex lösen: Was braucht nachhaltige Mobilität wirklich?



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Tobias Peichl
Stephan Rinderknecht



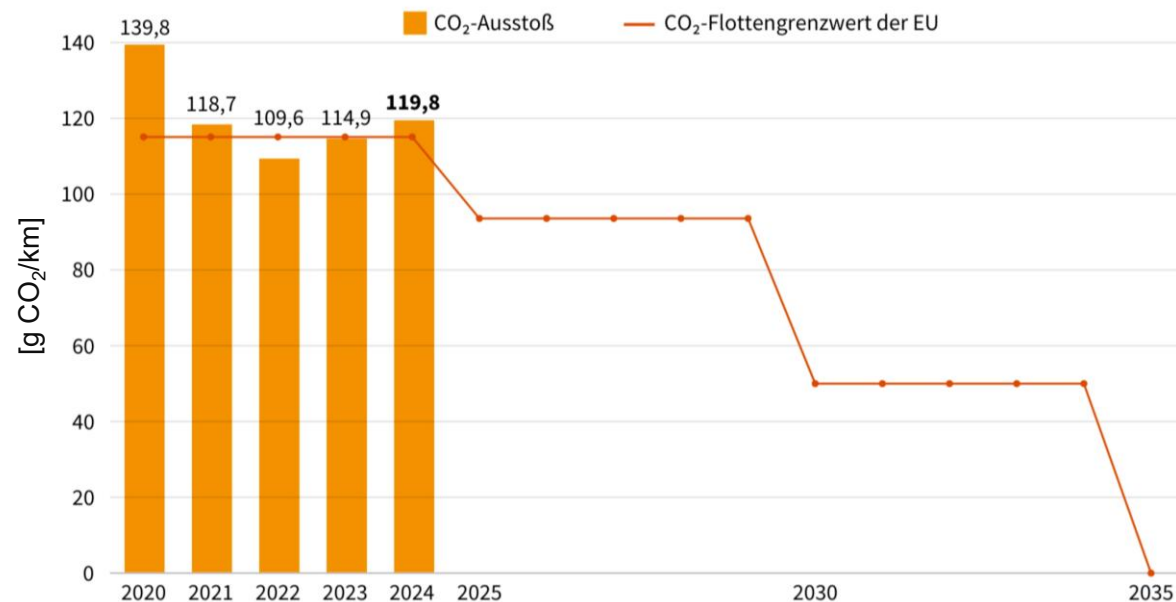
MASCHINENBAU
We engineer future

IMS

Motivation

Einfach machen oder komplex lösen?

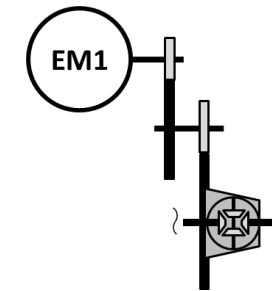
Entwicklung des durchschnittlichen CO₂-Ausstoßes neu zugelassener Fahrzeuge in Relation zum CO₂-Flottengrenzwert der EU [g CO₂/km]



Quelle: Kraftfahrtbundesamt, EU-Kommission



Einfache Regulatorik, einfache Lösung:



1-Gang E-Auto

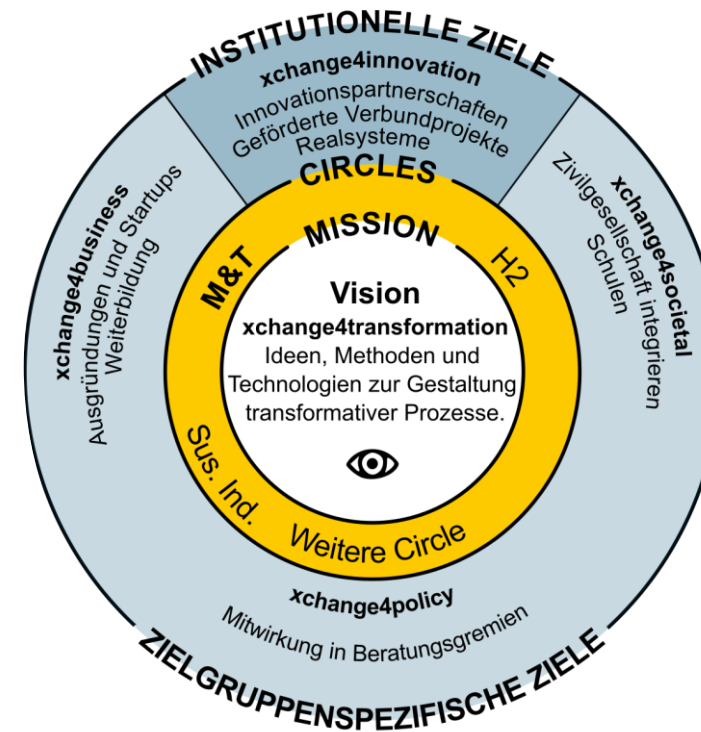
Einfache Lösung, beste Lösung?



xchange-Strategie der TU Darmstadt

Circle Sustainable Mobility & Transport

xchange der TU Darmstadt bezeichnet den **wissenschaftsbasierten, verantwortungsvollen** und partnerzentrierten **Austausch von Ideen, Wissen, Erkenntnissen und Technologien**, sowohl **intern** als auch mit **externen Partnern**.

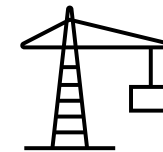
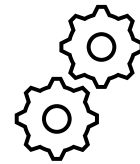


xchange-Circle Sustainable Mobility and Transport

Wer steckt dahinter?

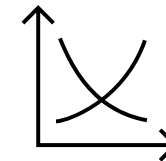
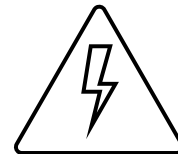


Fachbereich Maschinenbau
(6 Institute)



Fachbereich Bauingenieurwesen
(3 Institute)

Fachbereich Elektrotechnik
(3 Institute)



Fachbereich Wirtschaftswissenschaften
(1 Institut)

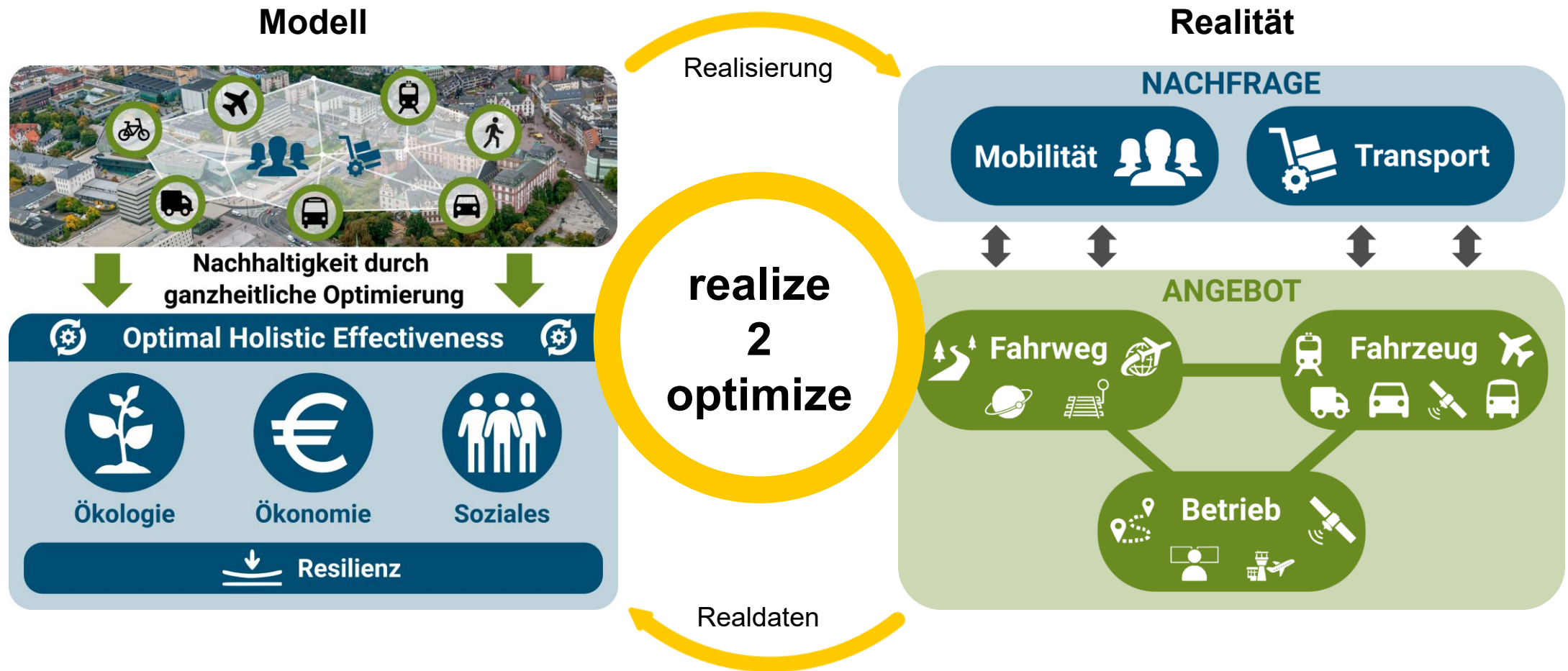
Interdisziplinäre Zusammenarbeit für Austausch mit Wirtschaft, Politik und Gesellschaft

xchange-Circle Sustainable Mobility and Transport

Vision und Vorgehen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

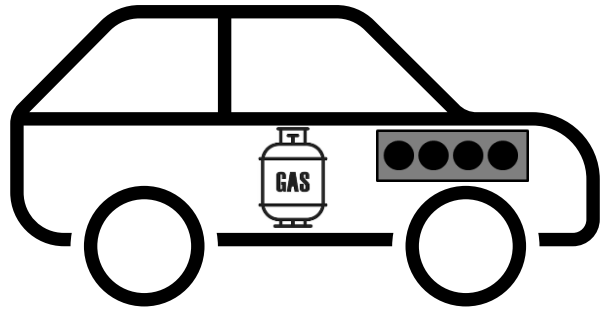


xchange-Circle Sustainable Mobility and Transport

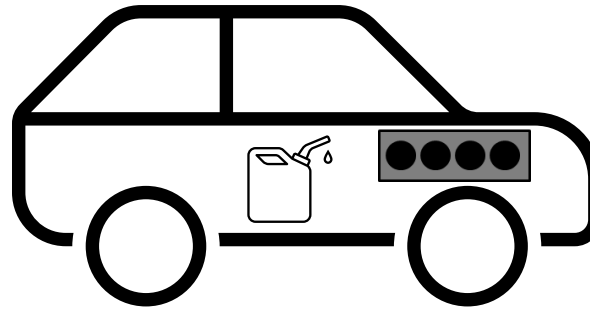


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

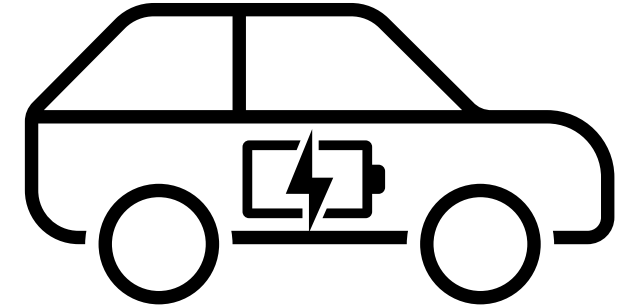
Erdgas-Verbrenner



Verbrauchsangaben nach WLTP

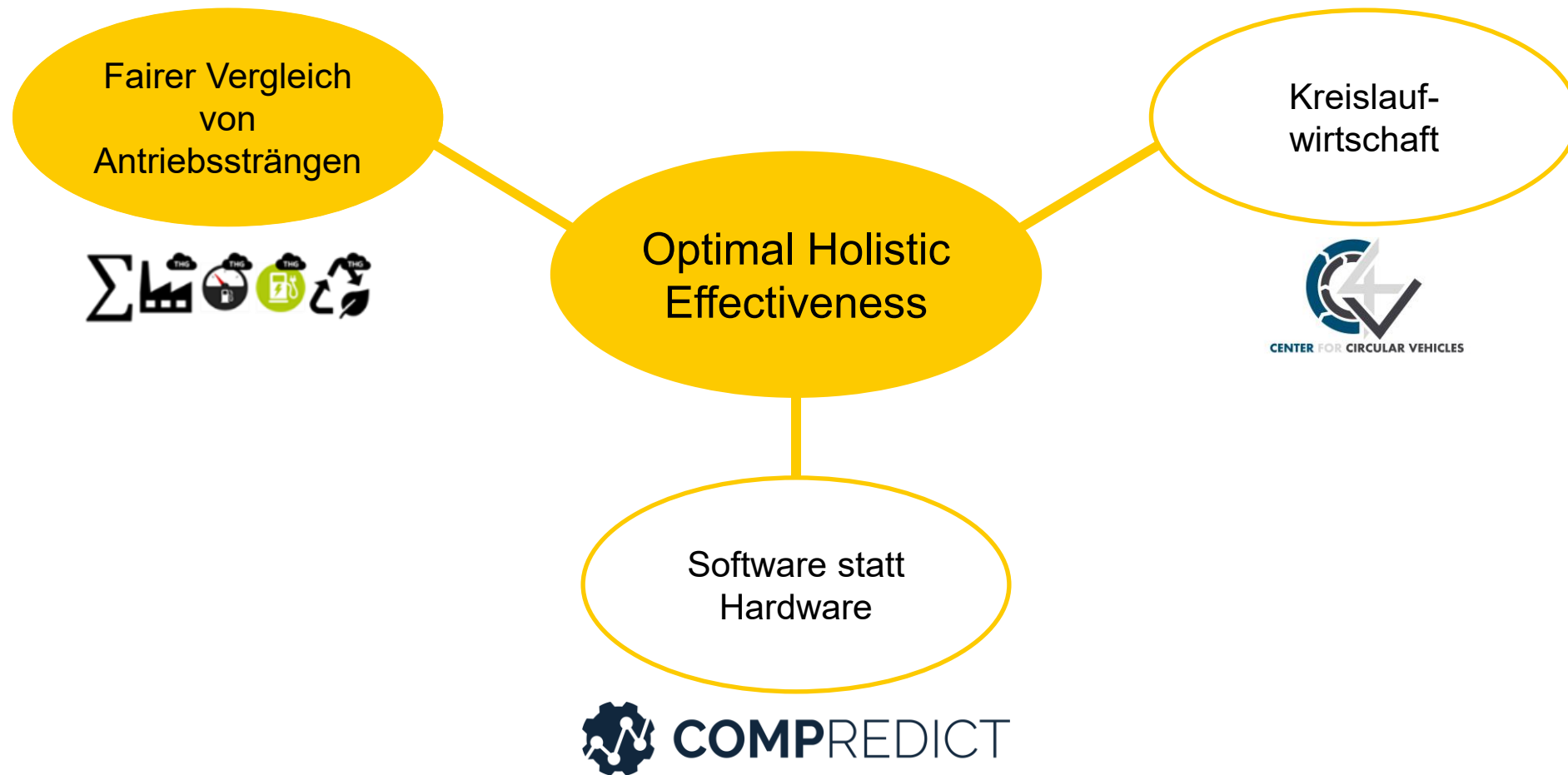


Elektroautos



Es müssen immer alle Faktoren betrachtet werden: Optimal Holistic Effectiveness

Anwendungsbeispiele Sektor Verkehr



Driving Optimal Powertrains (DrOPs)

Fairer Technologievergleich von Antriebskonzepten

MOTIVATION

Vergleich des ökologischen Potentials

Ziel: Minimal mögliche CO₂-Bilanz

Ansatz: Modellbasierte Optimierung unterschiedlicher Antriebstechnologien

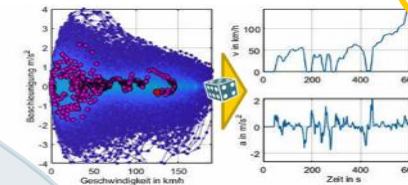
$$\min f(x) = \sum \text{Icons}$$



ANWENDUNGSFALL

Individuelle Fahrprofile

Nutzung realer Fahrdaten für repräsentative Fahrzyklen und Fahrdistanzen

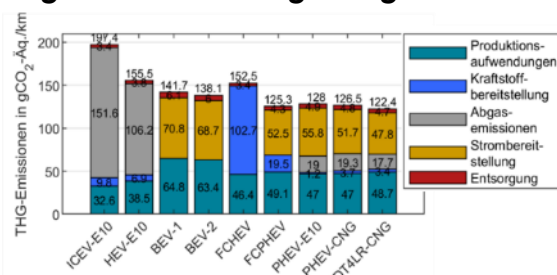


Fahrzeugeinsatz
Stadt, Langstrecke,
Familie/Pendler, ...

ÖKOLOGISCHES POTENTIAL

Minimale CO₂-Bilanz durch optimale Auslegung und Nutzung

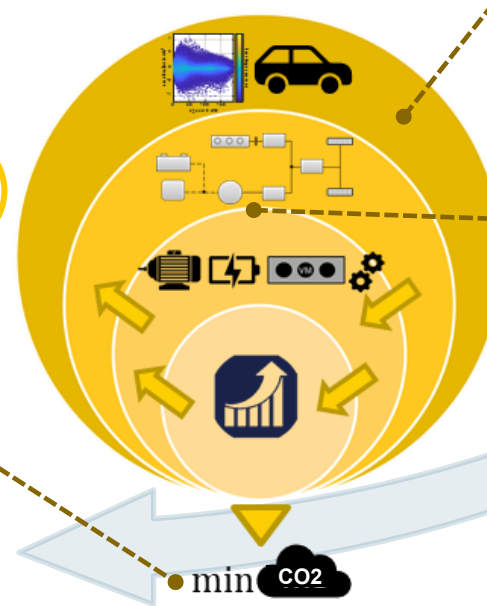
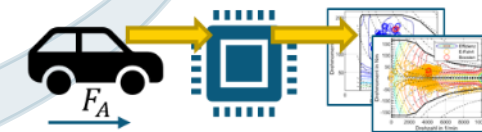
Ergebnis Technologievergleich



FAHRZEUGSIMULATION

Dynamische Fahrmodellierung

Optimierung Auslegungs- und Betriebsparameter mit detailliertem Antriebsstrangmodell



min CO₂

Spezifische Ergebnisse
Land (D, ...), Bezugsjahr

Dissertation Arved Eßer (2021)

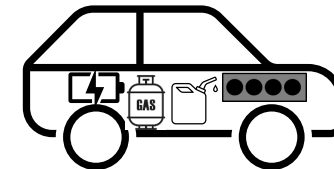
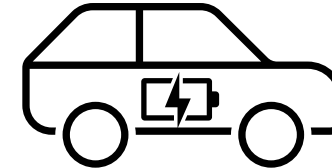
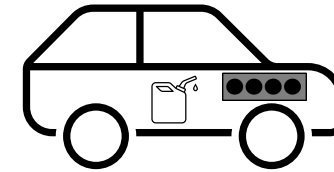
DrOPs: Driving-Optimal Powertrains

Driving Optimal Powertrains (DrOPs)

Antriebskonzepte zum Vergleich

Untersuchte Antriebskonzepte

- ICEV: Konventionell verbrennungsmotorisches Fahrzeug
- BEV-1: Batterieelektrisches Fahrzeug (Festgang)
- BEV-2: Batterieelektrisches Fahrzeug (2-Gang Getriebe)
- HEV: Vollhybrid mit Verbrennungsmotor (E10)
- FCHEV: Brennstoffzellenfahrzeug
- FCPHEV: Brennstoffzellenfahrzeug mit Plug-in Option
- PHEV: Plug-in Hybrid (P2) mit VM (E10 & CNG)
- TDT4LR: Dedizierter Hybridantrieb mit Plug-in Option (CNG)



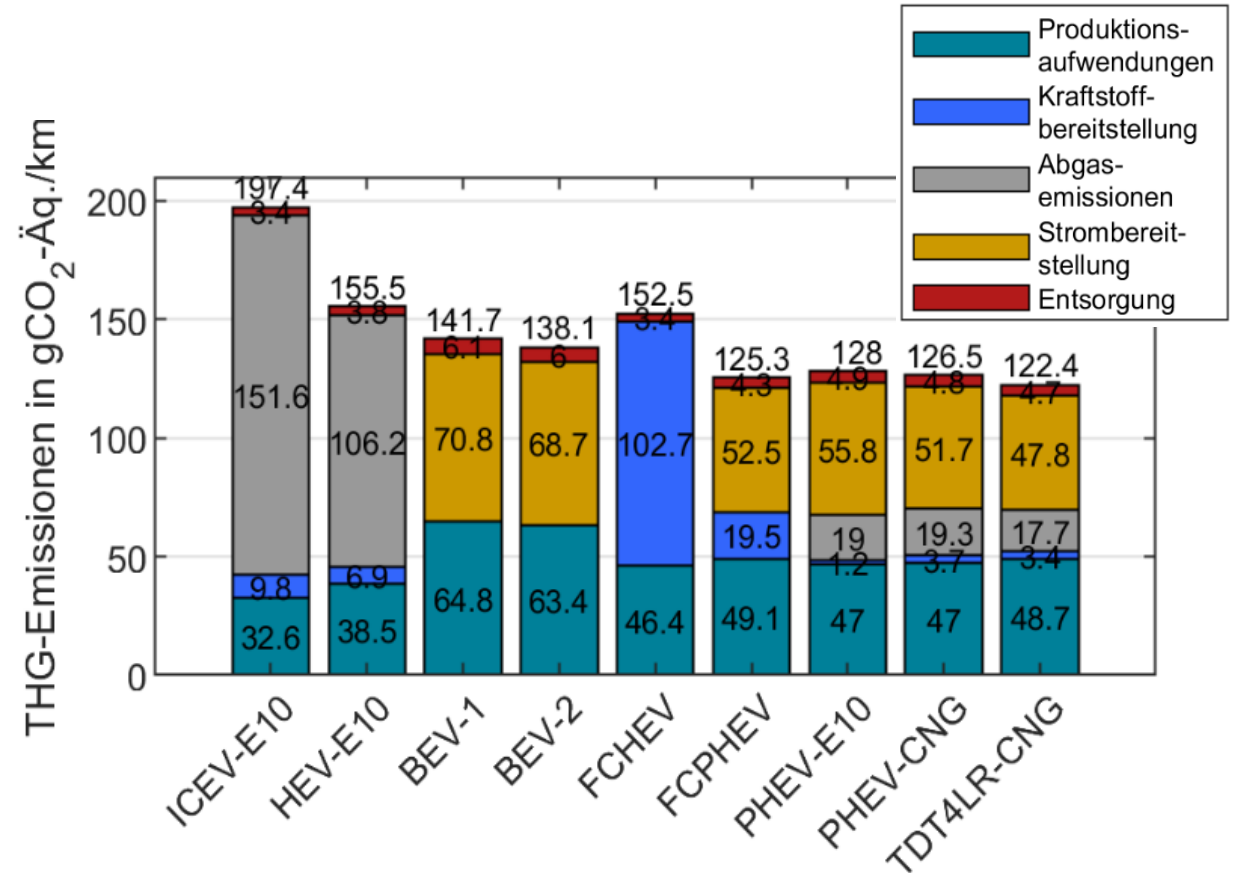
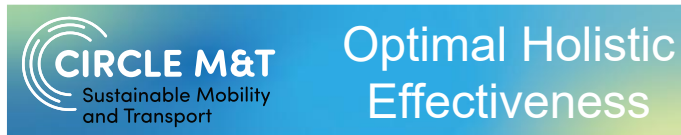
Driving Optimal Powertrains (DrOPs)

Beispiel des ökologischen Potentials (Artemis-MiD400 2020)

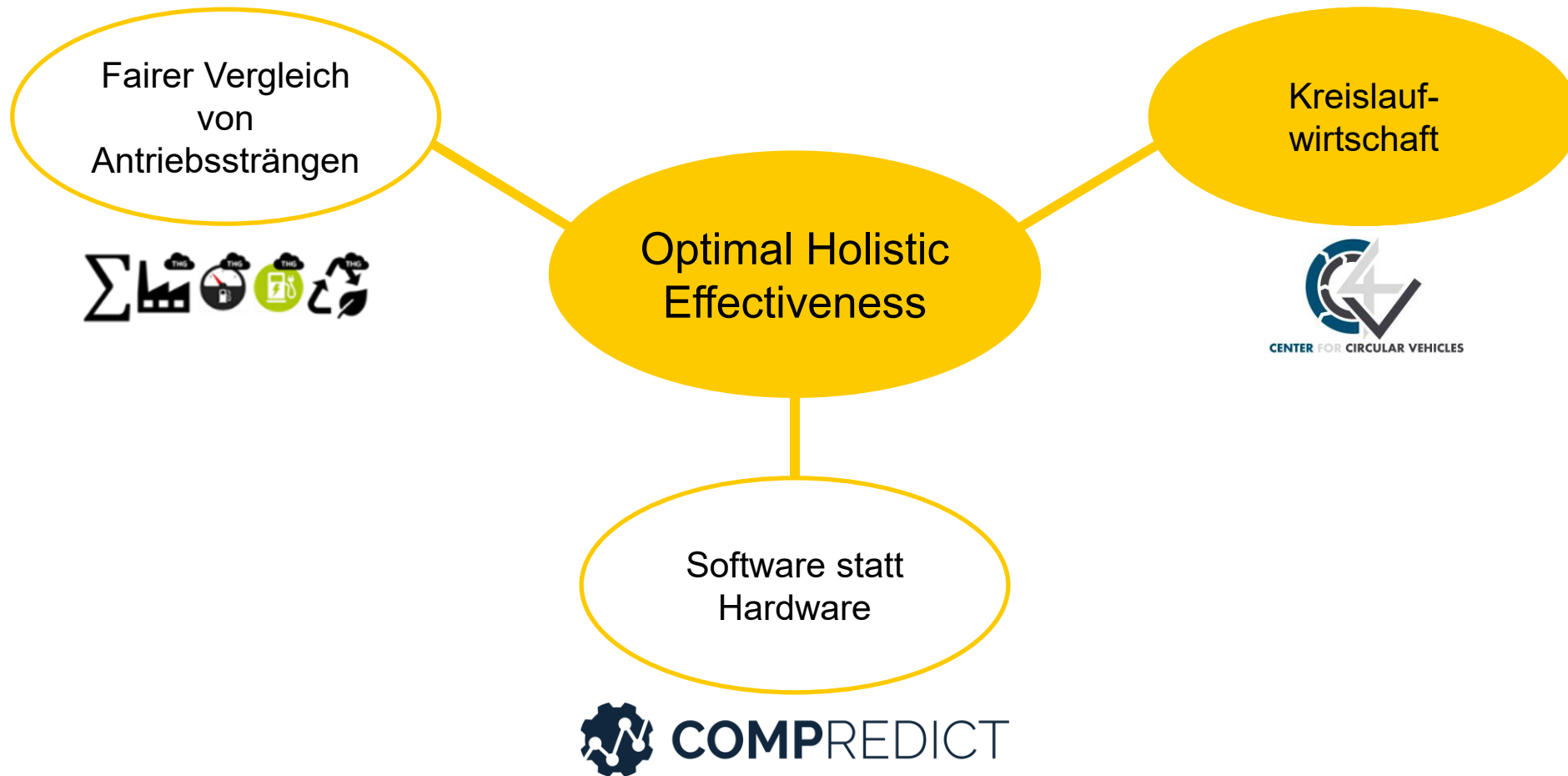
Ökologisches Potential

- Elektrifizierung essenziell
- Plug-in Option vorteilhaft
- BEV-Klasse: Potential der Mehrgängigkeit
- Plug-in Hybridkonzepte: Bestes Potential
 - Hoher el. Anteil trotz kleiner Batterie

**Ergebnis spezifisch für
Nutzungsprofil & Annahmen!**

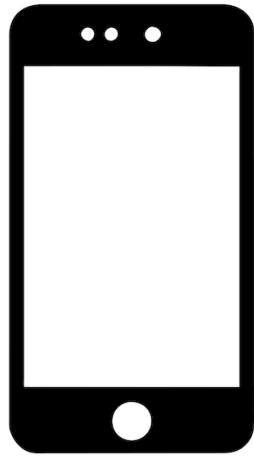


Anwendungsbeispiele Sektor Verkehr



Center for Circular Vehicles (C4CV, Steven Peters)

Vision



Smartphone on Wheels?



Apartment on Wheels?

Upgradeability!

Center for Circular Vehicles (C4CV, Steven Peters)

Upgradeability

Treiber der „Upgradeability“



Markt



Regulatorik



Technologie

Befähiger der „Upgradeability“



High Performance Computing



Software Definedness

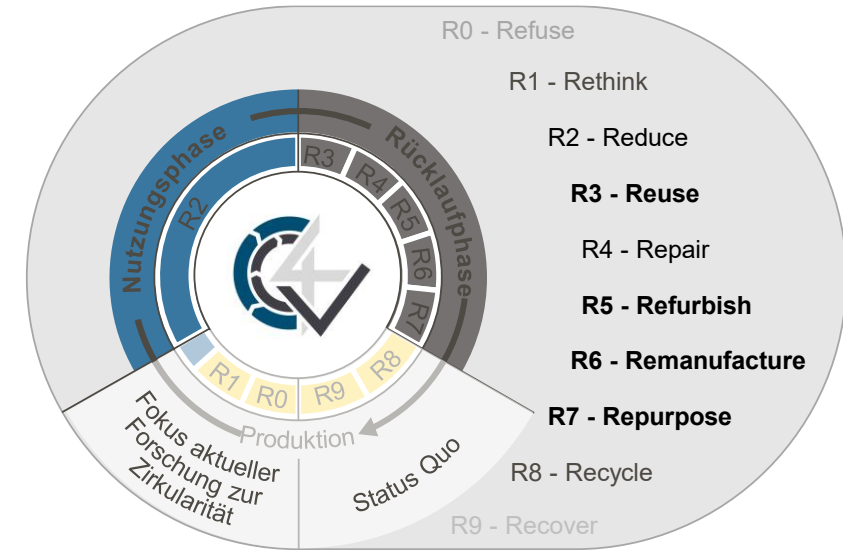
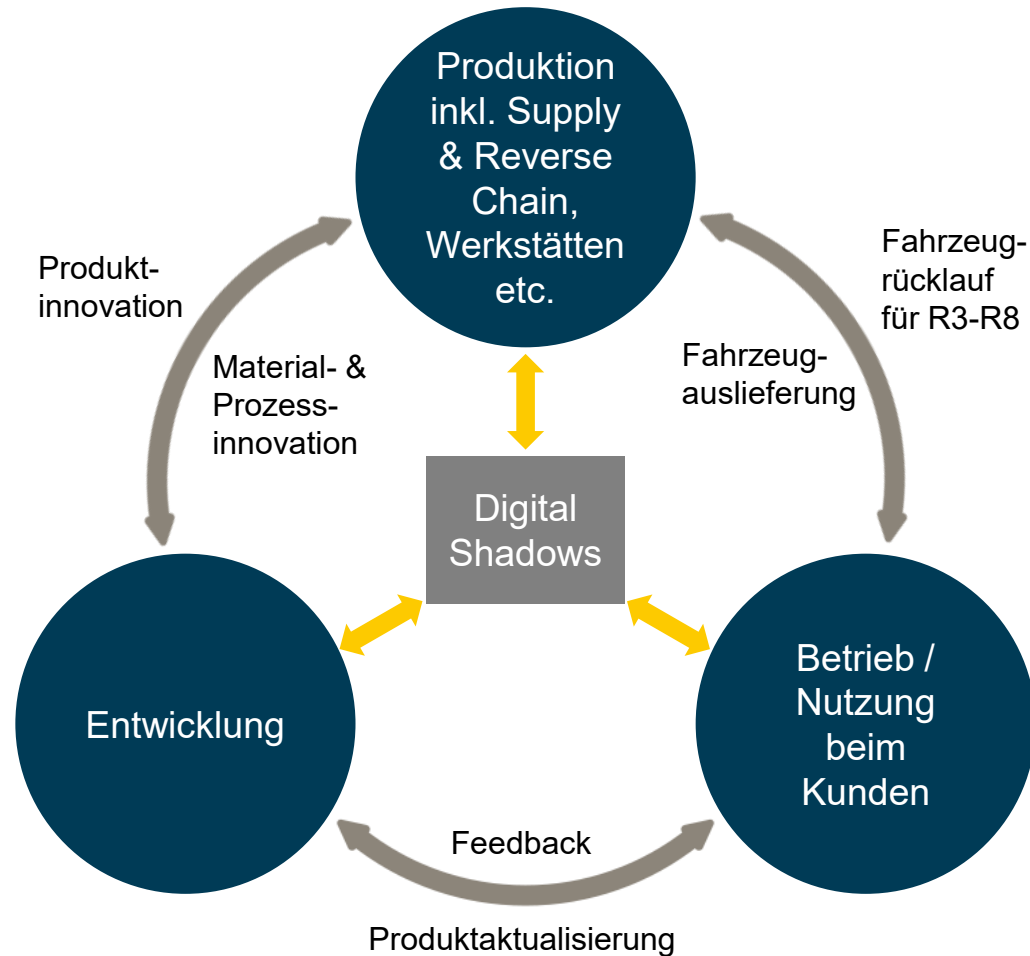


Modularität

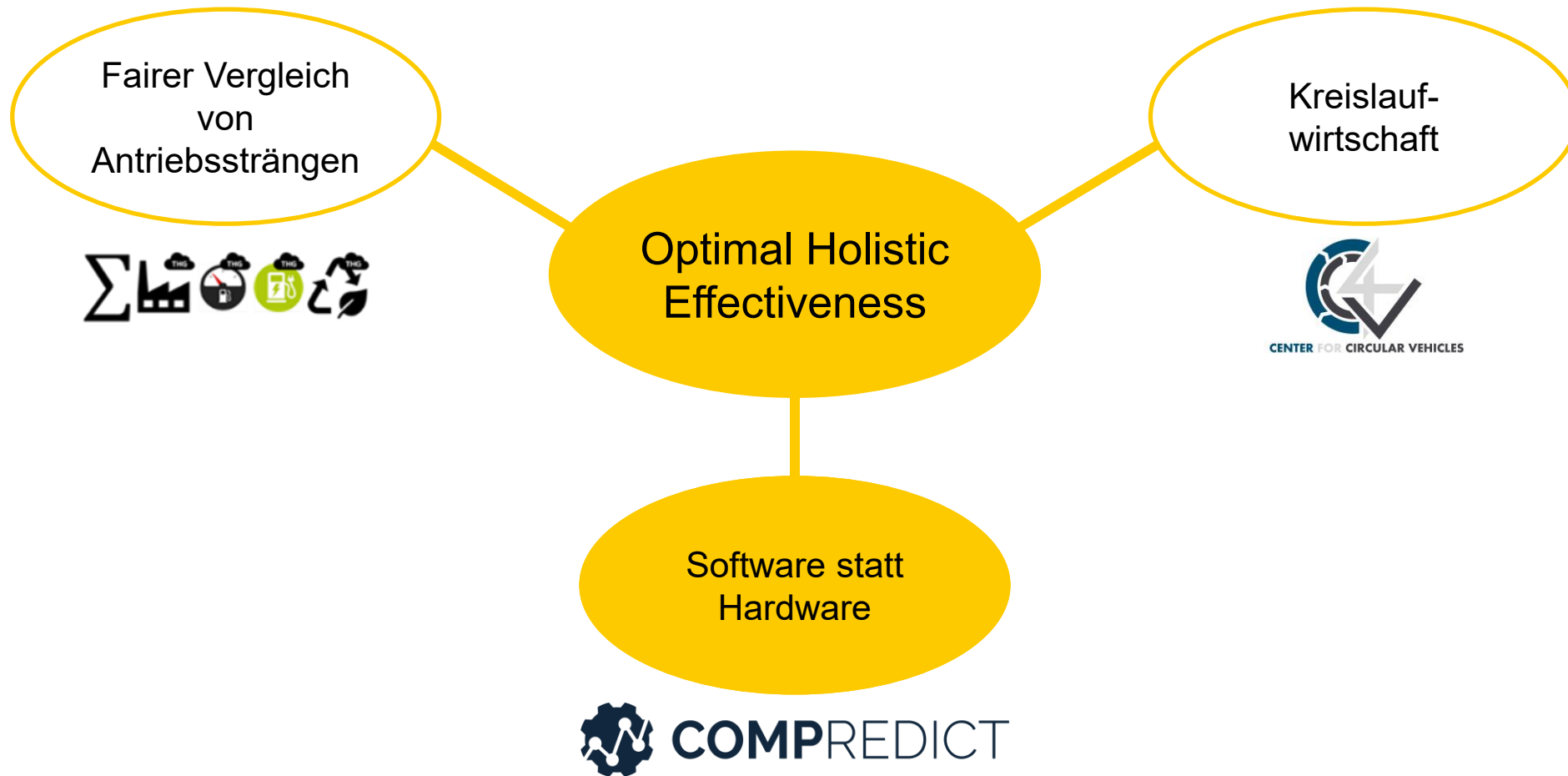
Upgradeability ist technisch möglich!

Center for Circular Vehicles (C4CV, Steven Peters)

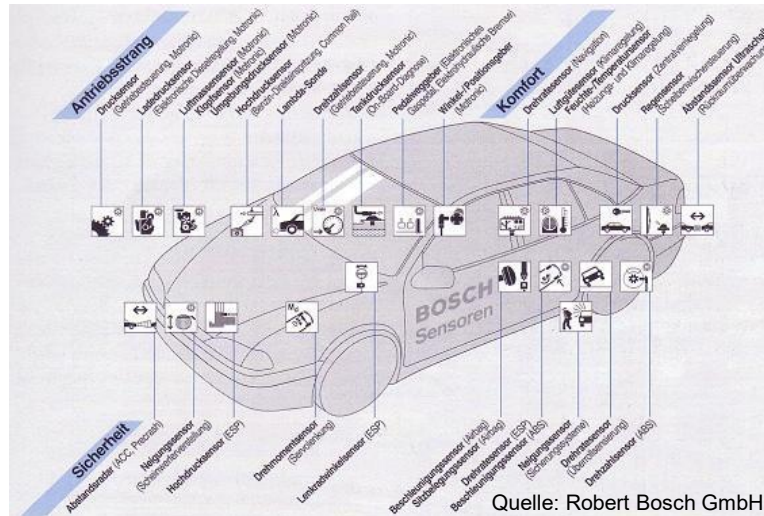
Auswirkungen der Zirkularität auf Wertschöpfungsstrukturen



Anwendungsbeispiele Sektor Verkehr



Hardware- und Virtuelle Sensoren



Vielzahl an Sensoren im Auto

Steigende
Preise für
Endver-
braucher

Lösung?

Virtuelle Sensoren

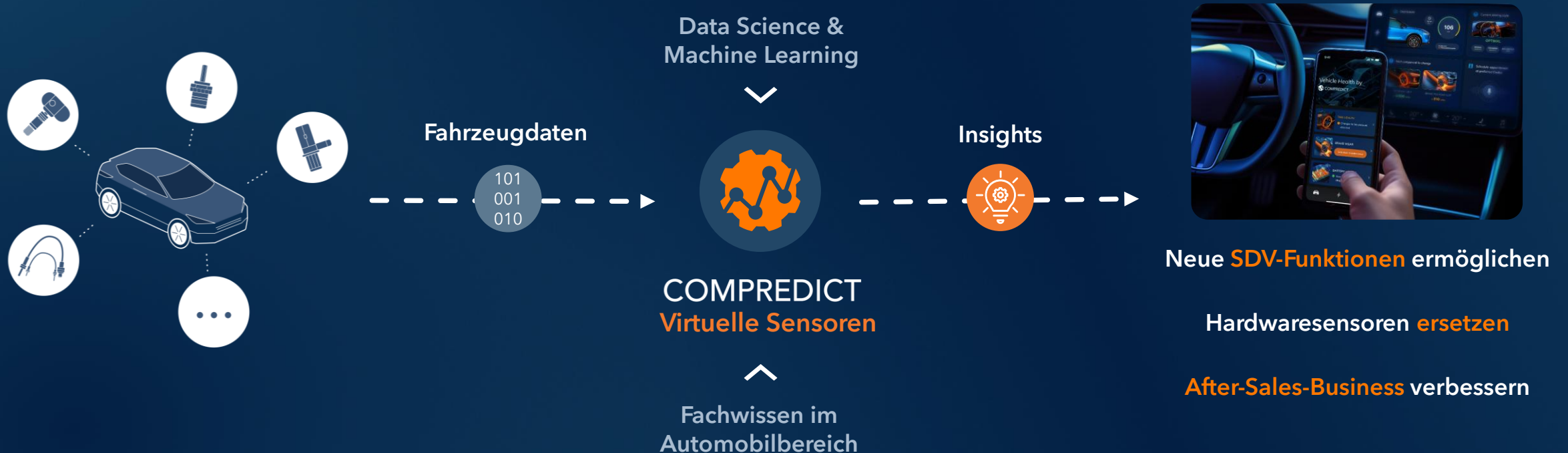


Was sind virtuelle Sensoren?

Virtuelle Sensoren ermitteln mit Hilfe von Modellen Zielgrößen, die nicht über Hardware-Sensoren gemessen werden.



VIRTUELLE SENSOREN VERWANDELN FAHRZEUGDATEN IN WERTVOLLE SOFTWARE-LÖSUNGEN



COMPREDICTs PORTFOLIO FÜR **VIRTUELLE SENSOREN**:



Neue SDV-Möglichkeiten



Radkraft-
wandler



Fahrzeug-
gewicht



Dämpfer-
kräfte



Kräfte
Lenkstange



Drehmoment
Antriebswelle



Ersetzen von Hardware



Frontlicht
Leveling



Temperatur
Bremse



Temperatur
Reifen



E-Motor
Temperatur



Reifen-
druck



Federweg



After-sales Business



Reifenverschleiß



Bremsenverschleiß

Virtuelle Sensoren für Reifendruck - Übersicht



Komplexere Software . . .

. . . einfachere Hardware

Rolle & Wichtigkeit:

Die kontinuierliche Überwachung des absoluten Reifendrucks aller Reifen gewährleistet eine optimale Fahrzeugleistung, Sicherheit und Kraftstoffeffizienz.

Regulatorik:

Reifendruckkontrollsystem (TPMS) ab September 2007 für alle neuen Personenkraftwagen vorgeschrieben (UNECE-Regelung Nr. 64, November 2007).

Optionen zum Ersetzen von Hardware:

OEMs können alle vier Reifendrucksensoren durch den virtuellen Sensor von COMPREDICT ersetzen. Der virtuelle Sensor kann ohne Einbußen bei der Genauigkeit implementiert werden.

Reifendrucksensoren:

Sensoren, die den Reifendruck eines Fahrzeugs jederzeit überwachen und melden, um einen korrekten Reifendruck für Sicherheit und Effizienz zu gewährleisten.

Stückliste: 15 € - 25 € pro Fahrzeug*

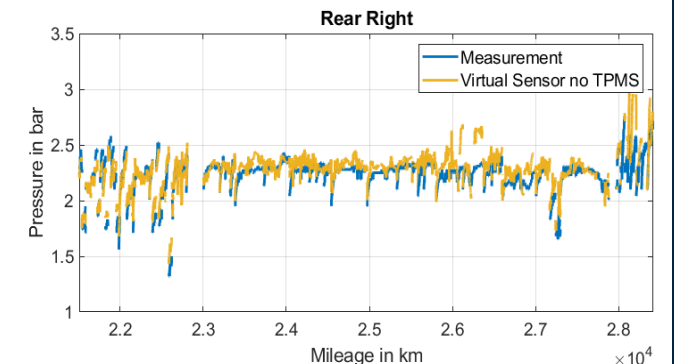
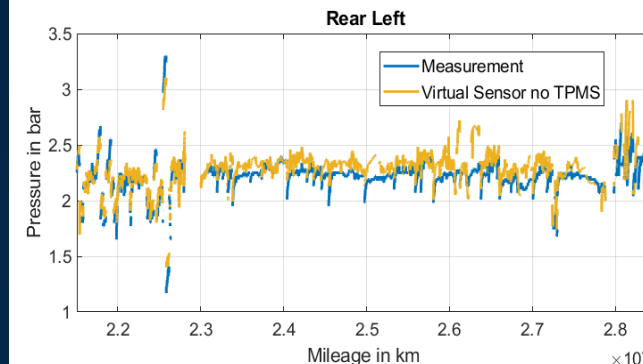
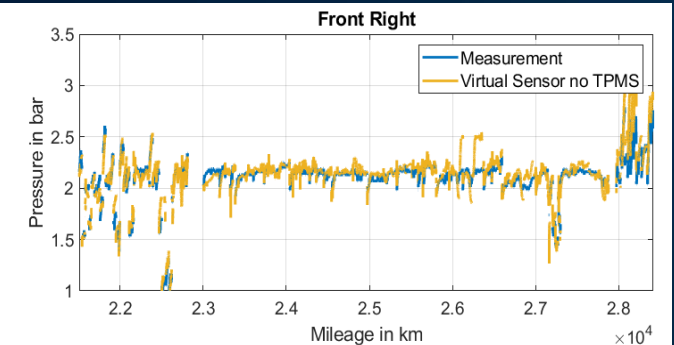
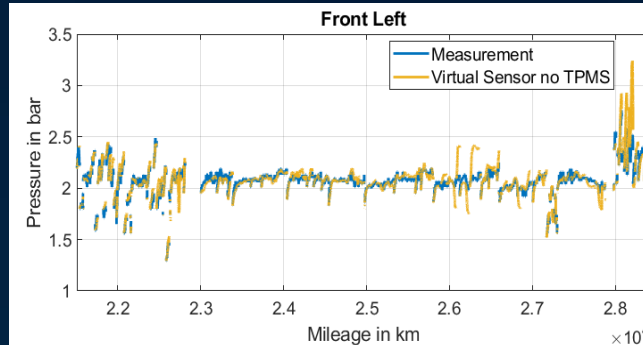
Die erste 100% Softwarelösung, die OEMs und Fahrern einen **direkten Reifendruck** bereitstellt.



Hohes **Einsparpotential** durch vollständiges Ersetzen der Hardware-Sensorik für Reifendruck-Monitoring

Genauigkeit: ± 0.2 bar (RMSE: 0.11 bar)

Benötigte Signale: Bis zu 15 Signale werden benötigt; Frequenz ≥ 10 Hz



VERÄNDERUNG DES AFTER-SALES-GESCHÄFTS DURCH **VIRTUELLE SENSOREN**



Reifenverschleiß

Echtzeit-Überwachung der Profiltiefe und genaue Vorhersage der verbleibenden Laufleistung für jeden Reifen.



Bremsenverschleiß

Kontinuierliche Bewertung des Zustands von Bremsbelägen und Bremsscheiben sowie Prognose des Lebensendes.

>180€

Zusätzlicher Profit pro Fahrzeug

<0,5 mm

Führende Genauigkeit

0%

Zusätzliche Hardware



COMPREDICT

THE VIRTUAL SENSOR COMPANY



Innovation durch Startup
aus der Universität

COMPREDICTOR

BACKED BY

TOYOTA
woven capital

TRUSTED BY

**Renault
Group**

100%

Vollständig softwarebasierte
Technologie

10 MIO

Virtuelle Sensoren in
Fahrzeugen der Renault Group

10

Länder mit OEM-Zusammenarbeit

100%

Kompatibel mit jedem Software-
Defined Vehicle

Our partners:

NXP

aws

BlackBerry

QNX

ALPINE

COVESA

SHIFT4GOOD

UTAC

DEWESoft®

SONATUS

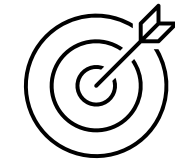
Einfach machen oder komplex lösen: Was braucht nachhaltige Mobilität wirklich?



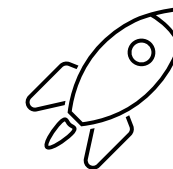
Optimierungsprobleme sind immer multikriteriell!



Vernachlässigung von Komplexität kann zur Verfehlung von Zielen führen!



Kreative Ansätze in komplexen Systemen → Innovation, Startups



Einfach machen oder einfach machen?

VIELEN DANK!

Tobias Peichl

Prof. Dr.-Ing. Stephan Rinderknecht
Otto-Berndt-Straße 2
64287 Darmstadt

✉ rinderknecht@ims.tu-darmstadt.de

☎ +49 6151 16-23250



MASCHINENBAU
We engineer future

IMS

