

# **Verkehrsentwicklung und Umwelt (VEU)**

## **Drei mögliche Szenarien der Verkehrsentwicklung in Deutschland**

AK Energie in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

19. Oktober 2018

Stefan Seum



 Helmholtz-Zentrum  
Geesthacht

A photograph of the Earth from space, showing the curvature of the planet, blue oceans, white clouds, and green landmasses. The text 'Wissen für Morgen' is overlaid on the right side of the image.

Wissen für Morgen

## Der VEU Forschungsverbund

### Beteiligte DLR-Institute

- Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik
- Institut für Antriebstechnik
- Institut für Fahrzeugkonzepte
- Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr
- Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin
- Institut für Physik der Atmosphäre
- Institut für Technische Thermodynamik
- Institut für Verkehrsforschung
- Institut für Verkehrssystemtechnik
- Simulations- und Softwaretechnik

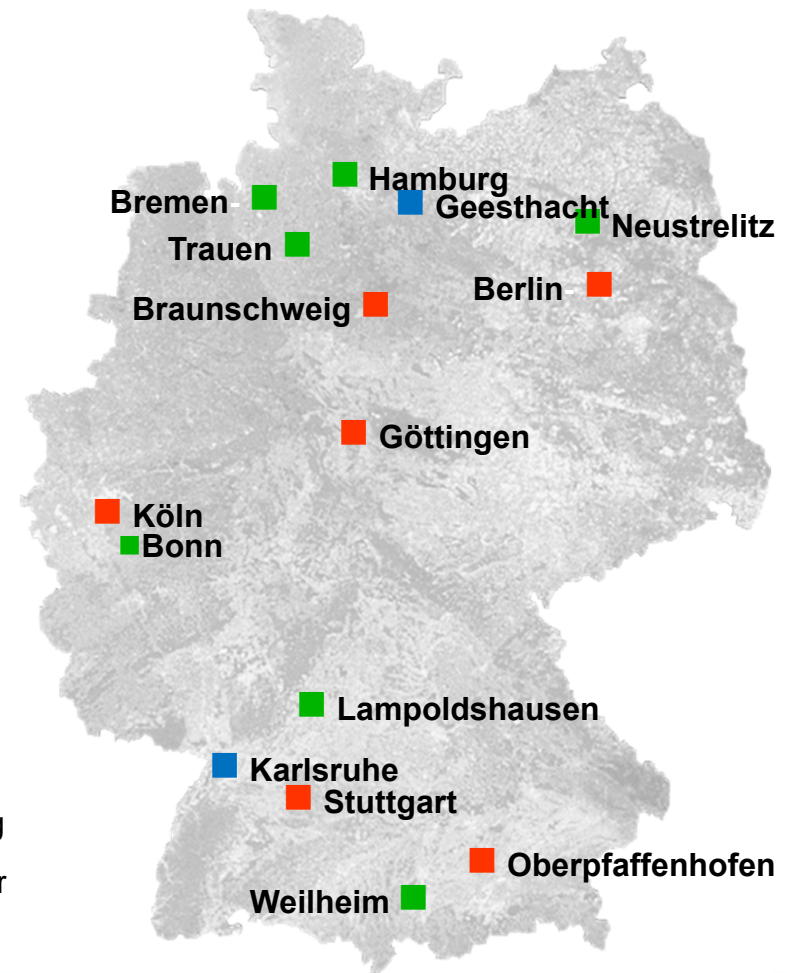
### Assoziierter Partner



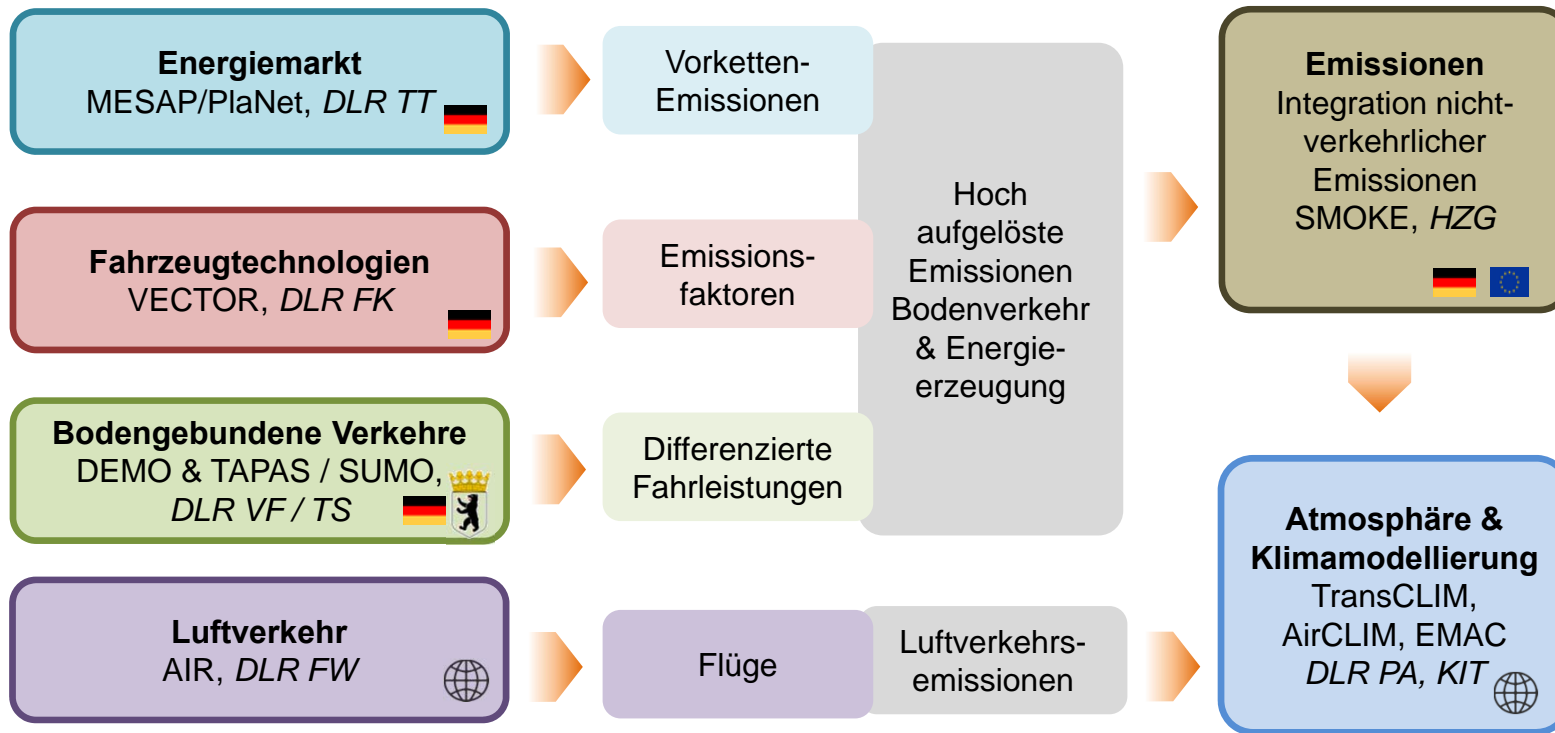
Karlsruhe Institute für Technology (KIT),  
Institut für Meteorologie und Klimaforschung



Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Zentrum für  
Material- und Küstenforschung



## Ganzheitliche Analyse im multi-disziplinären Modellverbund des DLR.



## Verkehrsentwicklung und Umwelt (VEU)

- **Szenarien**
- **Verkehrsnachfrage**
- **Technologieentwicklung**
- **Luftschadstoffe**
- **Klima**



 **Helmholtz-Zentrum  
Geesthacht**



Wissen für Morgen

# VEU Ansatz: von qualitativen Szenarien zu quantitativen Prognosen.

Konsistente Rahmenbedingungen

Anwendung DLR Modellverbund

Quantifizierung der Szenarien 2040



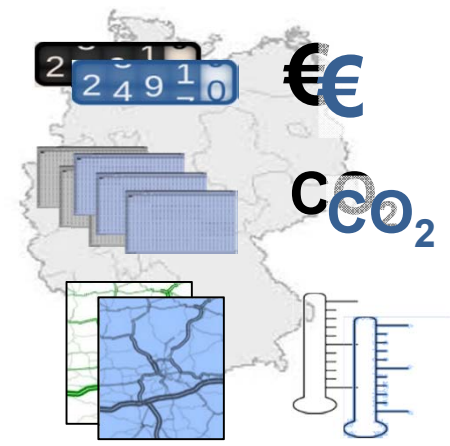
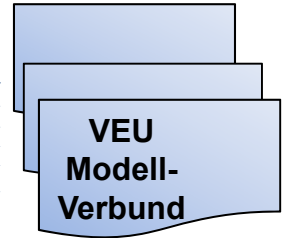
Gesellschaft

Technologie

Wirtschaft & Energie

Umwelt

Politik



Helmholtz-Zentrum Geesthacht





## Drei Szenarien der Verkehrsentwicklung bis 2040. Trendszenario „Referenz“.

### Referenz

### Geregelter Ruck

### Freies Spiel

*Leichter Bevölkerungsrückgang in allen Szenarien  
Moderates Wirtschaftswachstum in allen Szenarien*

*International uneindeutige Umgebung*

*BVWP Anlehnung; moderate Lenkung  
und Anreizsysteme*

*Allmähliche Energiewende*

*International kooperative Umgebung*

*Regulierung und Lenkung durch  
Anreizsysteme und Setzungen*

*Intensivierung der Energiewende*

*International kompetitive Umgebung*

*Deregulierung und Wettbewerb der  
Verkehrs- & Energieträger*

*Stockende Energiewende*

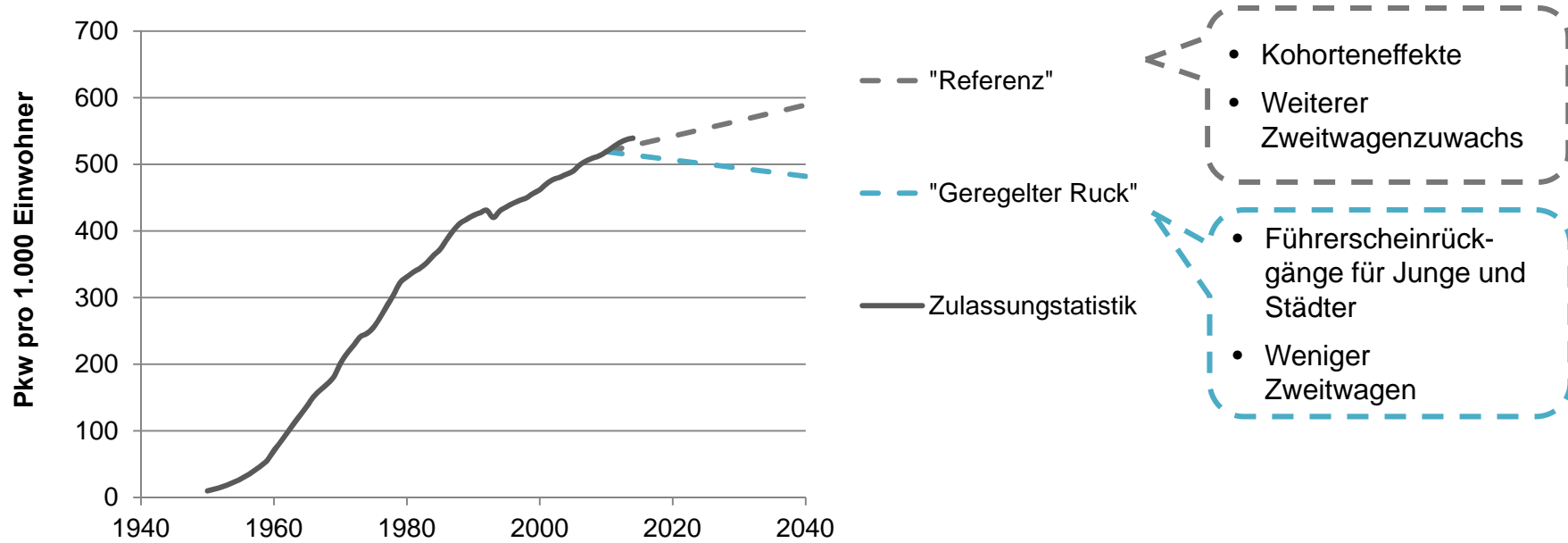


## Ausgestaltung der Szenarien durch Rahmenbedingungen und Maßnahmen.

	Referenz	Geregelter Ruck
<b>Bevölkerung</b>	- 4,4%	- 4,4%
<b>Wirtschaft</b>	+ 1,14% BIP pro Jahr	+ 1,14% BIP pro Jahr
<b>Strom</b>	ca. 50% erneuerbar	ca. 80% erneuerbar
<b>ÖV</b>	Fokus auf die Stadt	überall günstiger & schneller
<b>Privat-Pkw</b>	Trendfortsetzung	deutlicher Rückgang
<b>Kosten Pkw</b>	wie heute	Kraftstoffsteuer x2; Parken teurer
<b>Pkw-Flotten-CO<sub>2</sub></b>	65 g/km	45 g/km



## Überführung qualitativer Szenarien in quantitative Modellinputs. Beispiel Pkw-Besitz:





## Verkehrsentwicklung und Umwelt (VEU)

### Entwicklung der Verkehrsnachfrage in den VEU Szenarien

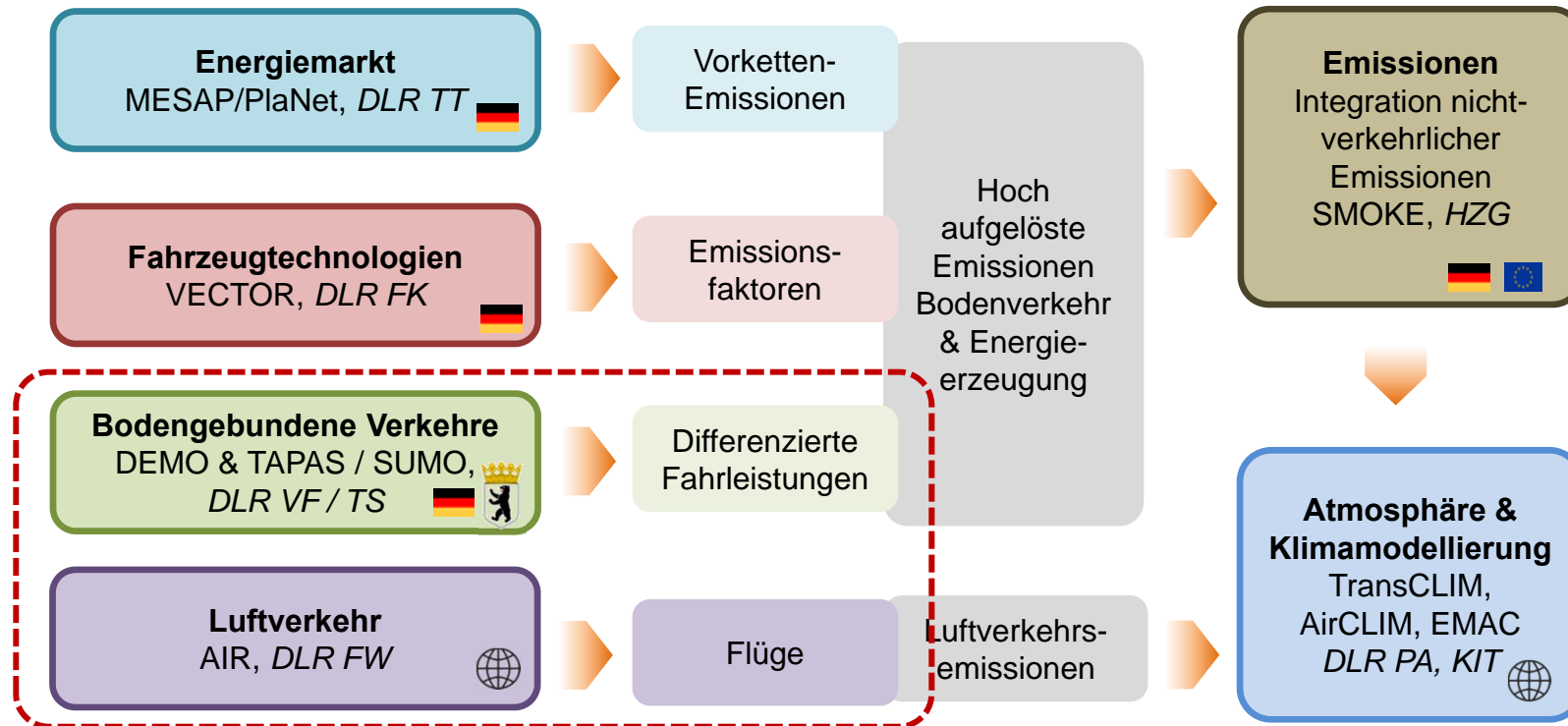
Federführendes Institut: Institut für Verkehrsforschung, Berlin



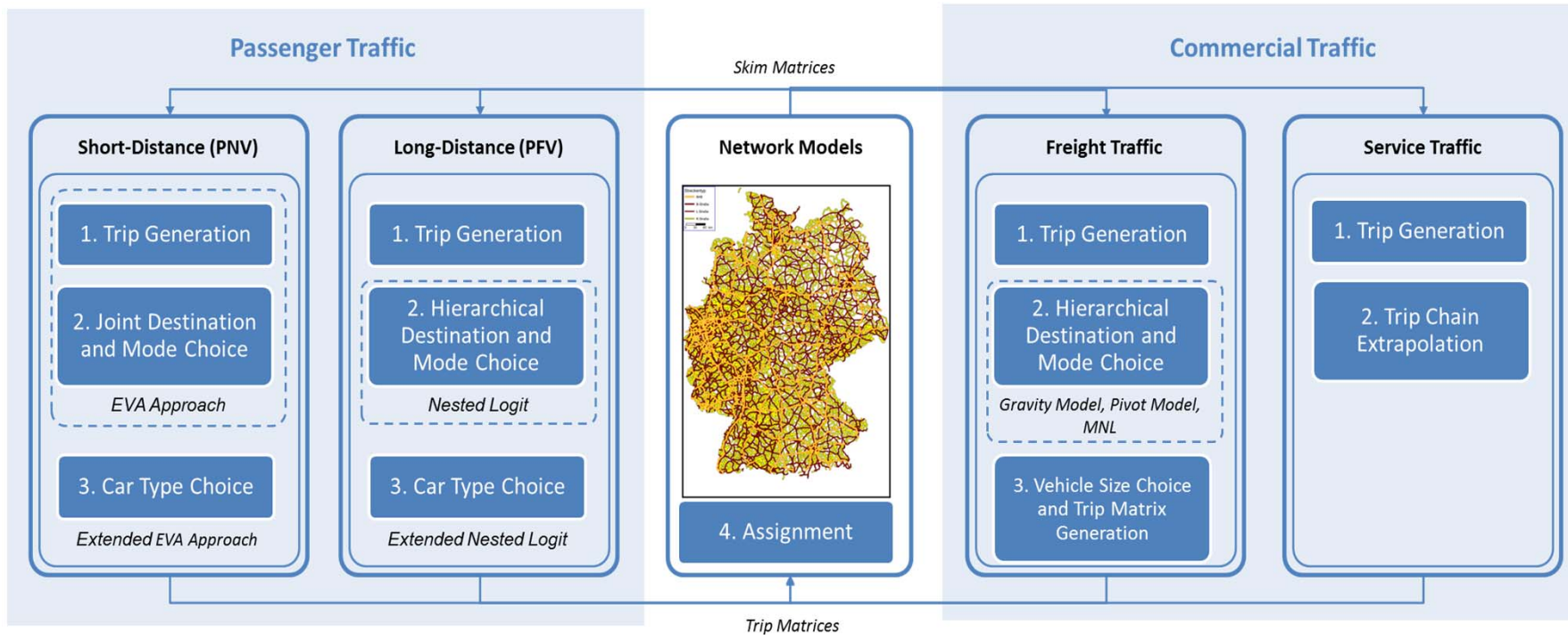
Wissen für Morgen



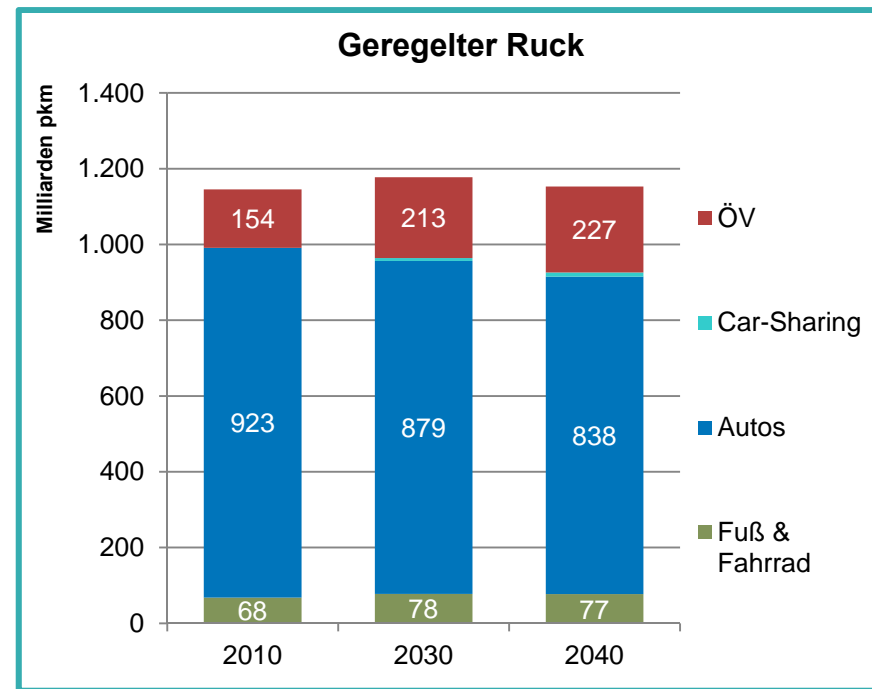
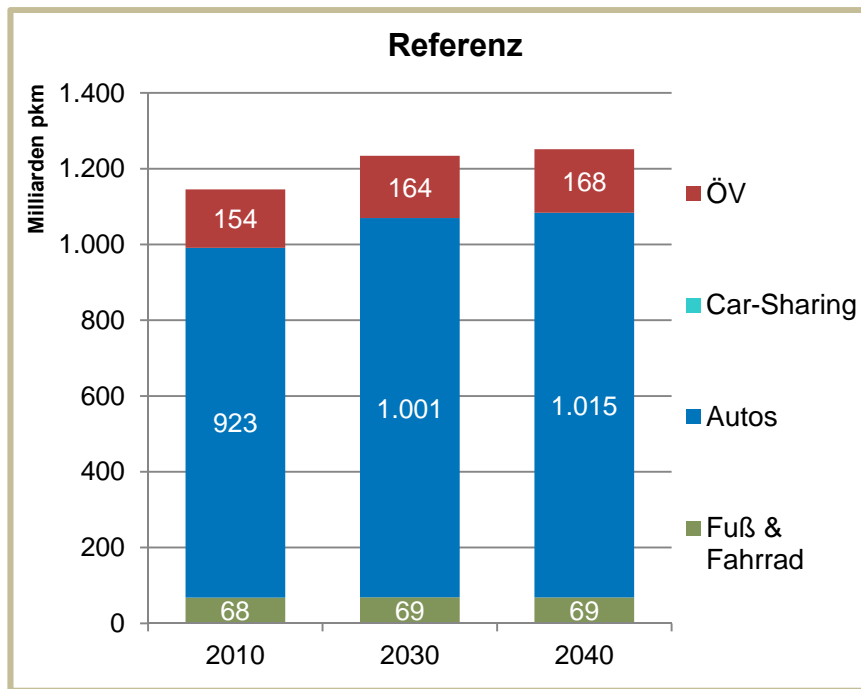
## Modelle zur Abbildung der Verkehrsnachfrage im VEU-Modellverbund.



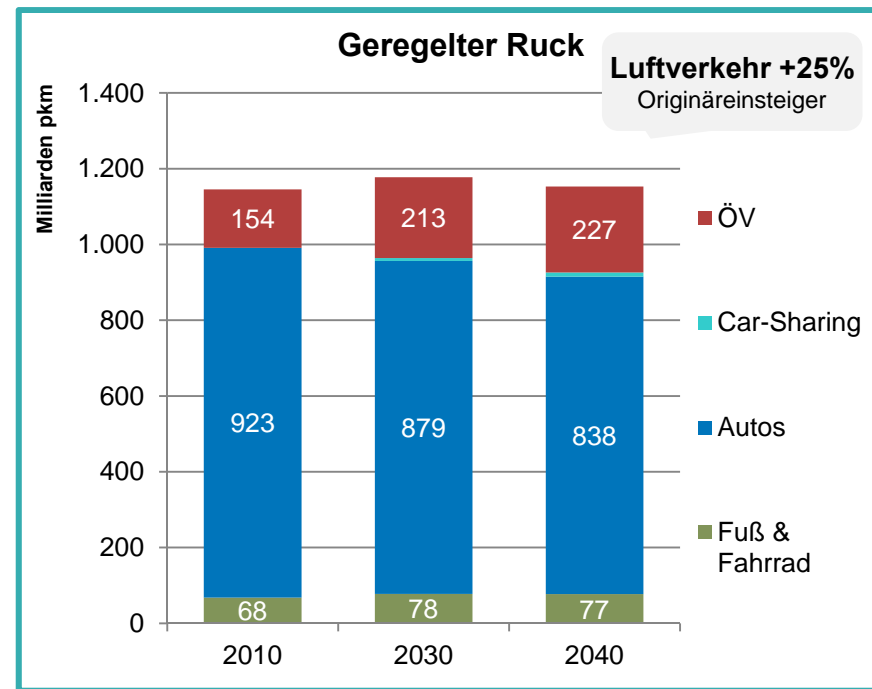
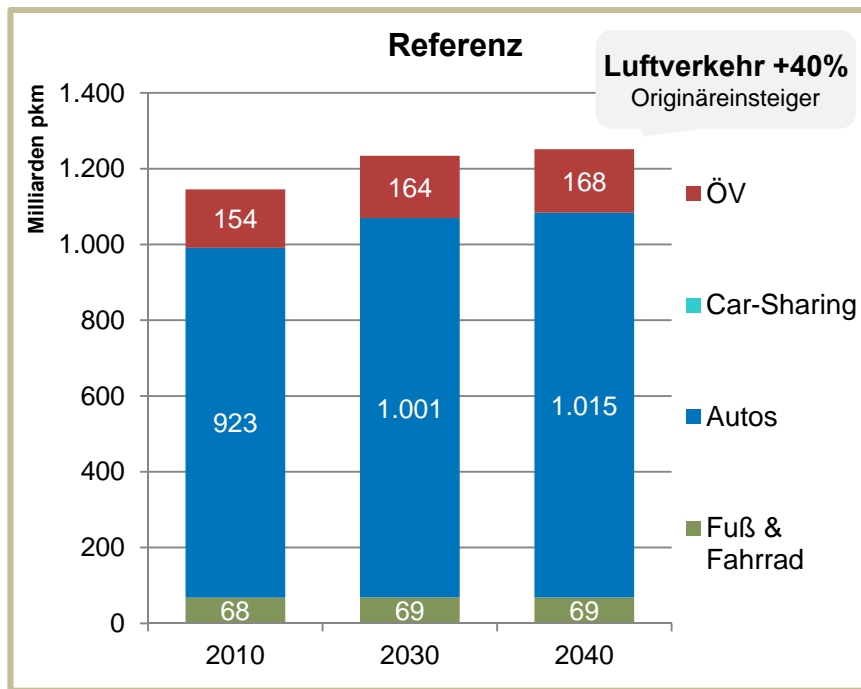
# Deutschlandmodell DEMO: ~7.000 Verkehrszellen, ~1 Mio. Strecken, alle Verkehrssegmente, alle Verkehrsmittel



## Personenverkehrsleistung nach Verkehrsmittel. Im Geregelter Ruck kein weiteres Wachstum und Verlagerung auf den Umweltverbund.

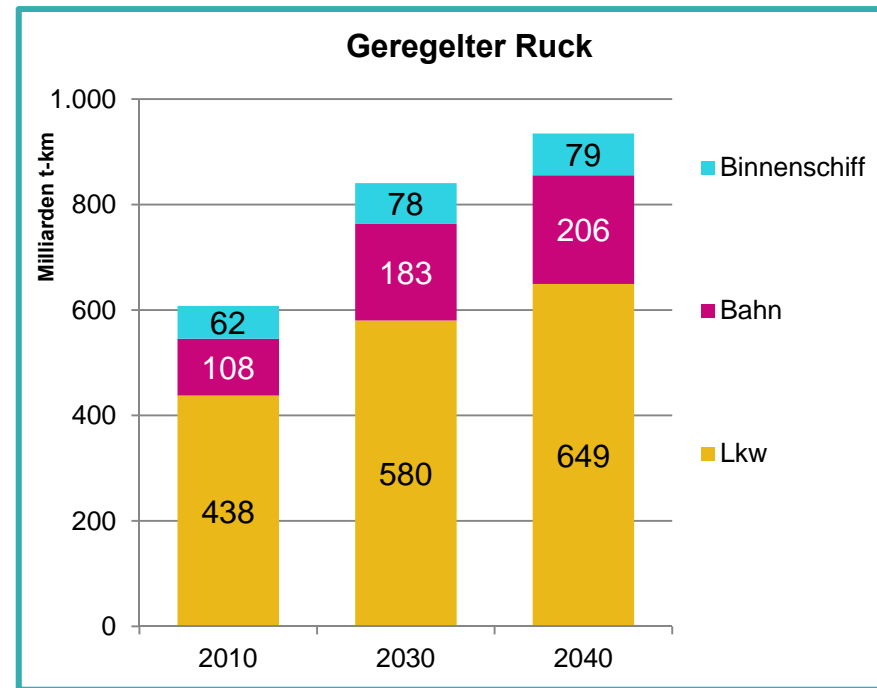
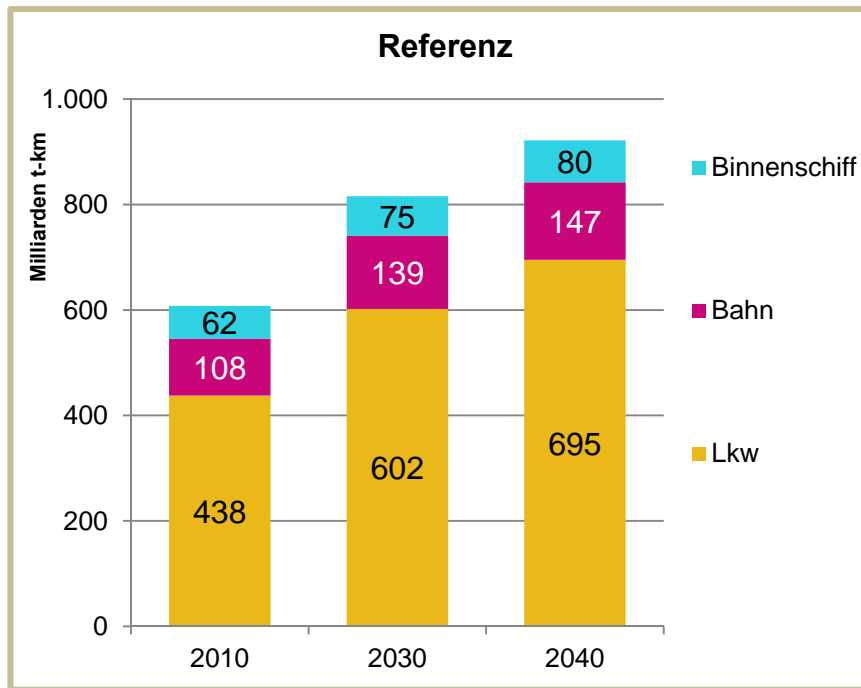


## Personenverkehrsleistung nach Verkehrsmittel. Im Geregelter Ruck kein weiteres Wachstum und Verlagerung auf den Umweltverbund.

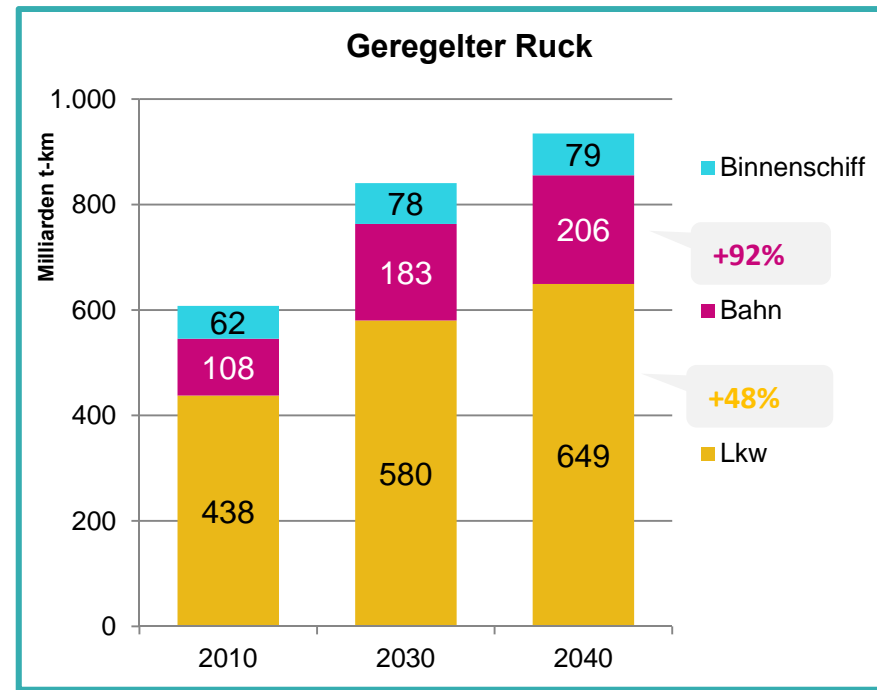
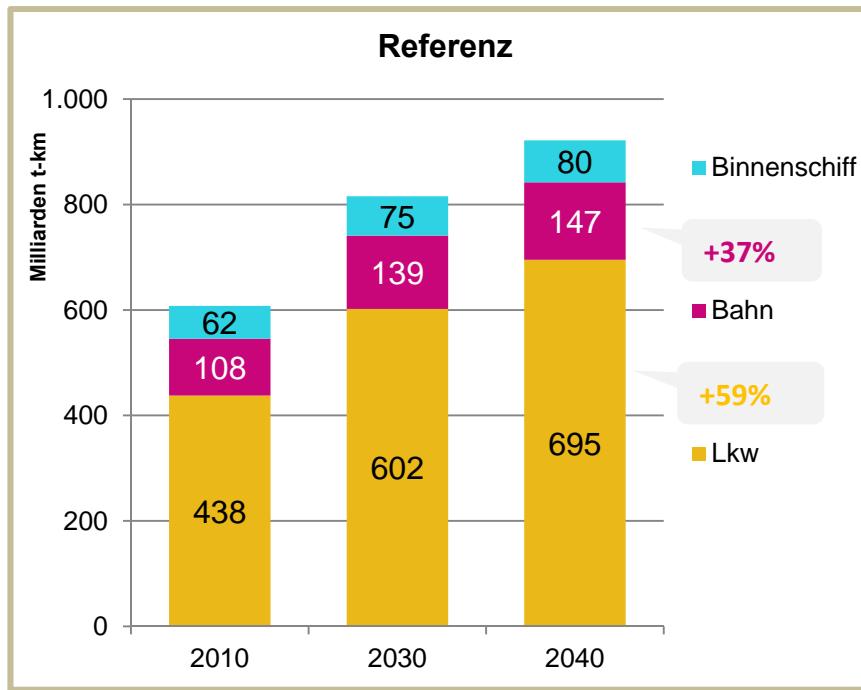




## Güterverkehrsleistung nach Verkehrsmittel. Ähnliche Gesamtwüchse in beiden Szenarien. Bahn wüchsst im Geregelten Ruck deutlich stücker.



## Güterverkehrsleistung nach Verkehrsmittel. Ähnliche Gesamtwüchse in beiden Szenarien. Bahn wüchsst im Geregelten Ruck deutlich stücker.



## Verkehrsentwicklung und Umwelt (VEU)

### **Pfade der Fahrzeugtechnologien und die Entwicklung des Energiesystems**

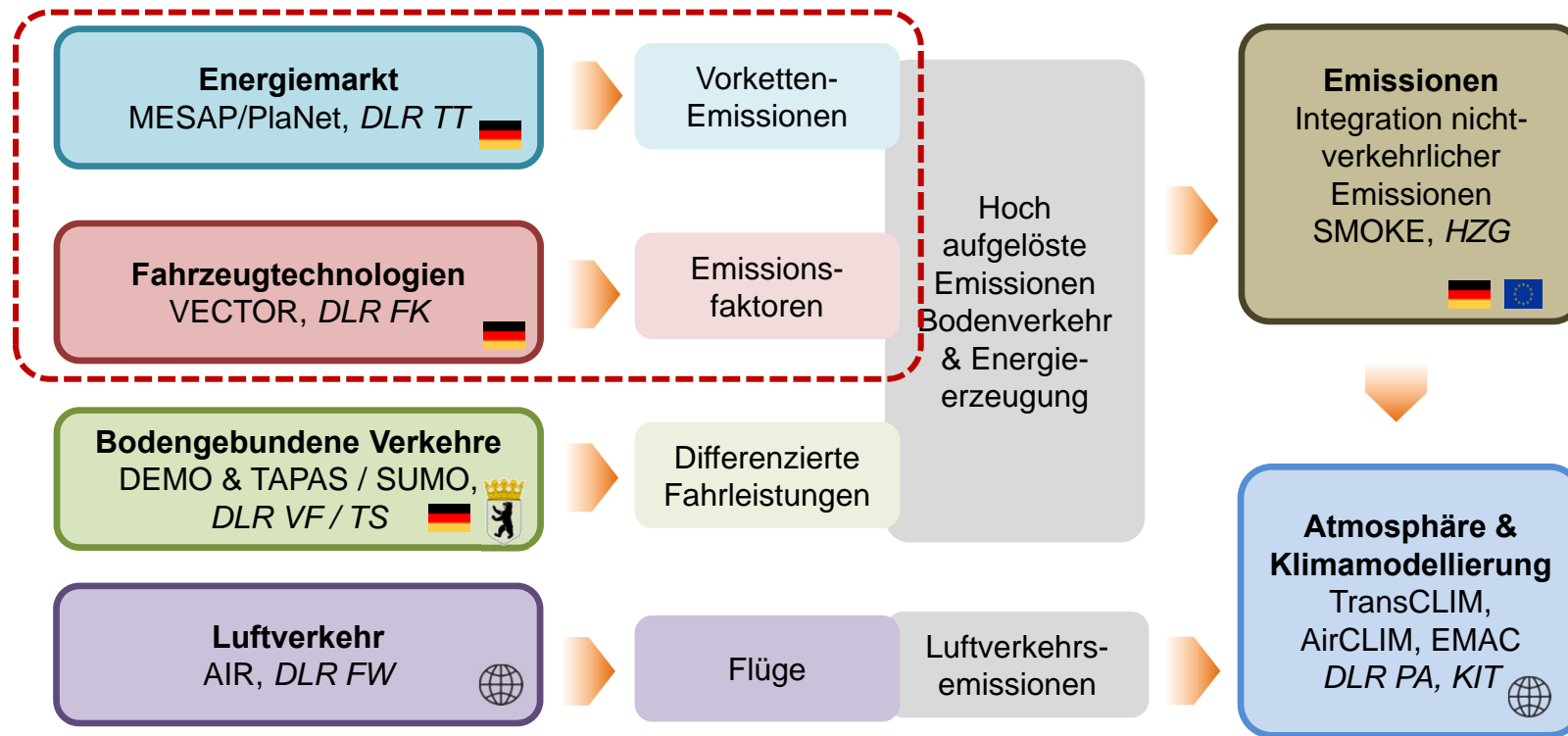
Federführendes Institut: Institut für Fahrzeugkonzepte, Stuttgart



Wissen für Morgen



## Modelle zur Abbildung der Verkehrsnachfrage im VEU-Modellverbund.



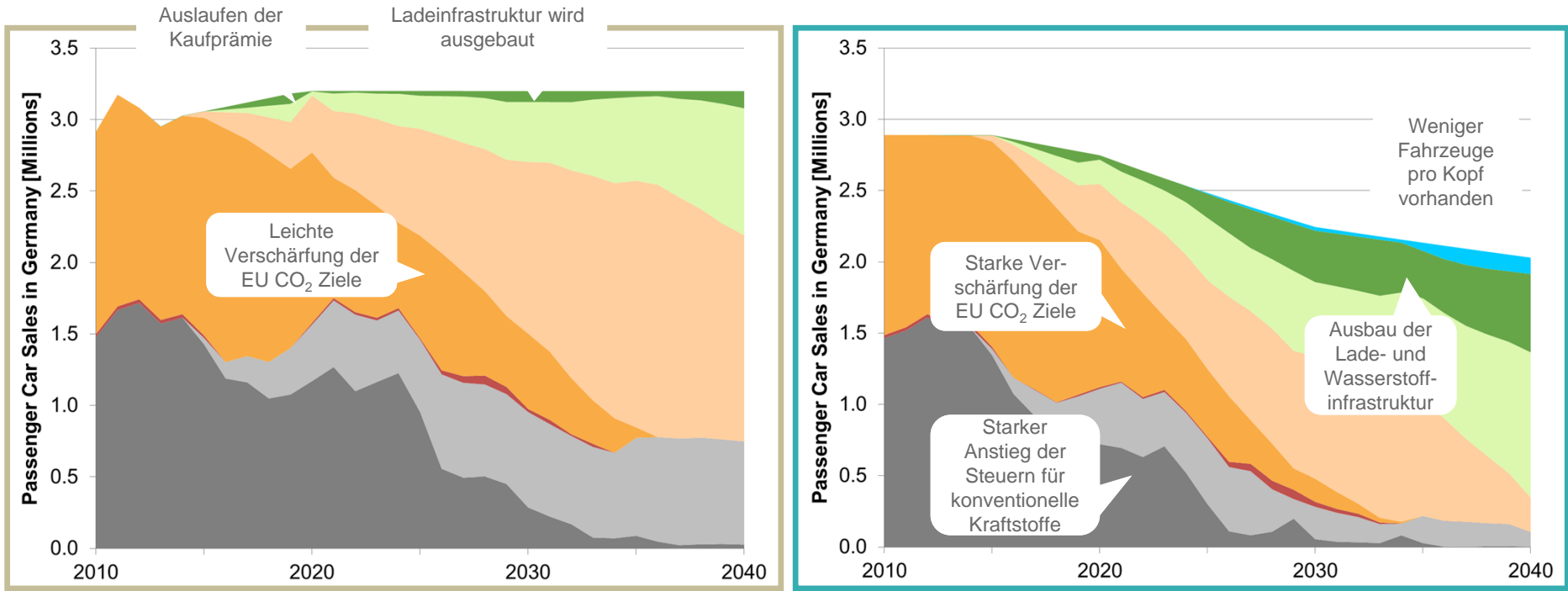
## Ausgestaltung der Szenarien durch Rahmenbedingungen und Maßnahmen.

	Referenz	Geregelter Ruck
<b>Bevölkerung</b>	- 4,4%	- 4,4%
<b>Wirtschaft</b>	+ 1,14% BIP pro Jahr	+ 1,14% BIP pro Jahr
<b>Strom</b>	ca. 50% erneuerbar	ca. 80% erneuerbar
<b>ÖV</b>	Fokus auf die Stadt	überall günstiger & schneller
<b>Privat-Pkw</b>	Trendfortsetzung	deutlicher Rückgang
<b>Kosten Pkw</b>	wie heute	Kraftstoffsteuer x2; Parken teurer
<b>Pkw-Flotten-CO<sub>2</sub></b>	65 g/km	45 g/km





# Entwicklung der Pkw-Neufahrzeuge in Deutschland. Mehr als 80 % elektrifizierte Antriebe gehen im Geregelten Ruck in 2040 in den Markt.

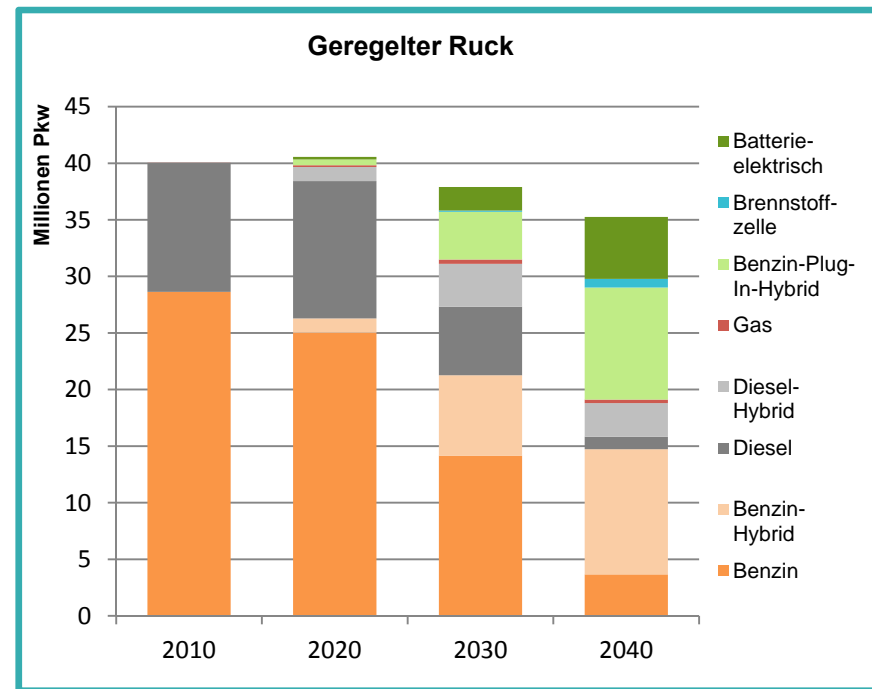
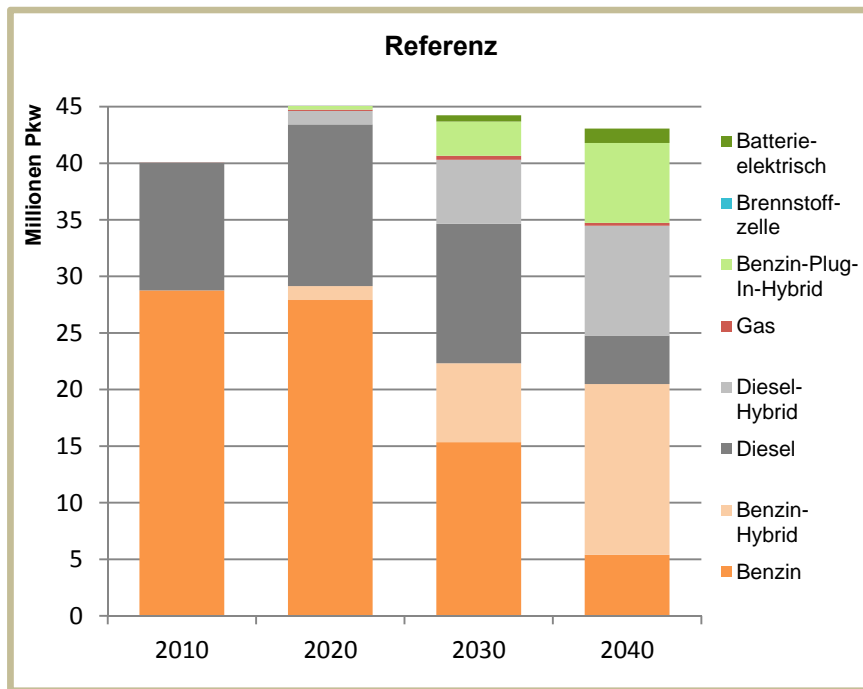


DLR Helmholtz-Zentrum Geesthacht

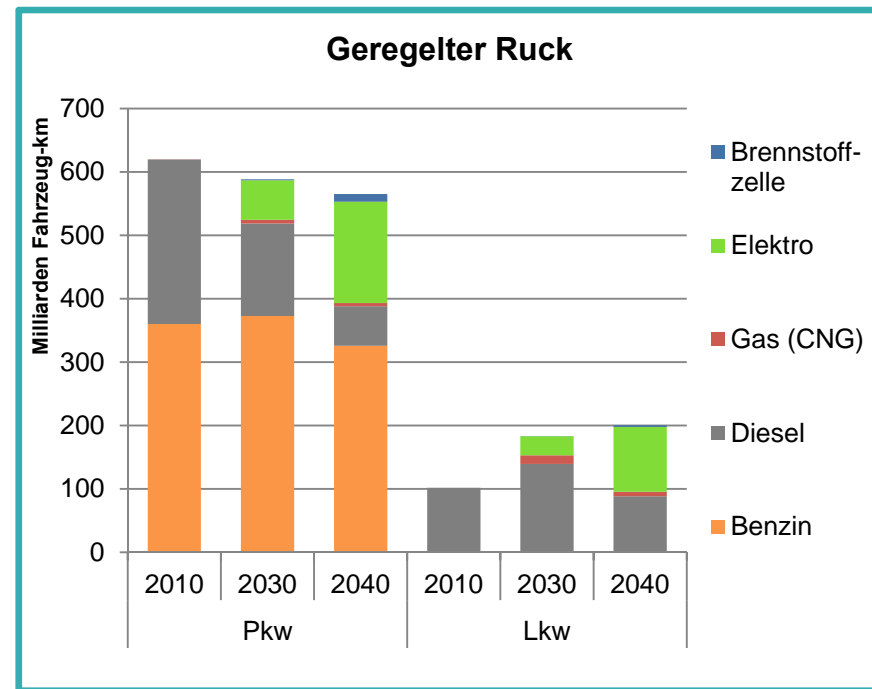
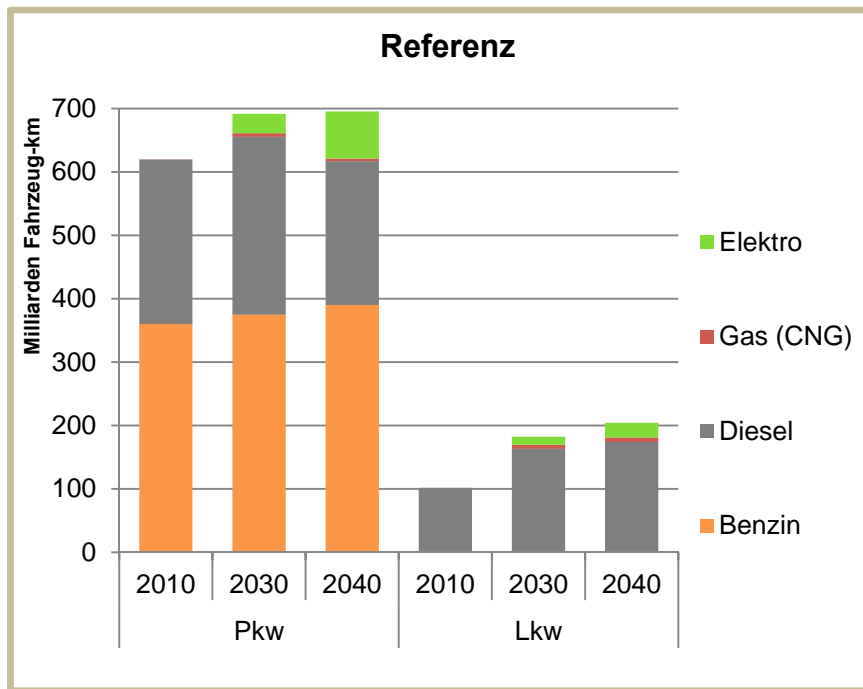
- Diesel
- Benzin
- Batterieelektrisch
- Diesel-Hybrid
- Benzin-Hybrid
- Brennstoffzelle
- Erdgas
- Benzin-Plug-In-Hybrid



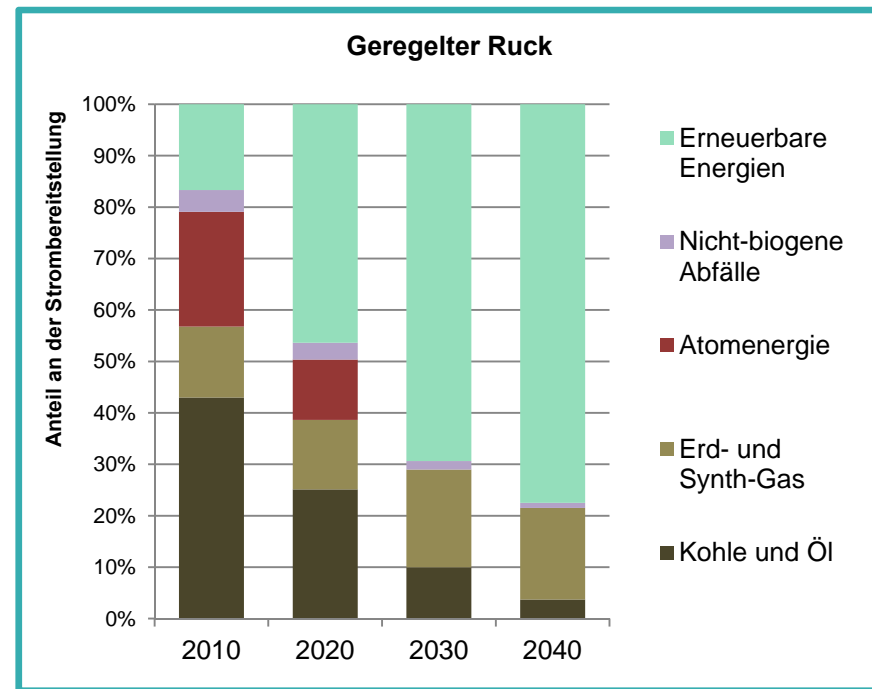
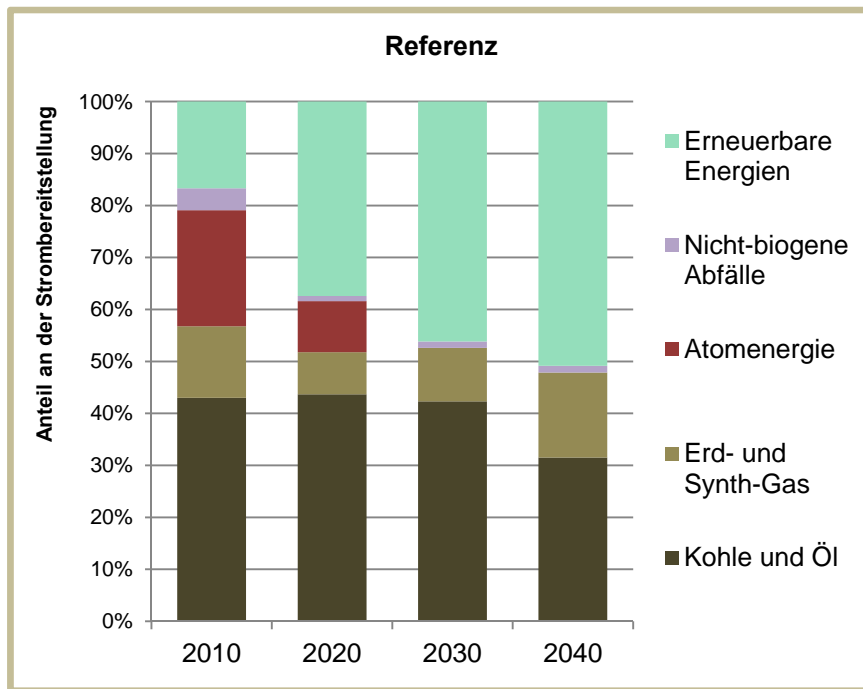
## Entwicklung der Pkw-Flotte: Im Geregelten Ruck mehr E-Fahrzeuge durch schärfere Grenzwerte & drastische Verteuerung konventioneller Kraftstoffe.



## Fahrleistungen nach Energieträger. Im Geregelter Ruck wird vor allem Diesel durch Elektro ersetzt & die Pkw-Fahrleistung nimmt ab.

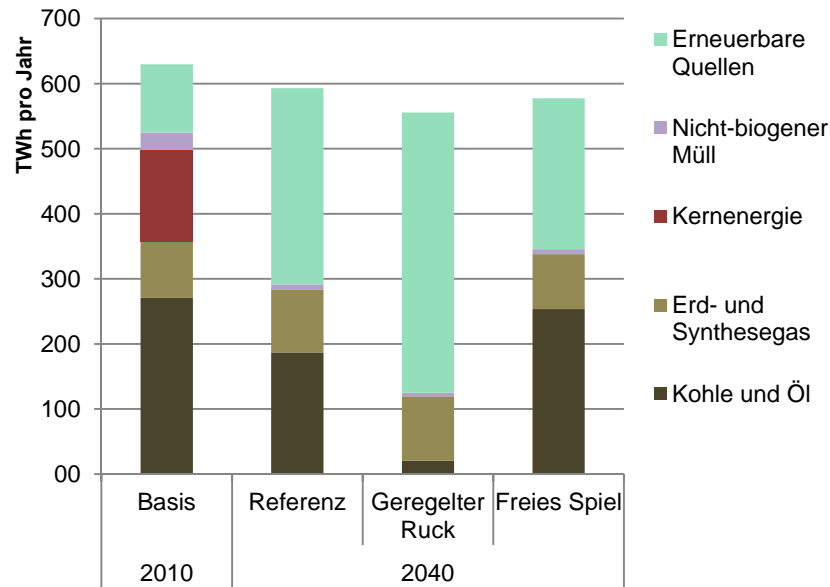


## Nur im Geregelter Ruck emittieren E-Fahrzeuge deutlich weniger CO<sub>2</sub> als Verbrenner, insbesondere durch die Umstellung der Stromerzeugung.

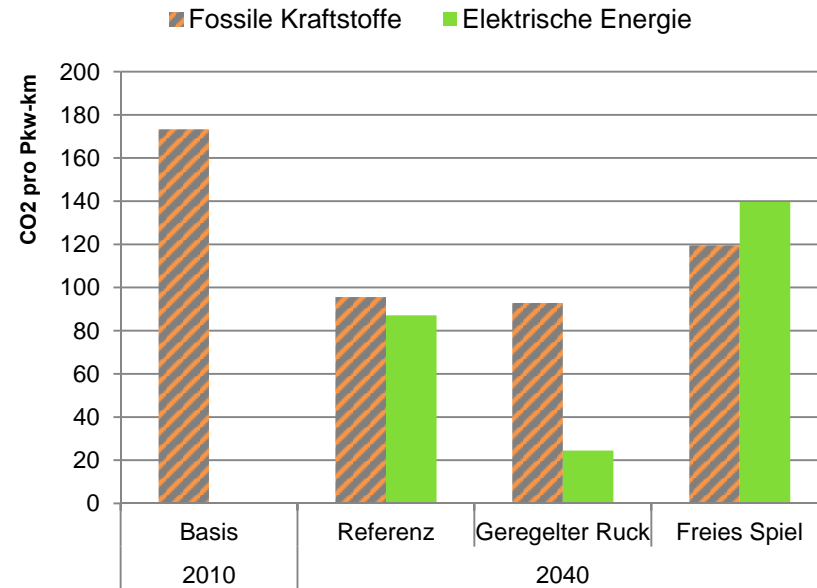


# Wie wird Strom erzeugt & wie viel CO<sub>2</sub> steckt in der Energie für Verkehr? Unterschiedlicher Anteil Erneuerbare beeinflusst CO<sub>2</sub> der Elektromobilität.

Anteile an der Stromerzeugung



CO<sub>2</sub>-Ausstoss von Pkw nach Energiequelle





## Fazit:

### Verkehrsnachfrage

- Die Rahmenbedingungen haben einen entscheidenden Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl und die Verkehrsnachfrage.
- Vermeiden – Verlagern: im Personenverkehr = ja; im Güterverkehr primär verlagern
- Der ÖV und GV Schiene muss massiv ausbauen; ansonsten weiter ansteigende Belastung durch den Straßenverkehr

### Technologieentwicklung

- Ambitionierte regulatorische Maßnahmen leiten Wende im Fahrzeugmarkt ein
- Klimaschutz-Vorgaben für die Pkw-Flotte sind sehr entscheidend
- Zur nachhaltigen Elektromobilität ist ein erneuerbarer Strom-Mix entscheidend



DLR



Helmholtz-Zentrum  
Geesthacht



## Verkehrsentwicklung und Umwelt (VEU)

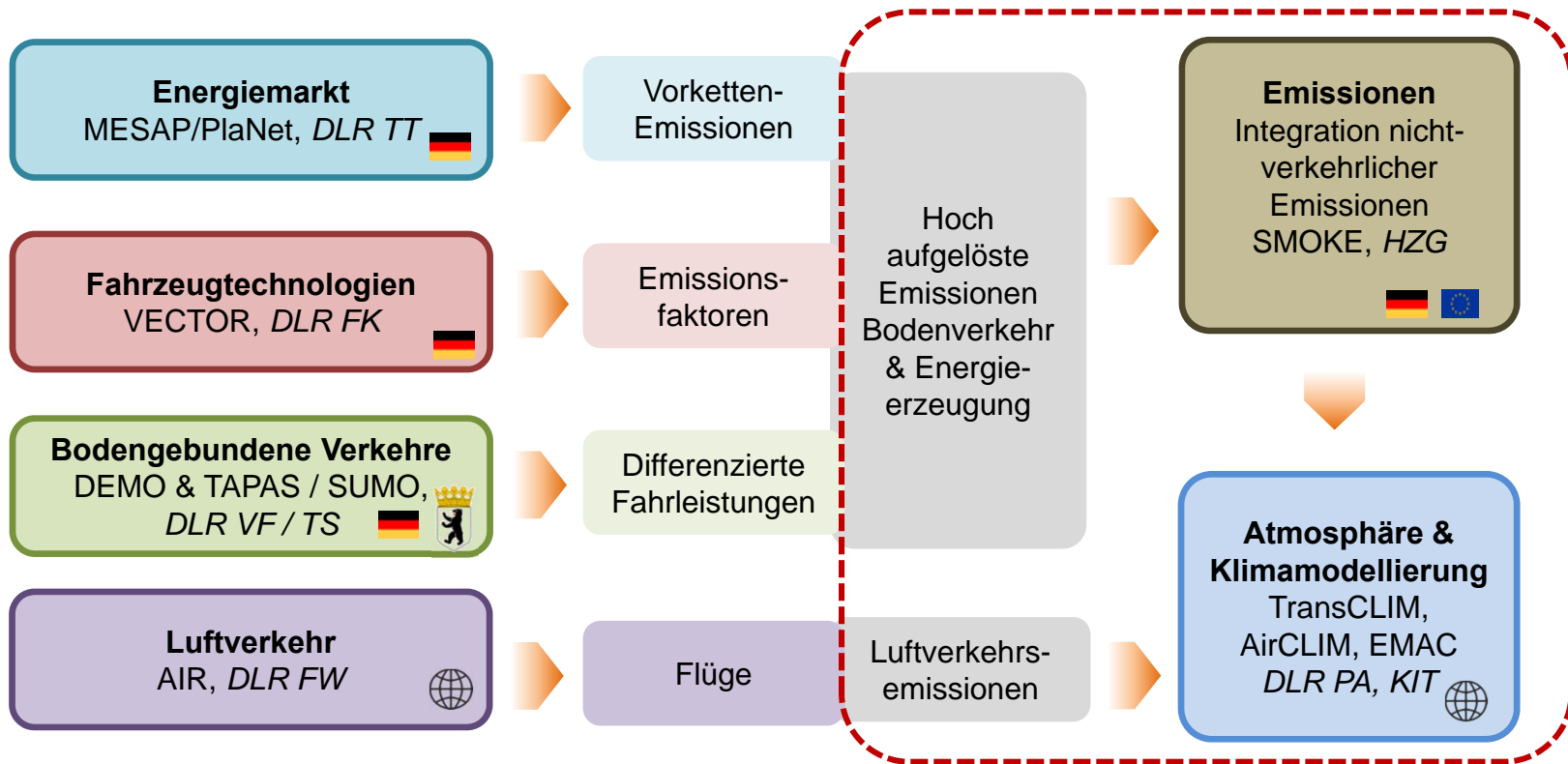
### **Die Wirkungen der Verkehrssystementwicklungen in den VEU Szenarien auf Luftqualität und Klima**

Federführende Institute: Institut für Physik der Atmosphäre, Helmholtz-Zentrum Geesthacht



Wissen für Morgen

## Simulation der Auswirkungen auf Luftqualität und Klima.



# Emissionen des Verkehrs



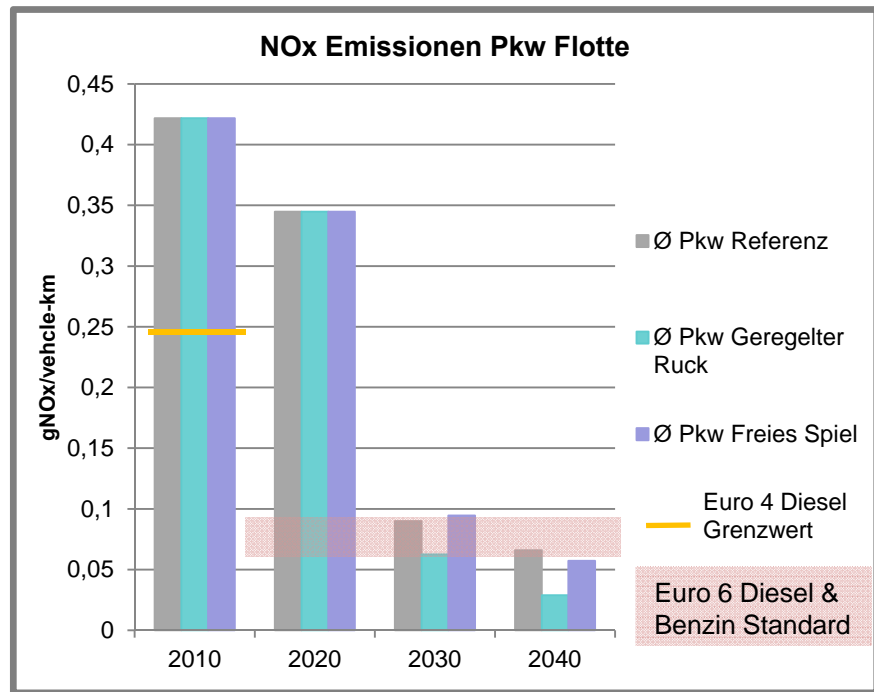
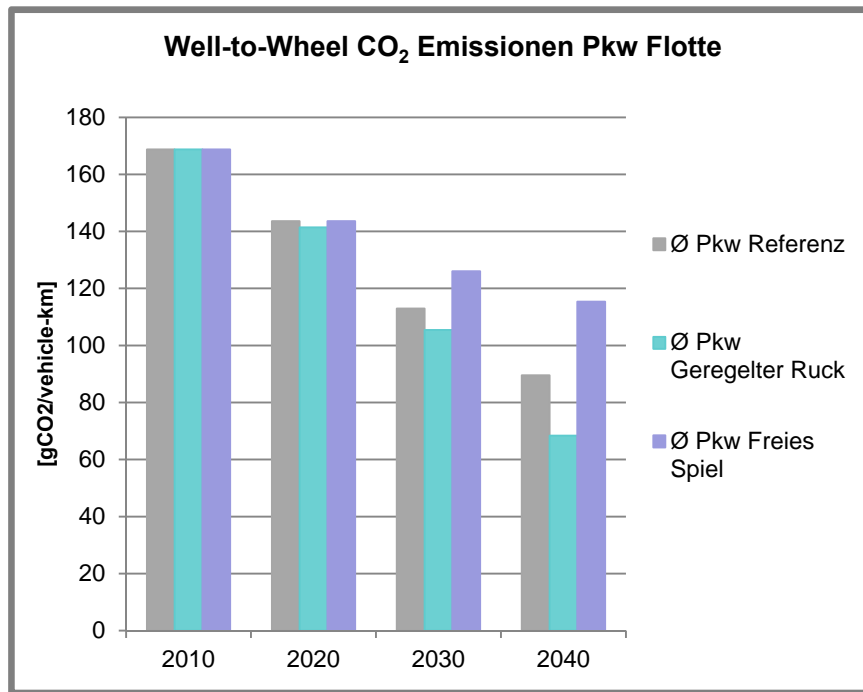
DLR



Helmholtz-Zentrum  
Geesthacht

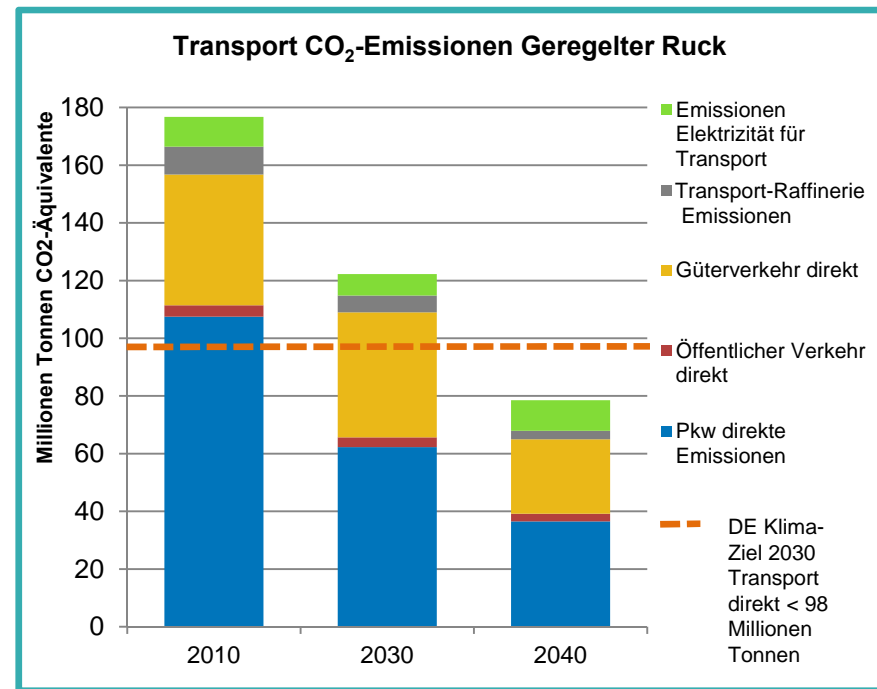
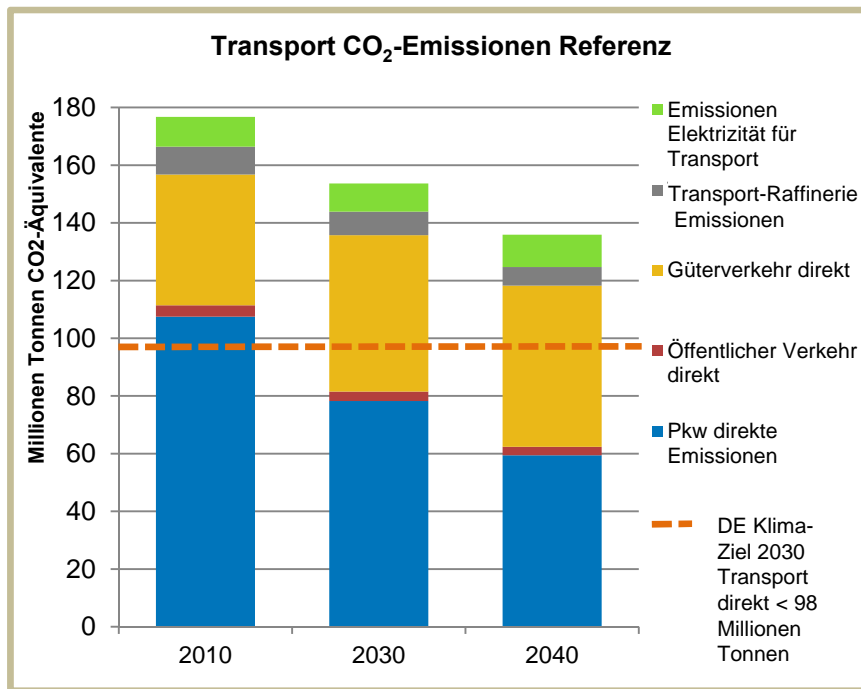


## Emissionsfaktoren der Fahrzeugflotte: Eine deutliche Reduktion verschiedener Schadstoffe bis 2040 ist möglich



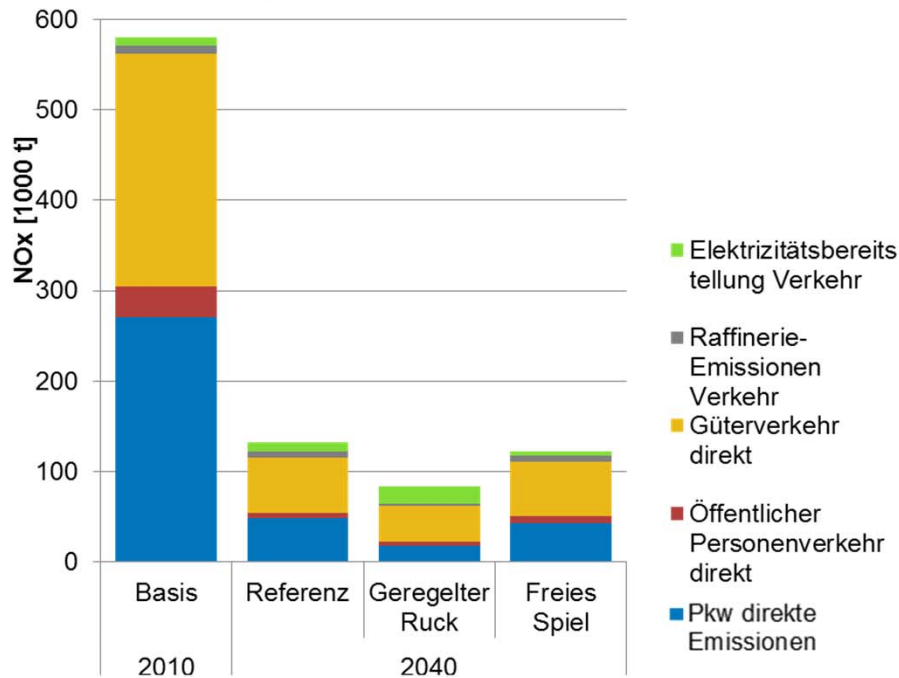


## Deutliche Klimagas-minderungen im Geregelten Ruck. Im Personenverkehr durch Verhalten & Technologie, im Güterverkehr v.a. durch Technologie.

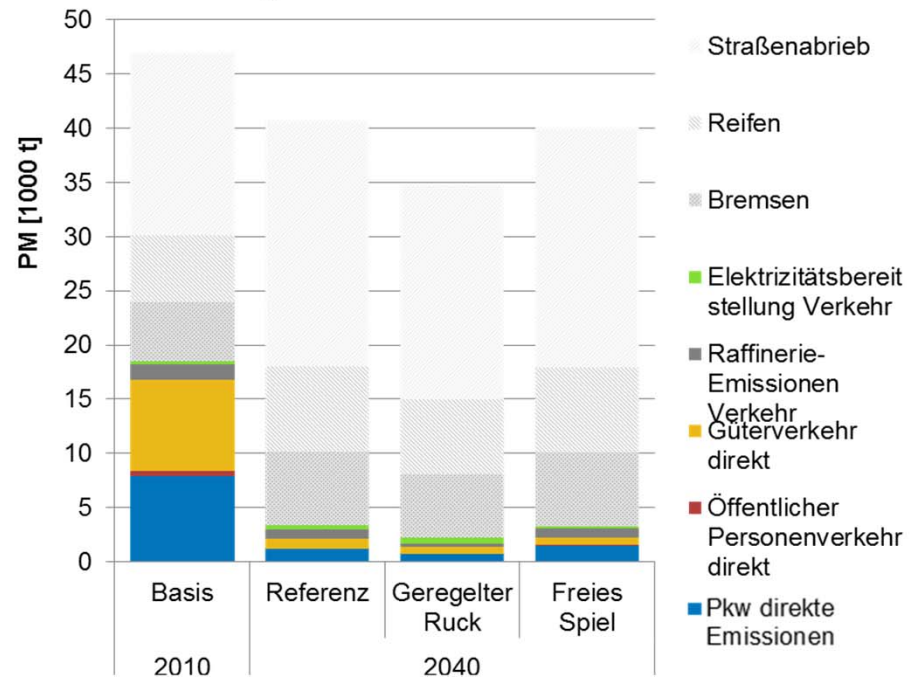


## Deutlicher Rückgang von Stickoxiden und Feinstaub, zumindest aus dem Auspuff.

Entwicklung Stickoxidemissionen nach Szenario



Entwicklung Feinstaubemissionen nach Szenario



# Wirkungen auf die Luftqualität



DLR

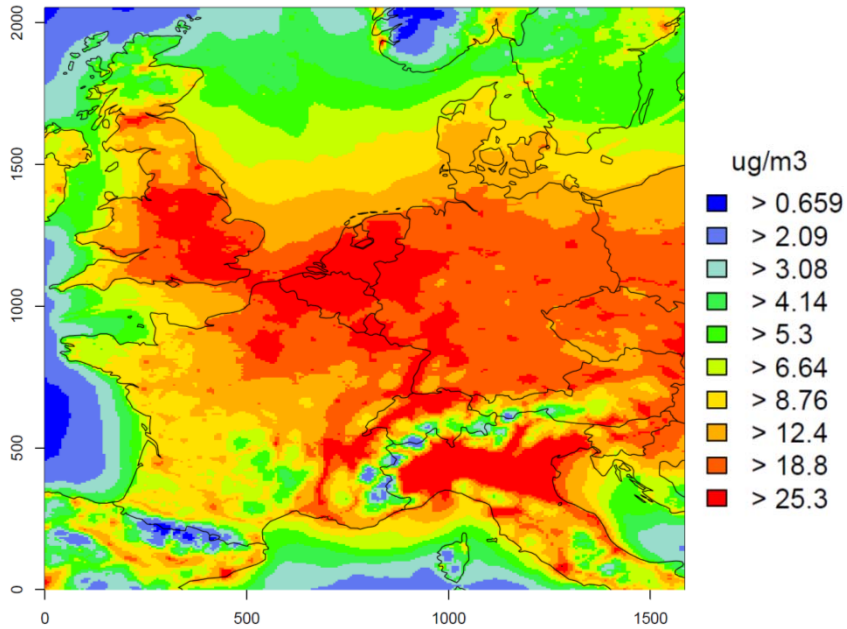


Helmholtz-Zentrum  
Geesthacht

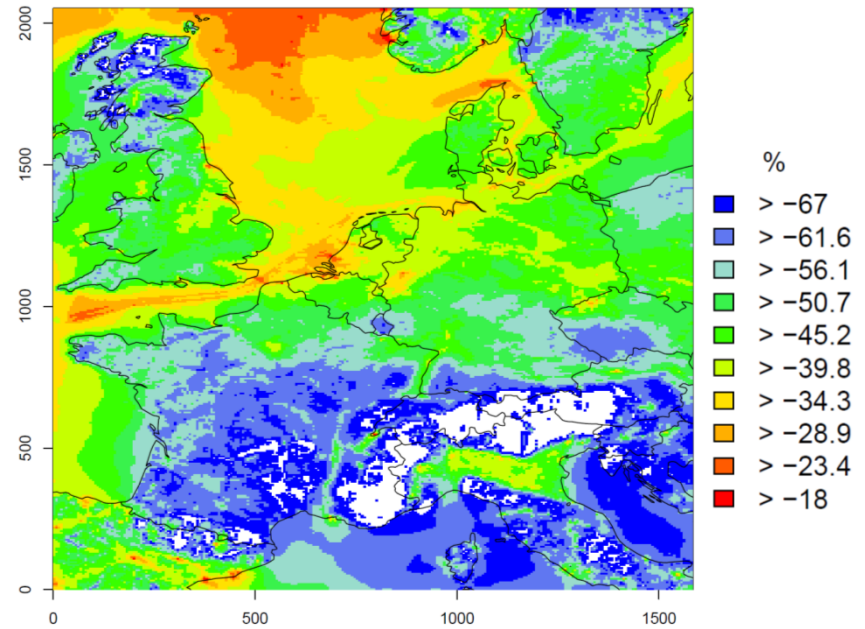


## 2010: Der Verkehr trägt deutlich zur NO<sub>2</sub>-Belastung bei.

### NO<sub>2</sub> Gesamtbelastung Januar 2010

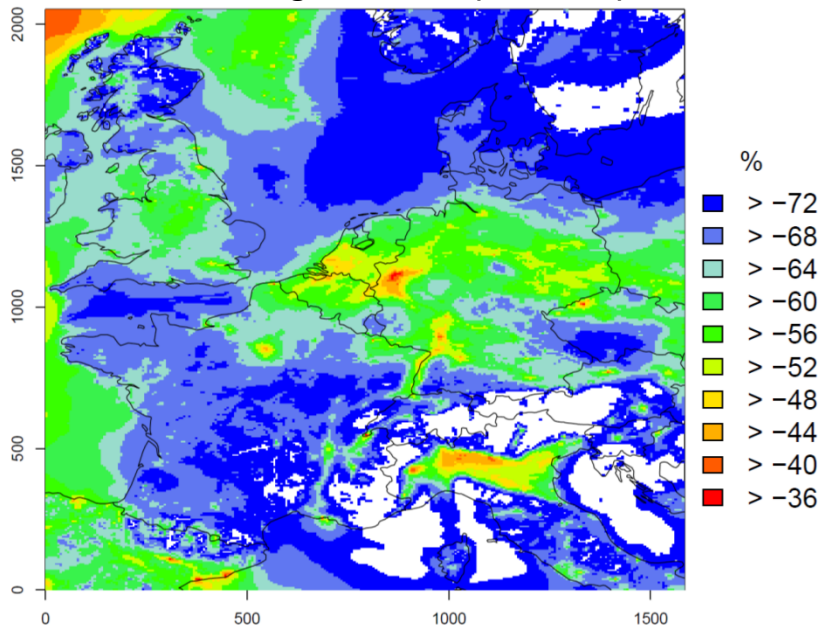


### NO<sub>2</sub> Minderungspotenzial Verkehr Januar 2010

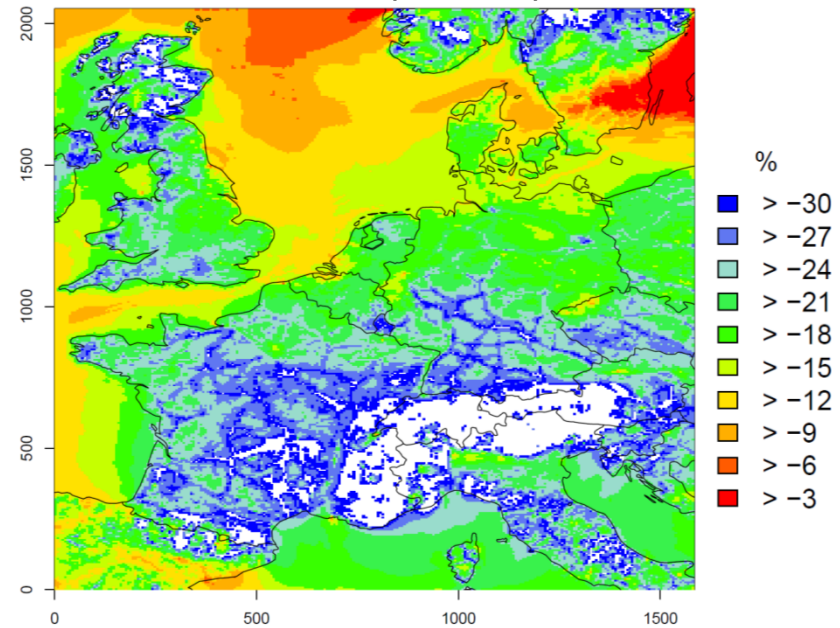


**2040: Die NO<sub>2</sub>-Belastung wird in Zukunft deutlich sinken.  
Der Verkehr wird hierzu besonders stark beitragen.**

**NO<sub>2</sub> Rückgang Gesamtbelastung**  
Januar, 2040 vgl. mit 2010 (Referenz)



**NO<sub>2</sub> Minderungspotenzial Verkehr**  
Januar 2040 (Referenz)



# Wirkungen auf das Klima



DLR



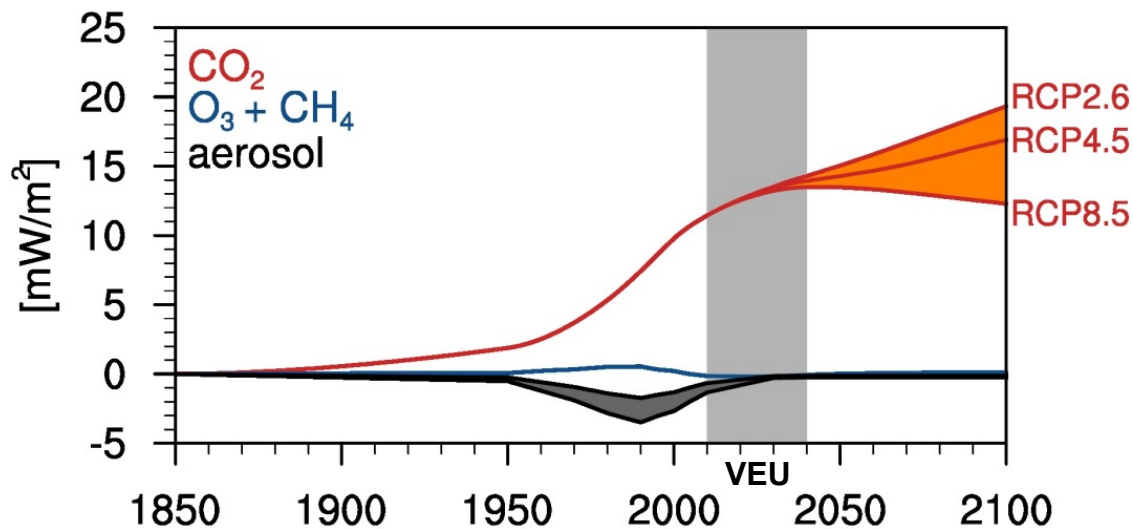
Helmholtz-Zentrum  
Geesthacht





Die globalen Klimawirkungen des deutschlandweiten Verkehrs werden durch seine CO<sub>2</sub>-Emissionen bestimmt.

### Strahlungsantriebe der Emissionen des deutschlandweiten Verkehrs VEU-Referenz-Szenario



#### Strahlungsantrieb:

Änderung der mittleren  
Strahlungsbilanz der Erde

#### RCPs (Representative Concentration Pathways)

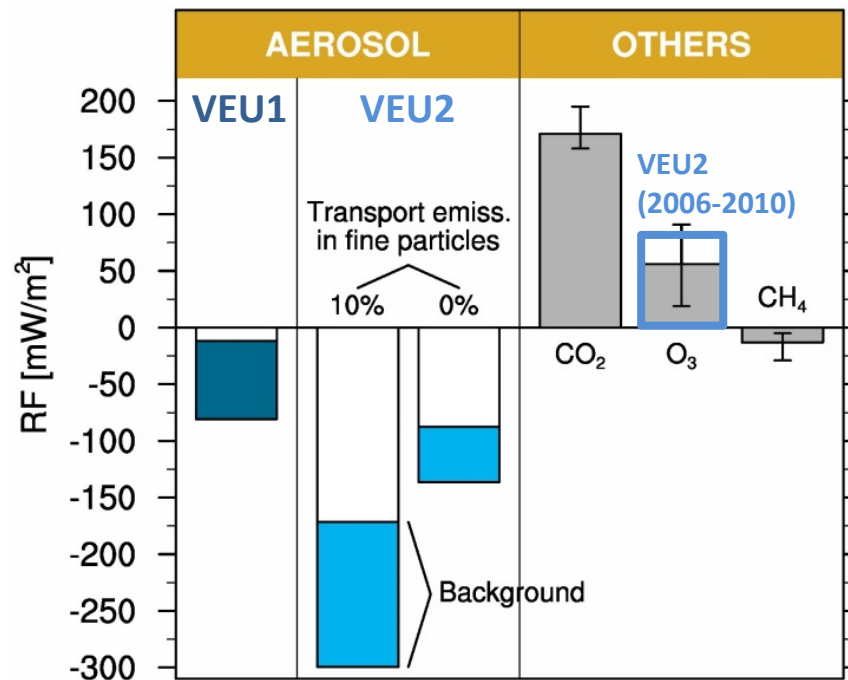
Globale Hintergrundszenerien:  
geringe (2.6), mittlere (4.5),  
starke (8.5) Erwärmung





## Die Klimawirkungen des globalen Verkehrs werden auch durch Nicht-CO<sub>2</sub>-Komponenten bestimmt.

### Strahlungsantriebe globaler Landverkehr (2000)



#### Ozon:

Die Erwärmung durch Ozon verstärkt die Wirkung des CO<sub>2</sub>

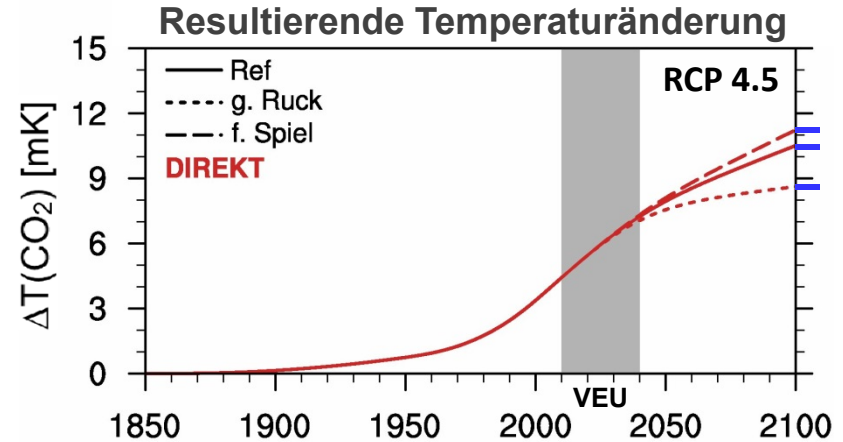
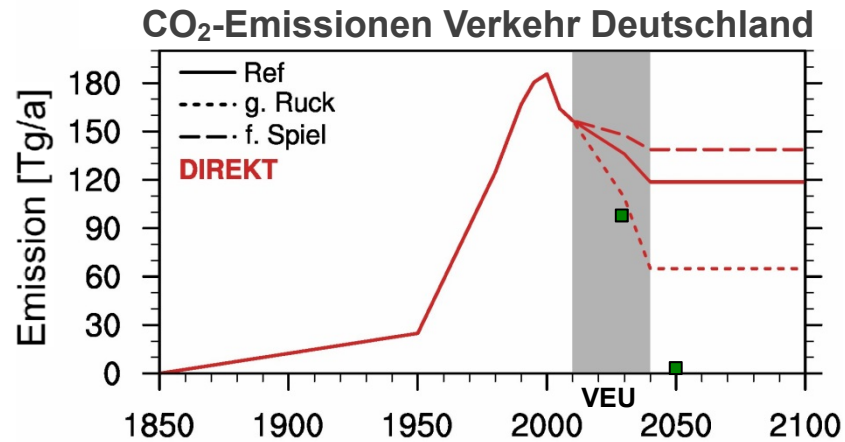
#### Aerosolpartikel:

Die kühlende Wirkung von Partikeln hat eine große Bedeutung



## Verkehr Deutschland: Keine Entwicklung im Sinne des 2°-Zieles bei Stillstand der Emissionsminderung nach 2040.

*Wenn sich nach 2040 die Dekarbonisierung im Verkehr nicht fortsetzt ...*



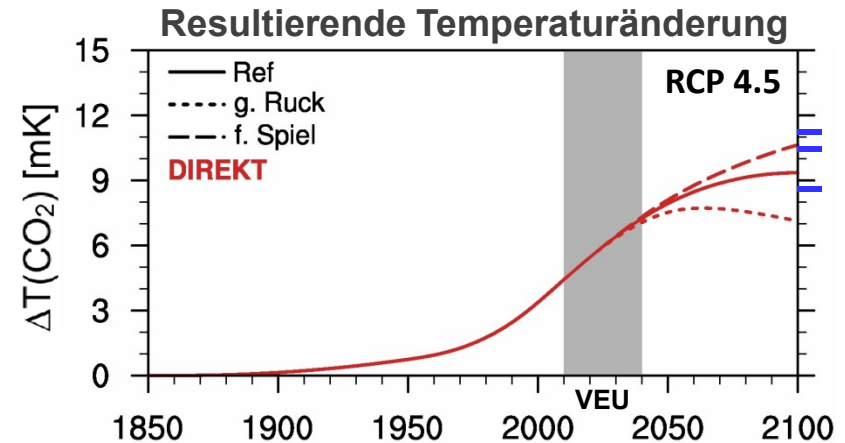
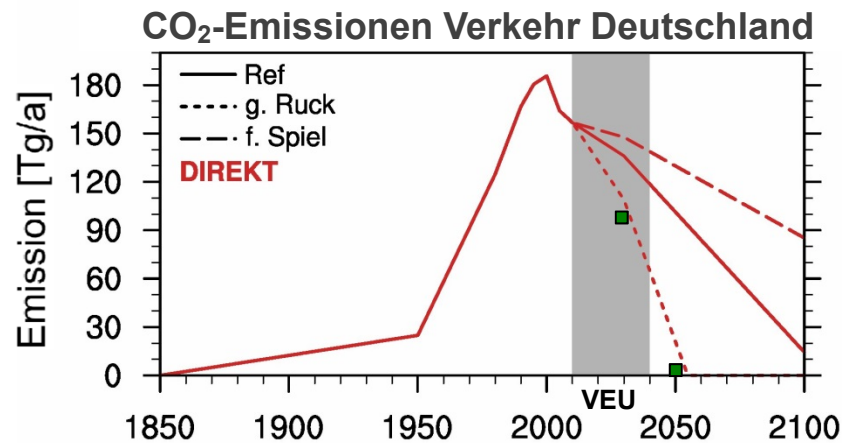
■ Klimaschutzplan 2050

Direkte Emissionen (Auspuffemissionen)



## Verkehr Deutschland: Entwicklung im Sinne des 2°-Zieles bei Verstetigung der im „Geregelten Ruck“ eingeleiteten Emissionstrends nach 2040.

*Wenn nach 2040 die Dekarbonisierung im Verkehr konsequent weitergeht ...*



■ **Klimaschutzplan 2050**

Direkte Emissionen (Auspuffemissionen)



## Fazit:

### Luftqualität

- Die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in Deutschland sinken bis 2040 um 40 bis 70% (je nach Region)
- Der Anteil des Verkehrs sinkt dabei bis 2040 von etwa 50% auf 25%
- Dieser Trend ist in allen Szenarien ähnlich ausgeprägt und besonders deutlich in Ballungsräume

### Klima

- Der deutsche Verkehr trägt deutlich zur globalen Erwärmung bei
- Der „geregelte Ruck“ befindet sich auf einem Pfad großer Minderung der CO<sub>2</sub>-Emission
- Die Erfüllung des „Klimaschutzplans 2050“ gelingt dabei jedoch nur bei fortschreitender Dekarbonisierung auch nach 2040
- In diesem Fall kann es zu einer Trendumkehr der verkehrsinduzierten Erwärmung, im Sinne des 2°-Zieles, kommen



DLR

•••• Helmholtz-Zentrum  
•••• Geesthacht



## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Projektleitung und Kontakt:  
Stefan Seum  
Institut für Verkehrsforschung  
[Stefan.Seum@dlr.de](mailto:Stefan.Seum@dlr.de)



 Helmholtz-Zentrum  
Geesthacht



Wissen für Morgen



## Zwölf beteiligte Institute, ca. 80 mitarbeitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler.



DLR

Helmholtz-Zentrum  
Geesthacht



## An VEU beteiligte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Daniel Aeschbach, DLR-ME  
Michael Behrisch, DLR-TS  
Ralf Berghof, DLR-FW  
Peter Berster, DLR-FW  
Johannes Bieser, HZG  
Christian Blank, DLR-TS  
Katrin Dahlmann, DLR-PA  
Aline Delatte, DLR-VF  
Hanjo Ehmer, DLR-FW  
Simone Ehrenberger, DLR-FK  
Klaus Ehrenfried, DLR-AS  
Verena Ehrler, DLR-VF  
Eva-Maria Elmenhorst, DLR-ME  
Jakob Erdmann, DLR-TS  
Veronika Eyring, DLR-PA  
Falko Nordenholz, DLR-VF  
Ina Frenzel, DLR-VF  
Kay Gade, DLR-VF  
Laura Gebhardt, DLR-VF  
Marc Gelhausen, DLR-FW  
Flemming Giesel, DLR-VF

Mirko Goletz, DLR-VF  
Volker Grewe, DLR-PA  
Johannes Gruber, DLR-VF  
Dietrich Heimann, DLR-PA  
Marek Heinrich, DLR-TS  
Dirk Heinrichs, DLR-VF  
Matthias Heinrichs, DLR-VF  
Johannes Hendricks, DLR-PA  
Arne Henning, DLR-AS  
Michael Hepting, DLR-FW  
Stefan Huber, DLR-VF  
Patrick Jöckel, DLR-PA  
Martin Jung, DLR-FW  
Hermann Keimel, DLR-FW  
Benjamin Kickhöfer, DLR-VF  
Jens Klauenberg, DLR-VF  
Florian Kleiner, DLR-FK  
Matthias Klötzke, DLR-FK  
Gunnar Knitschky, DLR-VF  
Katja Köhler, DLR-VF  
Petra Kokus, DLR-FW

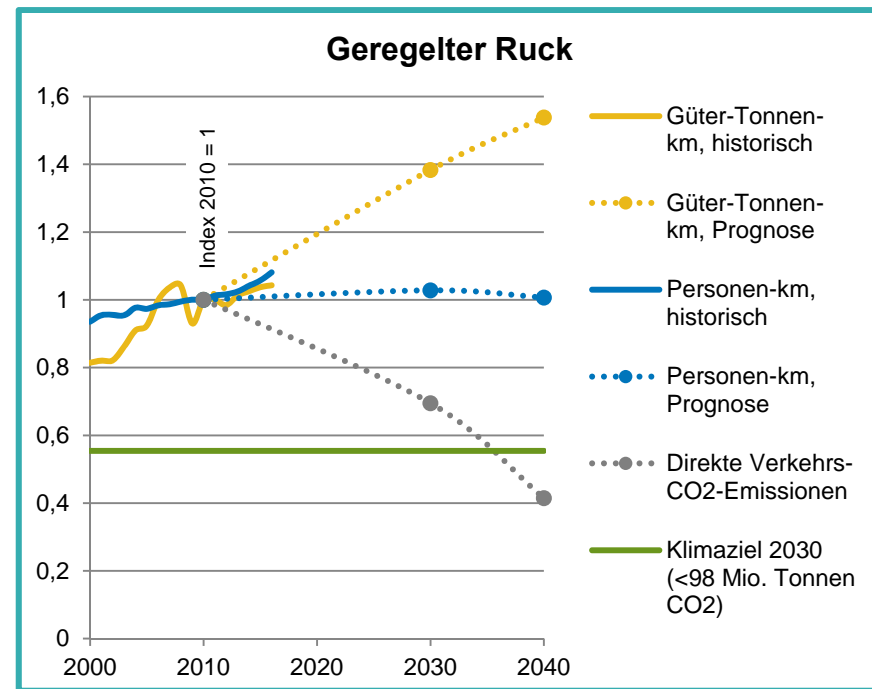
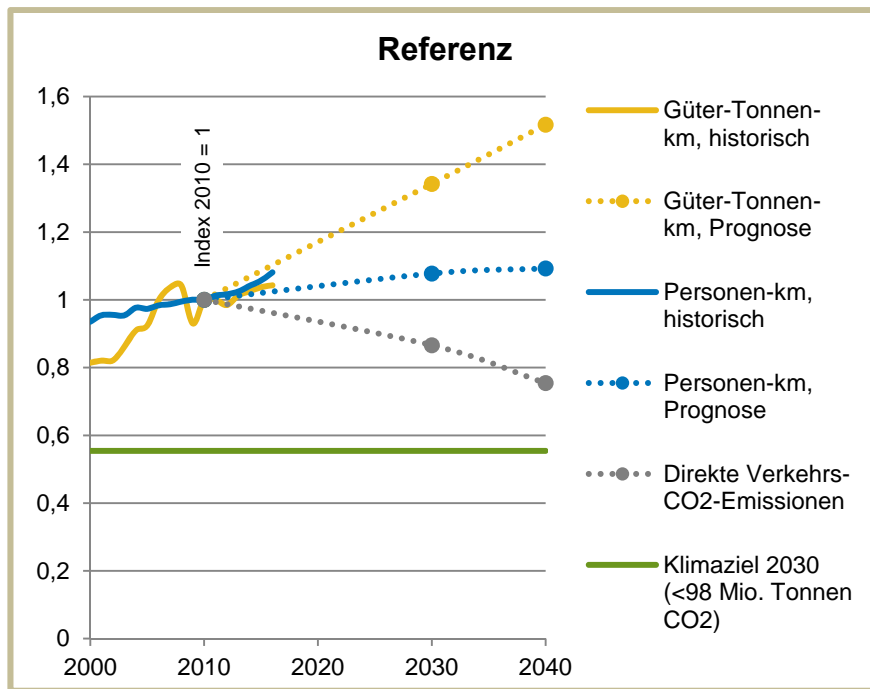
Thomas Kowalski, DLR-AS  
Ulrike Kugler, DLR-FK  
Tobias Kuhnimhof, DLR-VF  
Martin Kurowski, DLR-VF  
Alexandra Leipold, DLR-FW  
Barbara Lenz, DLR-VF  
Gernot Liedtke, DLR-VF  
Andreas Lischke, DLR-VF  
Sigfried Loose, DLR-AS  
Daniela Luft, DLR-VF  
Sven Maertens, DLR-FW  
Volker Matthias, HZG  
Franco Mendolia, DLR-ME  
Tudor Mocanu, DLR-VF  
Stephan Müller, DLR-VF  
Uwe Müller, DLR-ME  
Thorsten Neumann, DLR-TS  
Claudia Nobis, DLR-VF  
Rebekka Oostendorp, DLR-VF  
Henry Pak, DLR-FW  
Martin Plohr, DLR-AT

Michael Ponater, DLR-PA  
Thomas Pregger, DLR-TT  
Markus Quante, HZG  
Mattia Righi, DLR-PA  
Sandra Sanok, DLR-ME  
Anke Sauerländer-Biebel, DLR-TS  
Robert Sausen, DLR-PA  
Arthur Schady, DLR-PA  
Hans Schlager, DLR-PA  
Stephan Schmid, DLR-FK  
Angelika Schulz, DLR-VF  
Tilo Schumann, DLR-TS  
Oliver Seebach, DLR-SC  
Doreen Seider, DLR-SC  
Stefan Seum, DLR-VF  
Sonja Simon, DLR-TT  
Bernhard Vogel, KIT  
Heike Vogel, KIT  
Sarah Weidenfeld, DLR-ME  
Christian Winkler, DLR-VF  
Axel Wolfermann, DLR-VF

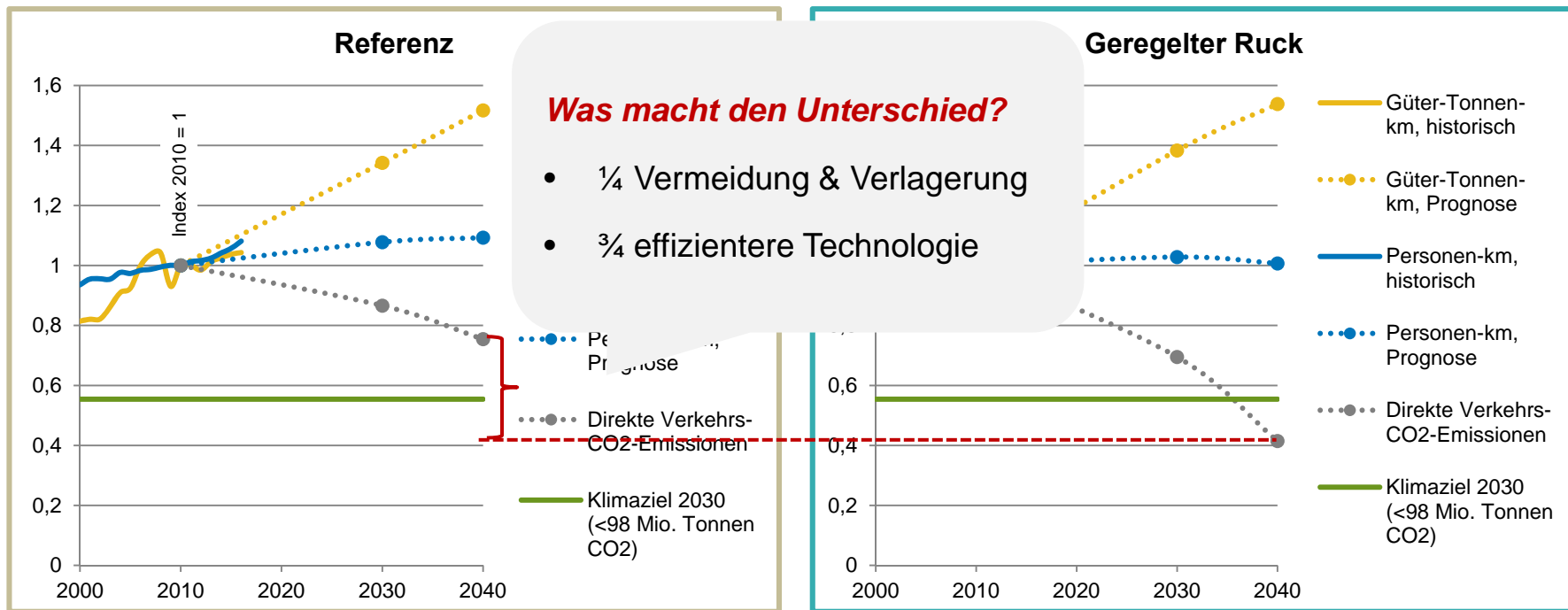




# Entwicklung Verkehrsleistung und Klimaemissionen des Verkehrs im Überblick. Der Geregelter Ruck schafft 2040 die Klimaziele 2030.

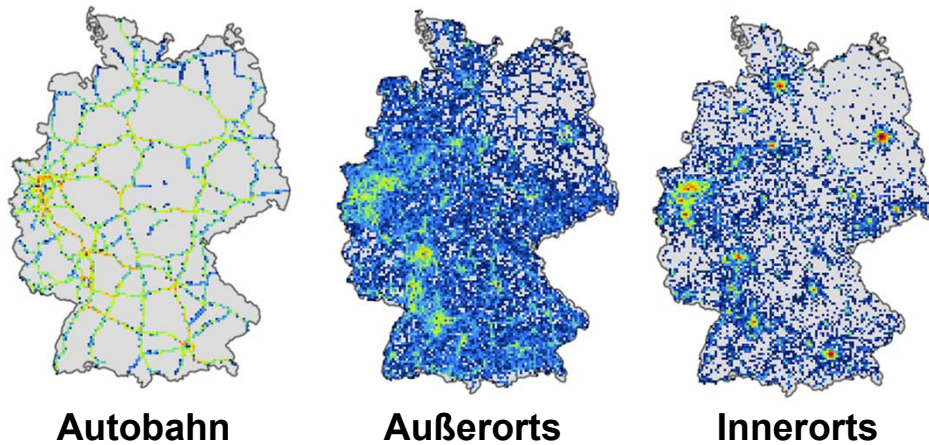


# Entwicklung Verkehrsleistung und Klimaemissionen des Verkehrs im Überblick. Der Geregelter Ruck schafft 2040 die Klimaziele 2030.

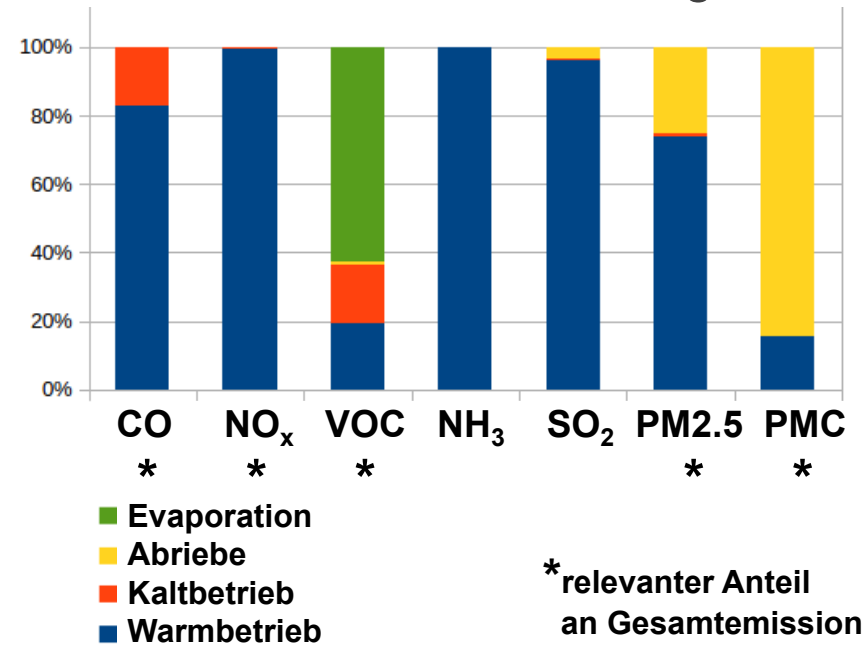


# Verkehr in Deutschland: Fahrleistung und Emissionsentstehung.

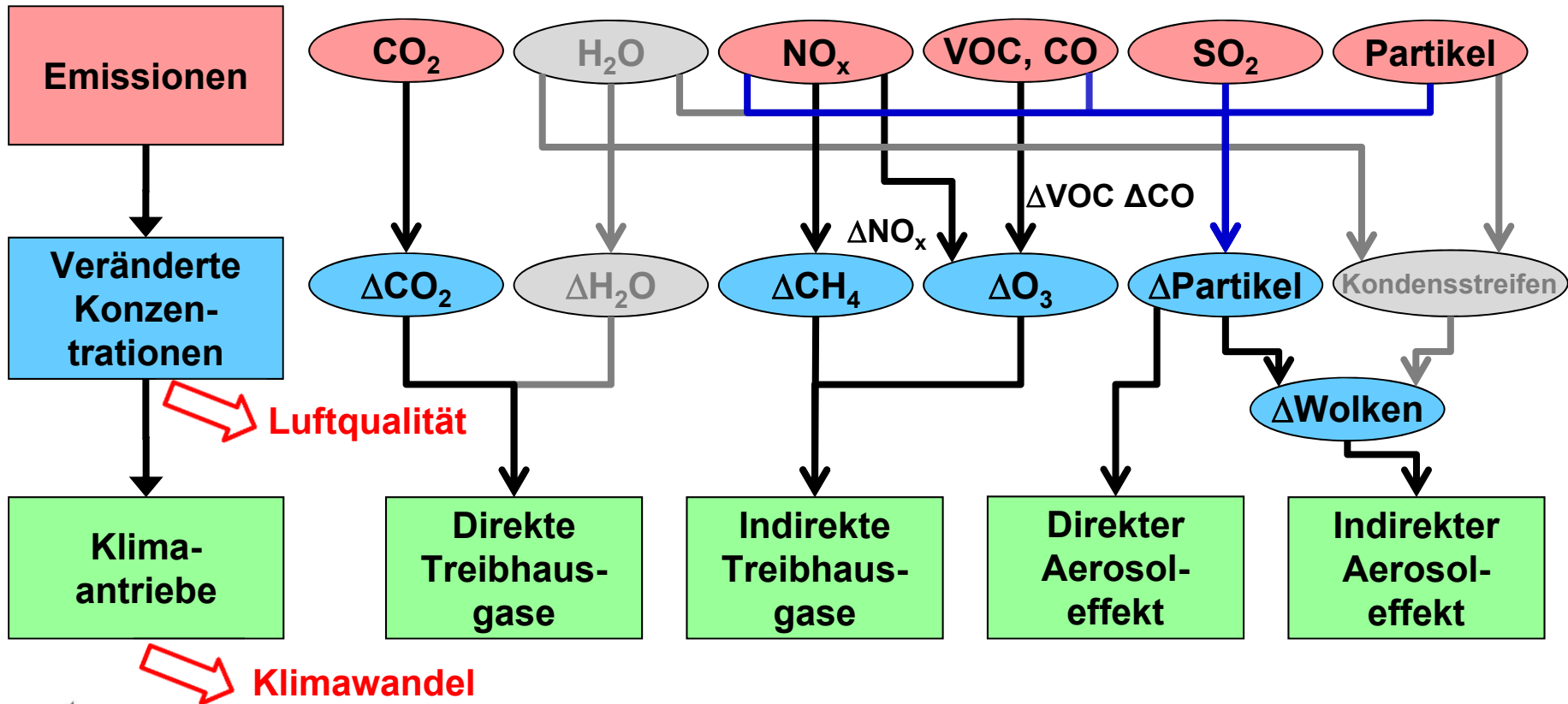
## Fahrleistungen



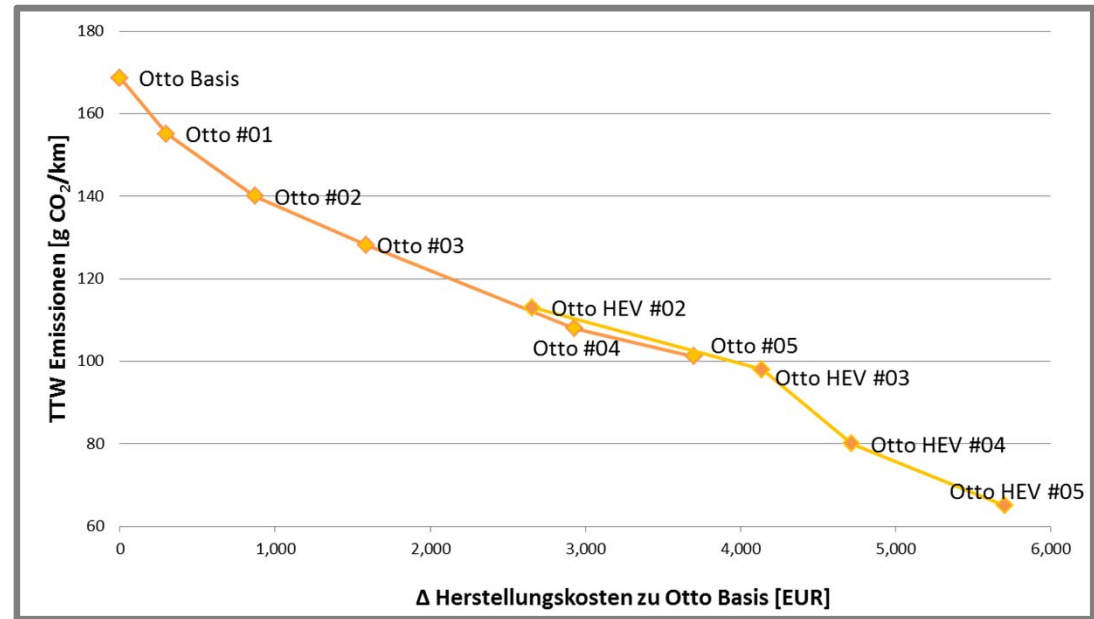
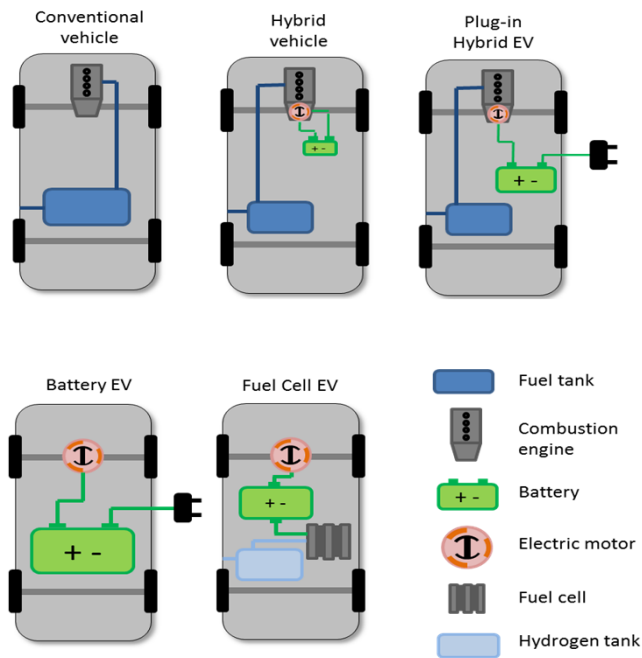
## Emissionsentstehung



## Wirkungen von Verkehrsemissionen auf Atmosphäre und Klima.



# Fahrzeugangebot: Eine Vielzahl alternativer Antriebskonzepte wird im Modell VECTOR21 abgebildet.



Sinkende Emissionen mit steigender Effizienz und höheren Kosten

