



**Hochschule Augsburg**  
University of Applied Sciences



# **Sorgenkind Verkehrssektor (Wie) können hier die Emissionsziele erreicht werden?**

PUBLIC CLIMATE SCHOOL, HOCHSCHULE AUGSBURG 08.11.2022

Prof. Dr. Michel Krupp – Hochschule Augsburg – Forschungsgruppe HSA\_ops



Foto: Colourbox

- **Wer spricht**  
Die Forschungsgruppe HSA\_ops
- **Klimaziele der Bundesregierung**  
CO<sub>2</sub> Emissionsziele insb. im Verkehrssektor
- **Nachhaltigkeitsstrategien**  
Effizienz, Konsistenz und Suffizienz im Verkehrssektor
- **Fazit und Bewertung**  
Können wir das schaffen ...?
- **Diskussion**



Foto: Colourbox

- **Wer spricht**  
Die Forschungsgruppe HSA\_ops
- **Klimaziele der Bundesregierung**  
CO<sub>2</sub> Emissionsziele insb. im Verkehrssektor
- **Nachhaltigkeitsstrategien**  
Effizienz, Konsistenz und Suffizienz im Verkehrssektor
- **Fazit und Bewertung**  
Können wir das schaffen ...?
- **Diskussion**





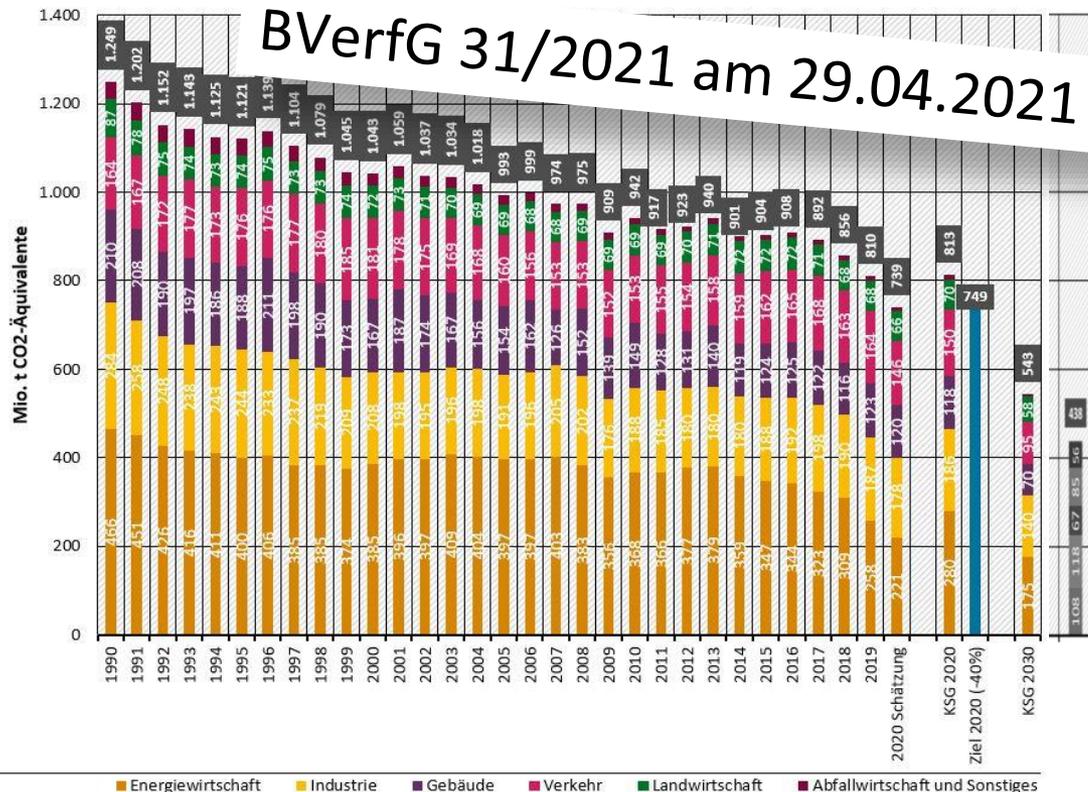
Foto: Colourbox

- **Wer spricht**  
Die Forschungsgruppe HSA\_ops
- **Klimaziele der Bundesregierung**  
CO<sub>2</sub> Emissionsziele insb. im Verkehrssektor
- **Nachhaltigkeitsstrategien**  
Effizienz, Konsistenz und Suffizienz im Verkehrssektor
- **Fazit und Bewertung**  
Können wir das schaffen ...?
- **Diskussion**

## Die Bundesregierung sieht eine Reduzierung der CO<sub>2</sub> Emissionen um 55%-65% bis 2030 vor

### Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland

in der Abgrenzung der Sektoren des Klimaschutzgesetzes (KSG)



- „Neue Klimaziele“: Nach dem Urteil des Bundesverfassungsgerichts werden Klimaziele nachgeschärft: Gesamtreduktion bis 2030 um 65% (statt bisher 55%)

- Für den Verkehrssektor ist der Zielwert bis 2030: 85 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (statt bisher 95 Mio. Tonnen)

- Bei 146 Mio. Tonnen 2020 wären das 61 Mio. Tonnen in 10 bzw. in 8 Jahren

### ABER...

\* Die Aufteilung der Emissionen weicht von der UN-Berichterstattung ab, die Gesamtemissionen sind identisch

Quellen: Umweltbundesamt (2021a) & (2022a)

# Der Verkehrssektor ist bisher „Sorgenkind“ beim Erreichen der Reduktionsziele



Verkehr



Landwirtschaft



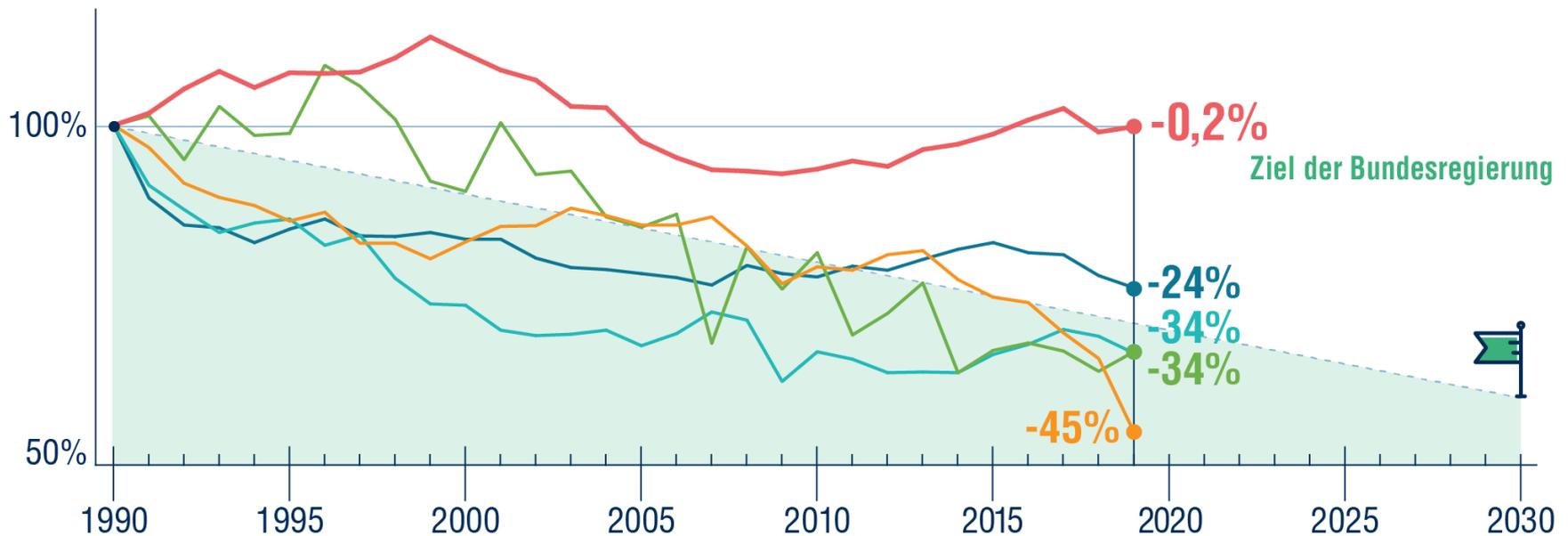
Industrie



Haushalte



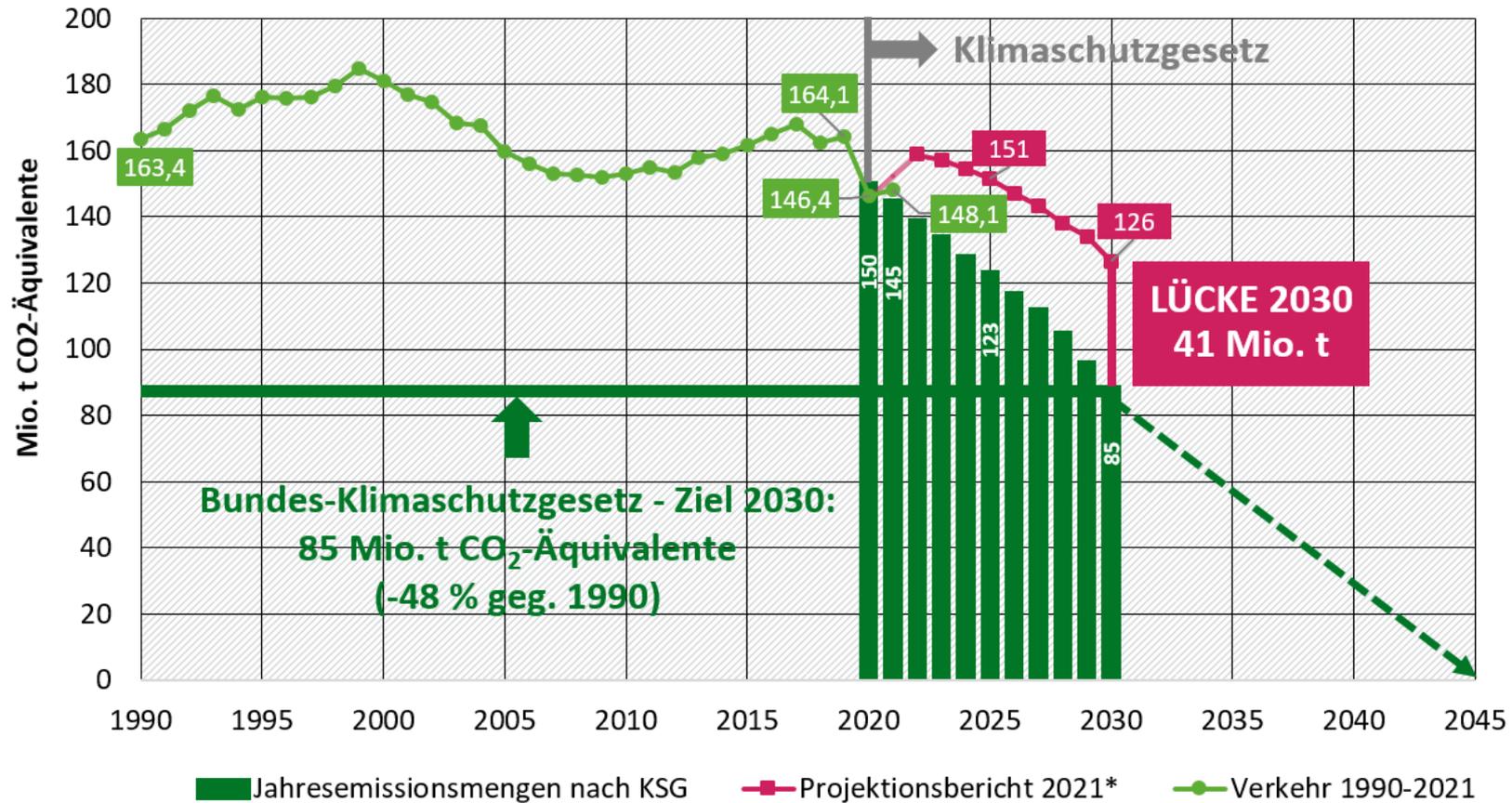
Energiewirtschaft



Quelle: Allianz pro Schiene | 10/2020 | mit Material von Umweltbundesamt, 2020  
Lizenz: © Nutzung frei für redaktionelle Zwecke unter Nennung der Allianz pro Schiene

Quellen: Allianz pro Schiene (2020)

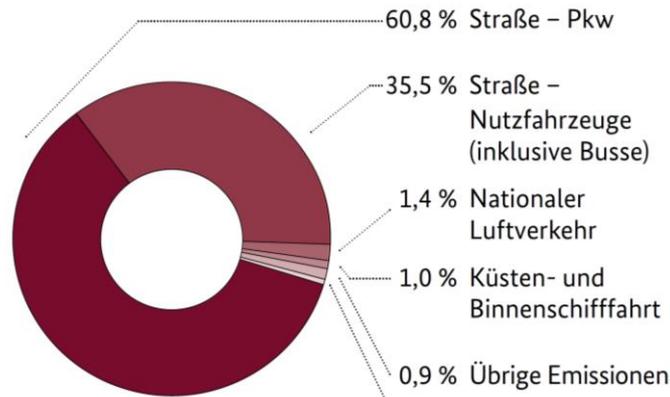
# Mit Blick auf die vergangenen 30 Jahre scheint die Zielsetzung „sportlich“...



\* Berechnete Werte des „Projektionsbericht 2021“ (rote Linie, basierend auf Daten mit Stand August 2020) weichen für die Jahre 2020 und 2021 von den später veröffentlichten offiziellen IST-Werten (grüne Linie) ab.

Quelle: UBA  
22.03.2022

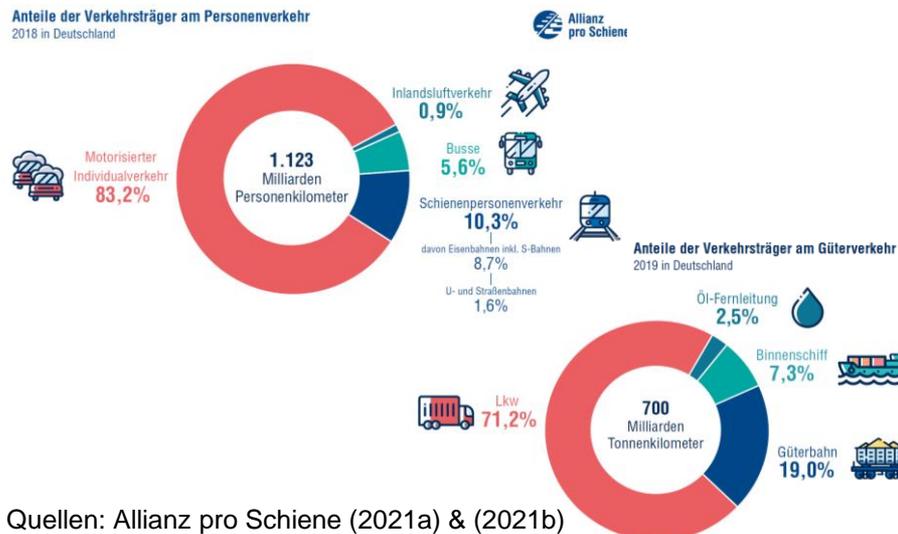
# Der Verkehrssektor setzt sich aus dem Personen- und Güterverkehr zusammen



Quelle: Umweltbundesamt (2021)

- Aufteilung des Verkehrssektor (grob): 30/70 Güter/Personen-Verkehr
- Einheit der Verkehrsleistung
  - pkm = Personenkilometer (Personenverkehr)
  - tkm = Tonnenkilometer (Güterverkehr)

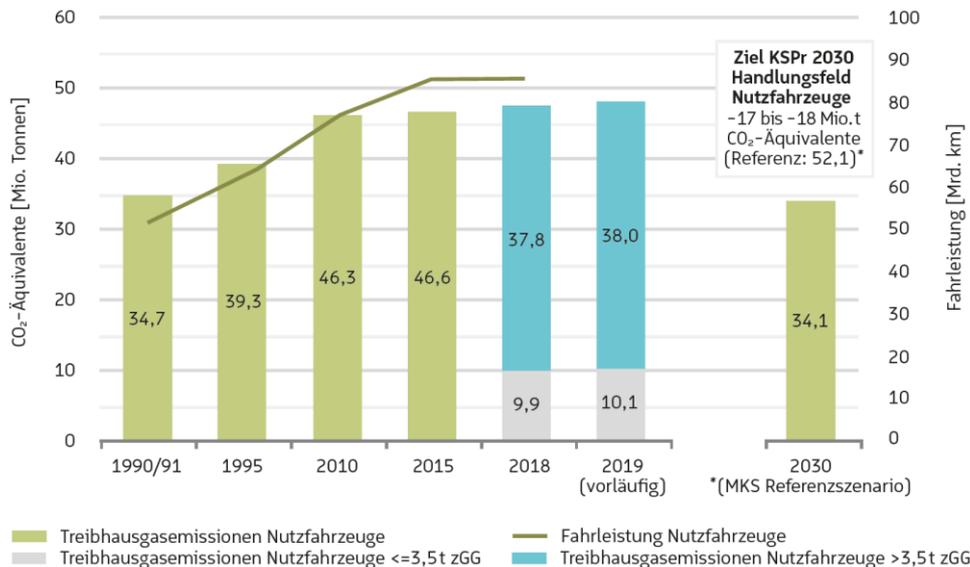
Anteile der Verkehrsträger am Personenverkehr 2018 in Deutschland



Quellen: Allianz pro Schiene (2021a) & (2021b)

- Der Modal-Split unterscheidet sich erheblich zwischen Personenverkehr und Güterverkehr
  - z.B. Nutzung der Straße: 83% Personenverkehr vs. 71 % Güterverkehr
- Maßnahmen im Verkehrssektor gelten als schwierig, da sie oft direkt das Verhalten der Bürger betreffen

# Schwere Nutzfahrzeuge emittieren ca. die Hälfte des CO<sub>2</sub> Äqu. im Straßengüterverkehr



- 2019 emittierten Nutzfahrzeuge ca. 38 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente
- Ca. 10% der Nutzfahrzeuge im Bestand sind „Schwere Nutzfahrzeuge“ (> 26 t)
- Schwere Nutzfahrzeuge emittieren ca. 50 % der CO<sub>2</sub>-Äquivalente
- Zum Vergleich: Fahrzeuge (< 3,5 t) machen 75% der Flotte aus; emittieren aber „nur“ ca. 20% der CO<sub>2</sub>-Äquivalente

Quelle: Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (2020)



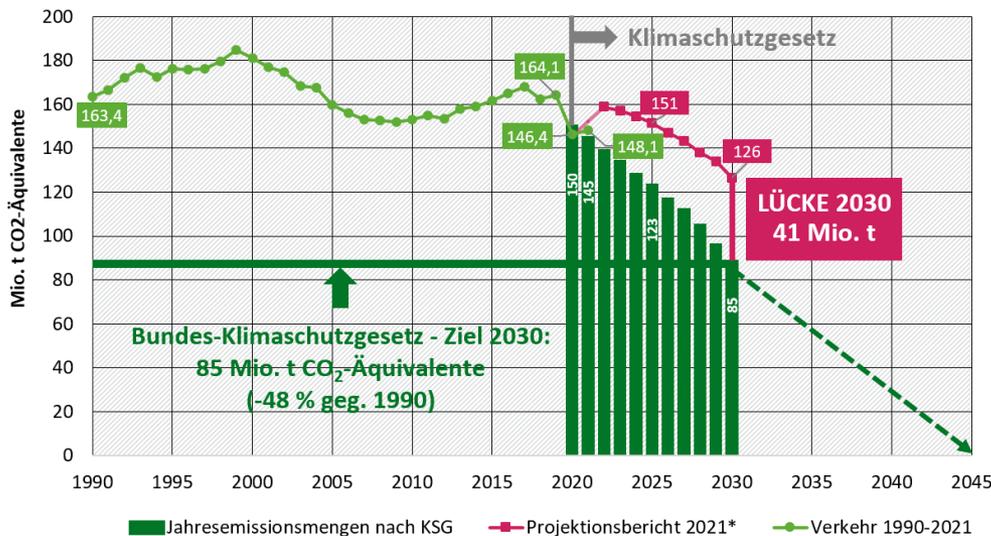
Foto: Colourbox

- **Wer spricht**  
Die Forschungsgruppe HSA\_ops
- **Klimaziele der Bundesregierung**  
CO<sub>2</sub> Emissionsziele insb. im Verkehrssektor
- **Nachhaltigkeitsstrategien**  
Effizienz, Konsistenz und Suffizienz im Verkehrssektor
- **Fazit und Bewertung**  
Es wird „sportlich“
- **Diskussion**

# Drei grundsätzliche Nachhaltigkeitsstrategien kommen zur Zielerreichung in Frage...

- **Effizienz (Wirkungsgrad)**  
Gleicher Output bei sinkendem Input  
Also gleiche Verkehrsleistung bei weniger CO<sup>2</sup> Emission
- **Konsistenz (Kreislauf)**  
Andere Produktionsprozesse mit niedriger/mehrfacher Nutzung  
Also neue Antriebstechnologien, weniger Individualverkehr
- **Suffizienz (Verhaltensänderung)**  
Weniger konsumieren, weniger produzieren  
Also Konsumreduktion, bewusster Verzicht auf  
(motorisierte/n) Mobilität & Transport

# Der Verkehrssektor hat im Jahr 2021 sein Jahresziel um rund 3 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> Äqu. verfehlt



## KLIMASCHUTZSOFORTPROGRAMM DER BUNDESREGIERUNG: MAßNAHMEN VERKEHR

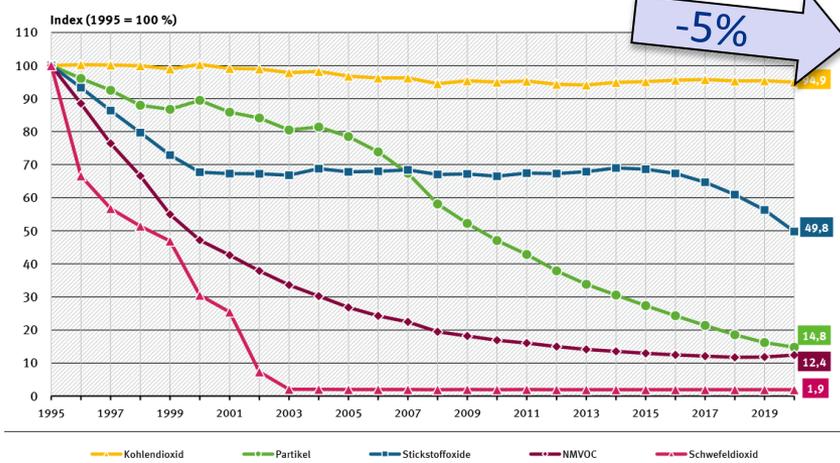
- 1** Auf- und Ausbau der Tank- und Ladeinfrastruktur für Pkw und Nutzfahrzeuge K
- 2** Ausbau Förderung effizienter Lkw-Trailer E
- 3** Ausbauintiative Radverkehrsinfrastruktur – aktive Mobilität S
- 4** Ausbau- und Qualitätsoffensive im ÖPNV K
- 5** Ausbau der digitalen Arbeitsformen S
- 6** Anpassung nationale THG-Minderungsquote K



Der Expertenrat für Klimafragen (ERK) stellt fest, dass **die Anforderung an ein Sofortprogramm gemäß § 8 Abs. 1 KSG nicht erfüllt werden** und weist darauf hin, dass die vorgelegten Maßnahmen bis zum nächsten im KSG definierten Zieljahr (in diesem Fall 2030) eine **erhebliche Überschreitung der Jahresemissionsmengen nicht verhindern würden!**

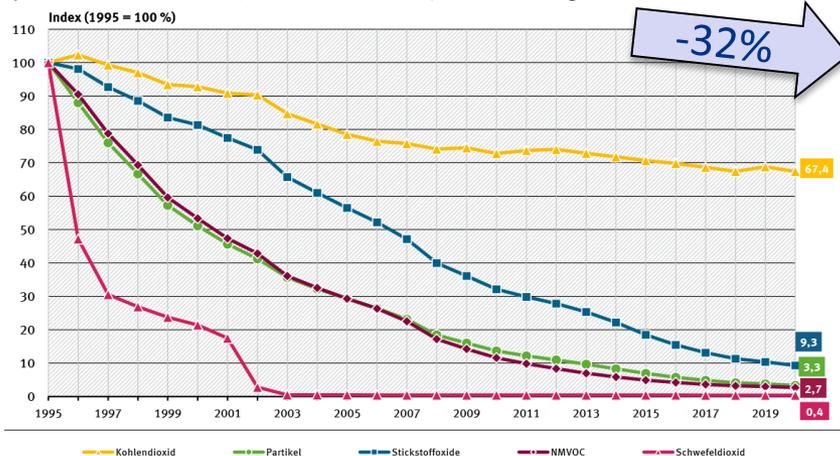
# Effizienzgewinne im Verkehrsbereich konnten keine wesentliche Emissionsreduktion erreichen

Spezifische Emissionen Pkw (direkte Emissionen Pkw / Verkehrsleistung Pkw)



Quelle: Umweltbundesamt, Daten- und Rechenmodell TREMOD - Transport Emission Model, Version 6.23 (Stand 04/2022)

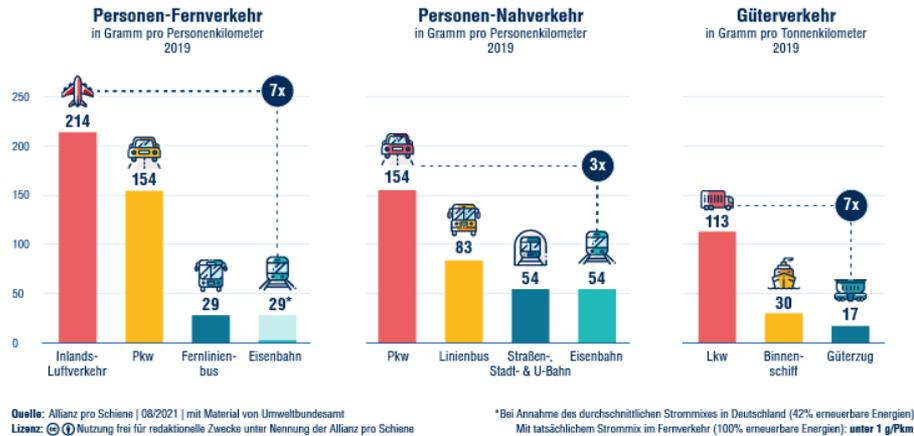
Spezifische Emissionen Lkw\* (direkte Emissionen Lkw / Verkehrsleistung Lkw)



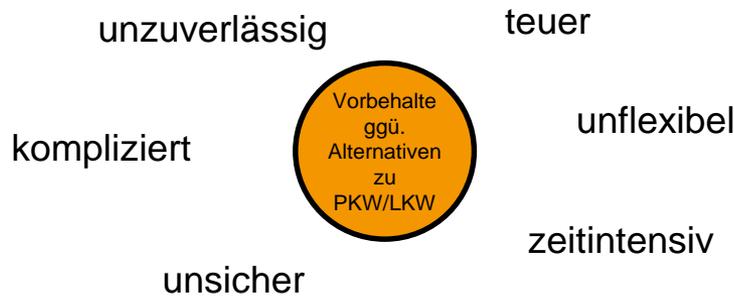
Quelle: Umweltbundesamt, Daten- und Rechenmodell TREMOD - Transport Emission Model, Version 6.23 (Stand 04/2022)

- Effizienzsteigerungen führen im Verkehrsbereich zu niedrigeren Kosten pro pkm oder tkm!
- Kostensenkungen wirken sich positiv auf die Nachfrage aus
  - Es wird mehr/öfter/weiter transportiert
  - Es wird komfortabler, also in größeren Fahrzeugen gefahren  
*(Reisezeitbudget)*
  - ...
- Gestiegene Nachfrage kompensiert offensichtlich die Effizienzsteigerungen
- Rebound-Effekte bremsen Effizienzgewinne aus!

# Die Verlagerung von Mobilität auf emissionsärmere Verkehrsträger bietet Potenziale

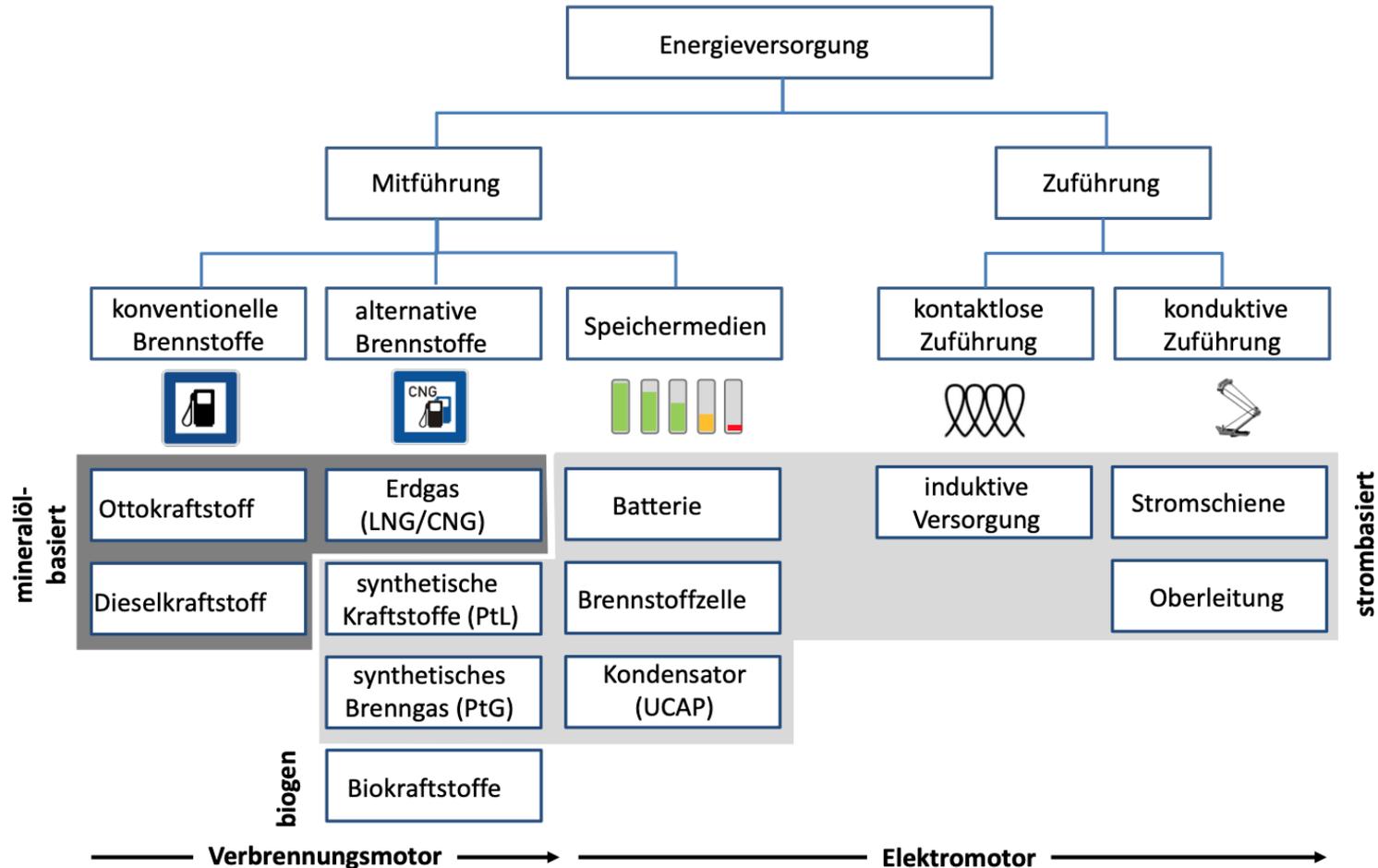


Quelle: Allianz pro Schiene (2021c)



- Emissionen auf Wasserstraßen und auf der Schiene sind deutlich (3 – 7 fach) niedriger als auf der Straße
- Transportalternativen ÖPNV, Eisenbahn und Binnenschiff sind technisch ausgereift
- Infrastruktur (Wasserstraßen, Schienennetz, Umschlagsanlagen, Bus-/Bahnlinien) ist grundsätzlich vorhanden
- Kapazität ist im Güterverkehr nahezu ausgereizt (Bsp. Brenner-Nordzulauf)
- Infrastrukturmaßnahmen gelten als extrem schwierig (Bsp. Ausbau Trasse A-Ulm)
- Verlagerung ist aktuell eine unattraktive Verhaltensänderung / wirtschaftliche Entscheidung

# Die Antriebsalternativen auf der Straße kombinieren versch. Energieträger und Quellen

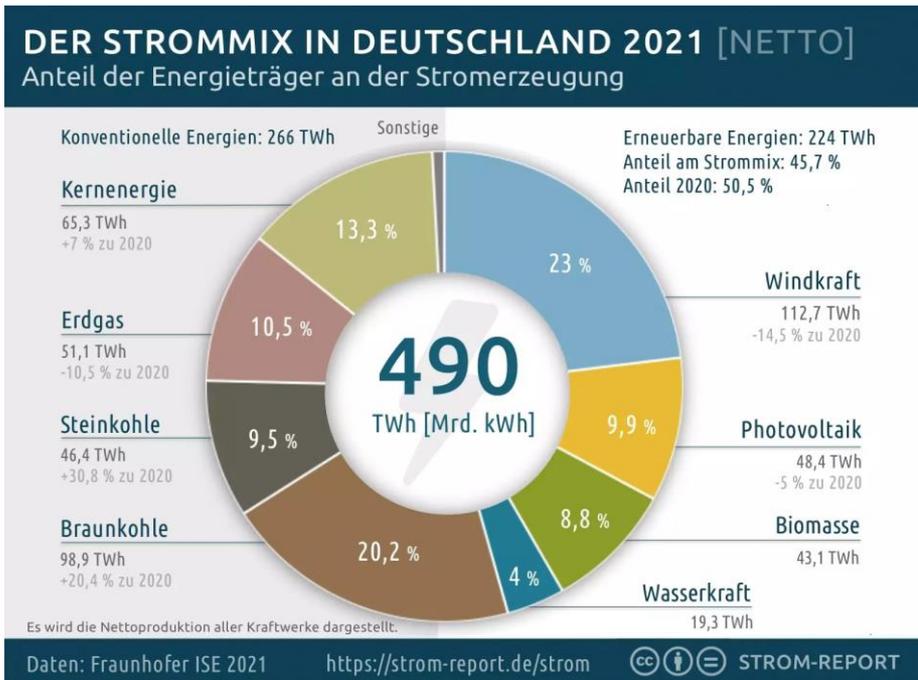


Quelle: Bernecker, Tobias (2020)

# Alternative Antriebe setzen auf direkte oder indirekte Nutzung von elektrischer Energie

- **Wasserstoff** scheint die einzige realistische Alternative auf der Langstrecke (> 300km) für schwere Nutzfahrzeuge
- Herausforderung: Wirkungsgrad, Wasserstoffverfügbarkeit, Platzbedarf des Tanks sowie (noch) Verfügbarkeit von Fahrzeugen, Tankstelleninfrastruktur
- Projekt der COOP in der Schweiz zeigt grundsätzliche Machbarkeit
  
- **Batterie**getriebene LKW sind insbesondere im Nahverkehr (< 300 km) sinnvoll
- Herausforderung: Gewicht und Platzbedarf der Batterie, Standzeit/Fahrzeit Ratio, Ladeinfrastruktur, Reichweite, Technologiereife und Verbreitung
- Nutzungsszenarien in Verteilverkehren zeigen die Marktreife
  
- **Oberleitungs**-LKW sind aktuell im Testbetrieb und eignen sich auf der Langdistanz auf definierten Strecken
- Herausforderung: Beschränkte Einsatzfähigkeit abh. von Infrastruktur, aufwändige Infrastruktur im Straßennetz nötig, geringe Flexibilität
- Aktuell plant Bayern eine Langstrecken-Teststrecke

# Alle gezeigten Antriebsalternativen basieren auf elektrischer Energie, die aktuell nicht „grün“ ist



Quelle: strom-report (2021)

Quelle Energiebedarf Verkehrssektor : Umweltbundesamt (2022d):

- Alle gezeigten Alternativen sind Elektrofahrzeuge (egal ob Batterie-, Wasserstoff- oder Oberleitungs-LKW)
- Nur bei Nutzung von möglichst „grünem“ Strommix sind diese nachhaltig, bieten aber das theoretische Potenzial
- Aktuell stammen „nur“ ca. 45-50% des in Deutschland erzeugten Stroms aus erneuerbaren Energien
- Der Strommix verschiebt sich weiter zugunsten der erneuerbaren Energien
- Fraglich ist, ob der zusätzliche Strombedarf im Verkehrssektor mit erneuerbaren Energien zu decken wäre (2.700 PJ ~ 750 TWh; davon 40% ~ 300 TWh) (Wirkungsgrad nicht berücksichtigt)

# „Verzicht“ auf motorisierte Mobilität und Gütertransport

- Betriebswirtschaftlich entspricht Suffizienz der Nutzung von Substituten oder der Reduktion von Nachfrage
- Das Substitut „Fahrrad“ oder „zu Fuß gehen“ ist quasi ausschließlich für Personenverkehr im Nahverkehr denkbar
- Nachfrage wird durch Verteuerung reduziert
  - Erhöhung oder Ausweitung der Maut
  - Verteuerung von Treibstoff (Zertifikatehandel – CO<sub>2</sub> Preis)
  - Reduzierung von Subventionen (Entfernungspauschale)
- Die Geschwindigkeitsbegrenzung ist „verordneter Verzicht“ auf Emissionen
- Digitalisierung von Meetings substituiert Dienstreisen und Pendelverkehre



Foto: Colourbox

- **Wer spricht**  
Die Forschungsgruppe HSA\_ops
- **Klimaziele der Bundesregierung**  
CO<sub>2</sub> Emissionsziele insb. im Verkehrssektor
- **Nachhaltigkeitsstrategien**  
Effizienz, Konsistenz und Suffizienz im Verkehrssektor
- **Fazit und Bewertung**  
Können wir das schaffen ...?
- **Diskussion**

# Können wir das schaffen?....

## Effizienz:

- Rebound-Effekt bedroht quasi alle Effizienzerfolge

## Konsistenz:

- Modal Shift bedarf einer Verhaltensänderung bei wirtschaftlichen Handelns im Güterverkehr
- Alternative Antriebstechnologien sind noch nicht marktfähig, bedürfen einer noch nicht ausgebauten Infrastruktur
- ... ja, aber es wird sehr „sportlich“ und bedarf entschlossener, sozialausgewogener Entscheidungen!
- ... keine Technologie klar durchgesetzt
- ... Herkunft des Wasserstoffs konterkariert die Zielsetzung der Dekarbonisierung

## Suffizienz:

- Die Hebel sind bisher eher klein bzw. werden nur zögerlich genutzt



Foto: Colourbox

- **Wer spricht**  
Die Forschungsgruppe HSA\_ops
- **Klimaziele der Bundesregierung**  
CO<sub>2</sub> Emissionsziele insb. im Verkehrssektor
- **Nachhaltigkeitsstrategien**  
Effizienz, Konsistenz und Suffizienz im Verkehrssektor
- **Fazit und Bewertung**  
Können wir das schaffen ...?
- **Diskussion**



Quelle: COLOURBOX4015467



## **Prof. Dr. Michael Krupp**

Professor für Supply Chain Management  
Fakultät für Wirtschaft / Faculty of Business

Forschungsgruppe für optimierte Wertschöpfung  
An der Hochschule 1, 86161 Augsburg

Mobil	+49 172 5763664
E-Mail	<a href="mailto:michael.krupp@hs-augsburg.de">michael.krupp@hs-augsburg.de</a>
Website	<a href="http://www.hsaops.org">www.hsaops.org</a>

---

# Quellenverzeichnis I

- Umweltbundesamt (2021a): „Treibhausgasemissionen sinken 2020 um 8,7 Prozent“; Pressemitteilungen 07/2021; online: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/treibhausgasemissionen-sinken-2020-um-87-prozent>; (letzter Zugriff 07.11.2022).
- Umweltbundesamt (2022a): „Treibhausgasemissionen stiegen 2021 um 4,5 Prozent“; Pressemitteilung 15/2022; online: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/treibhausgasemissionen-stiegen-2021-um-45-prozent>; (letzter Zugriff 07.11.2022).
- Allianz pro Schiene (2020): „Klimaschutz“; online: <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/dossiers/bundeslaenderindex-mobilitaet-umwelt/klimaschutz/>; (letzter Zugriff 07.11.2022).
- Umweltbundesamt (2022b): „Klimaschutz im Verkehr“; online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/klimaschutz-im-verkehr#undefined>; (letzter Zugriff 07.11.2022).
- Umweltbundesamt (2021b): „Klimaschutz in Zahlen“; online: <https://www.bmuv.de/publikation/klimaschutz-in-zahlen-2021>; (letzter Zugriff 07.11.2022).
- Allianz pro Schiene (2021a): „Marktanteile der Eisenbahn am Personenverkehr in Deutschland“; <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/personenverkehr/marktanteile/>; (letzter Zugriff 07.11.2022).
- Allianz pro Schiene (2021b): „Marktanteile: Der Erfolgskurs der Güterbahnen...“; online: <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/gueterverkehr/marktanteile/>; (letzter Zugriff 07.11.2022).
- Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (2020): „Werkstattbericht Antriebswechsel Nutzfahrzeuge – Zwischenbericht 12/2020“; online: [https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/12/NPM\\_AG1\\_Werkstattbericht\\_Nutzfahrzeuge.pdf](https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/12/NPM_AG1_Werkstattbericht_Nutzfahrzeuge.pdf); (letzter Zugriff 07.11.2022).
- ERK (2022): „Prüfbericht zu den Sofortprogrammen 2022 für den Gebäude- und Verkehrssektor“; online: [https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2022/08/ERK2022\\_Pruefbericht-Sofortprogramme-Gebaeude-Verkehr.pdf](https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2022/08/ERK2022_Pruefbericht-Sofortprogramme-Gebaeude-Verkehr.pdf); (letzter Zugriff 07.11.2022).
- Umweltbundesamt (2022c): „Spezifische Emissionen des Straßenverkehrs“; online: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/emissionen-des-verkehrs#pkw-fahren-heute-klima-und-umweltvertraglicher>; (letzter Zugriff 07.11.2022).
- Allianz pro Schiene (2021c): „Treibhausgas-Emissionen: Klima schonen? Bahn fahren“; online: <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/umwelt/treibhausgas-emissionen/>; (letzter Zugriff 07.11.2022).
- Bernecker, Tobias (2020): „Klimaschutz und CO2 Auswirkung auf die Verkehrs- und Logistikbranche“; Präsentation Ausschuss für Verkehr und Mobilität der IHK Schwaben, 1.Sitzung 2020, S. 14.

# Quellenverzeichnis II

- Umweltbundesamt (2022d): „Endenergieverbrauch und Energieeffizienz des Verkehrs ; online: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/endenergieverbrauch-energieeffizienz-des-verkehrs#spezifischer-energieverbrauch-sinkt>; (letzter Zugriff 07.11.2022).
- strom-report (2021): „Strommix 2021: Stromerzeugung in Deutschland [Netto]“; online: <https://strom-report.de/download/strommix-2021-deutschland/>; (letzter Zugriff 07.11.2022).