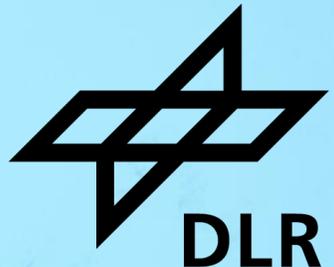


WEGE ZUR VERKEHRSWENDE IN URBANEN RÄUMEN

Daniel Krajewicz, Institut für Verkehrsforschung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

22. Herbstschule System Erde 2024, 12.11.2024



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt Überblick



- Unsere Mission: Wir erforschen Erde und Weltall und entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft.
- Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten in den Bereichen

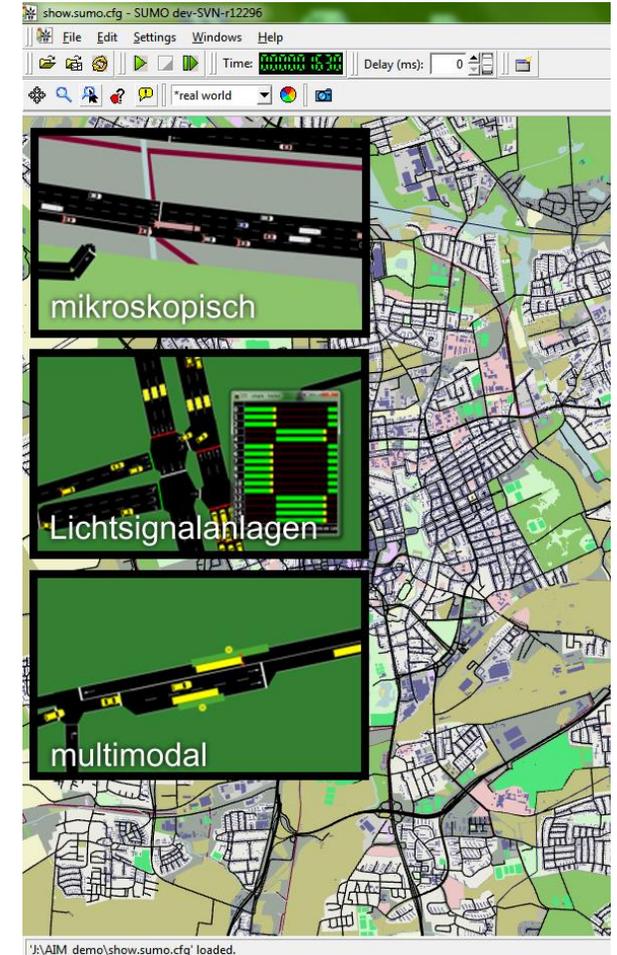


- Europas größte Forschungsorganisation mit mehr als 10.000 Mitarbeitenden
- 54 Institute/Einrichtungen an 30 Standorten in Deutschland; Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington; Raumfahrtagentur und Projektträger
- Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

Kurzvorstellung

Daniel Krajzewicz

- Diplom-Informatiker
- Seit 2001 am DLR, im Bereich der Modellierung
- Mitarbeit an diversen Projekten
- Mitarbeit an Softwarepaketen:
 - Verkehrsflusssimulation SUMO
 - Agentenbasiertes Verkehrsnachfragemodell TAPAS
 - Werkzeug zum Berechnen von Erreichbarkeiten UrMoAC
- alle open source 😊



- Verkehr – Zustand und Probleme
- Lösungen
 - Alternative Kraftstoffe und Fahrzeugtypen
 - Digitalisierung und Automatisierung
 - Verhaltensänderung
- Zusammenfassung

A satellite with two long solar panel arrays is shown in orbit above Earth. The satellite's body is gold-colored, and the solar panels are silver with a grid pattern. The Earth below shows green landmasses, blue oceans, and white clouds. The curvature of the planet is visible against the blackness of space.

IST-ZUSTAND

- **Prämisse: Mobilität ist wichtig**
 - Menschen müssen den Ort wechseln um ihren Aufgaben nachzukommen und ihre Bedürfnisse zu befriedigen
 - Waren müssen transportiert werden
- **Aber: Aktuelle Mobilität hat negative Auswirkungen auf das Klima**

- **Zukünftige Mobilität sollte nachhaltig sein – ökologisch, ökonomisch, sozial**

Ist-Zustand

Gefahrene Kilometer nach Verkehrsmittel



- Starke Dominanz des motorisierten Individualverkehrs (MIV)
- ÖPNV hauptsächlich in den Metropolen / Großstädten

Modal Split



Zu Fuß



Fahrrad



MIV-Fahrer

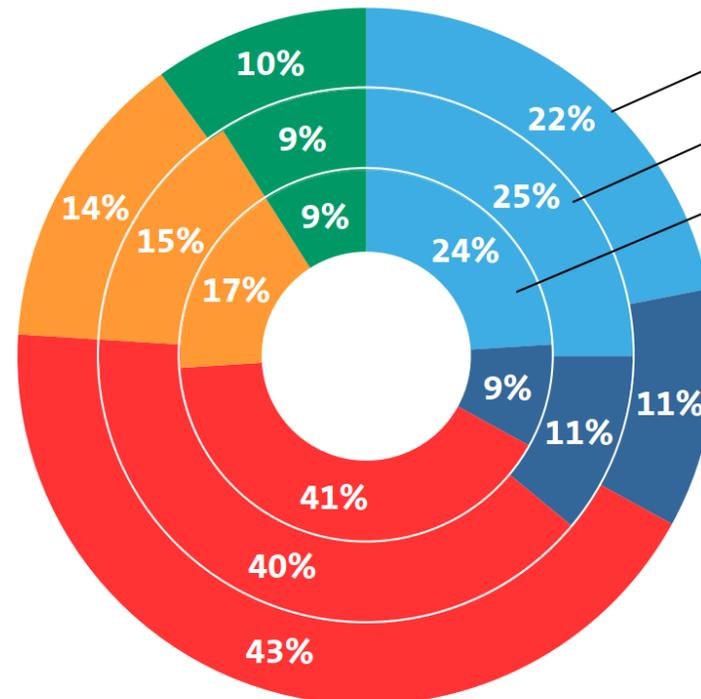


MIV-Mitfahrer

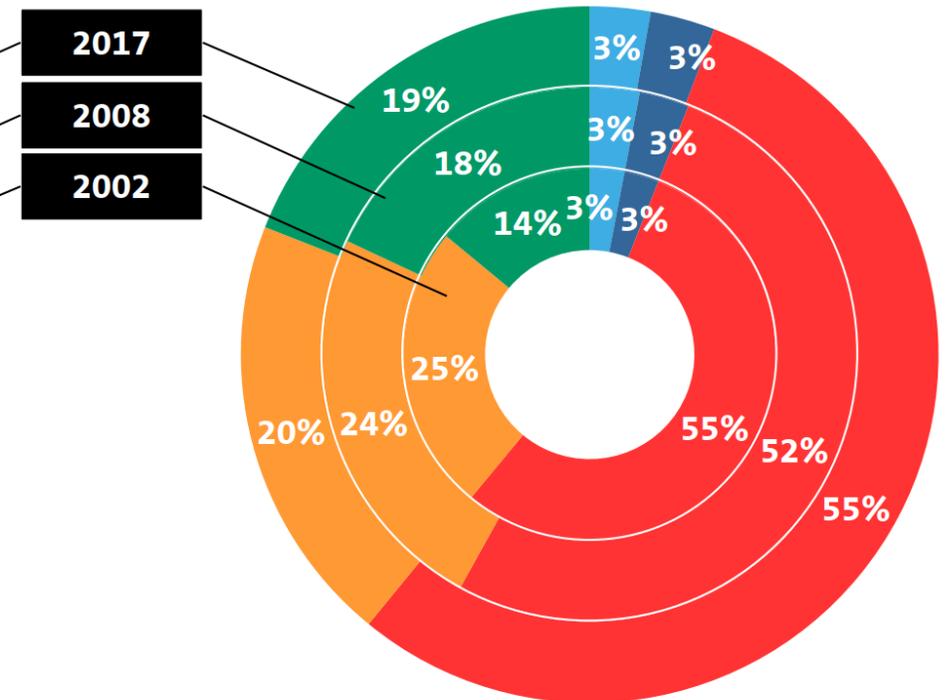


ÖV

Anteile Wege



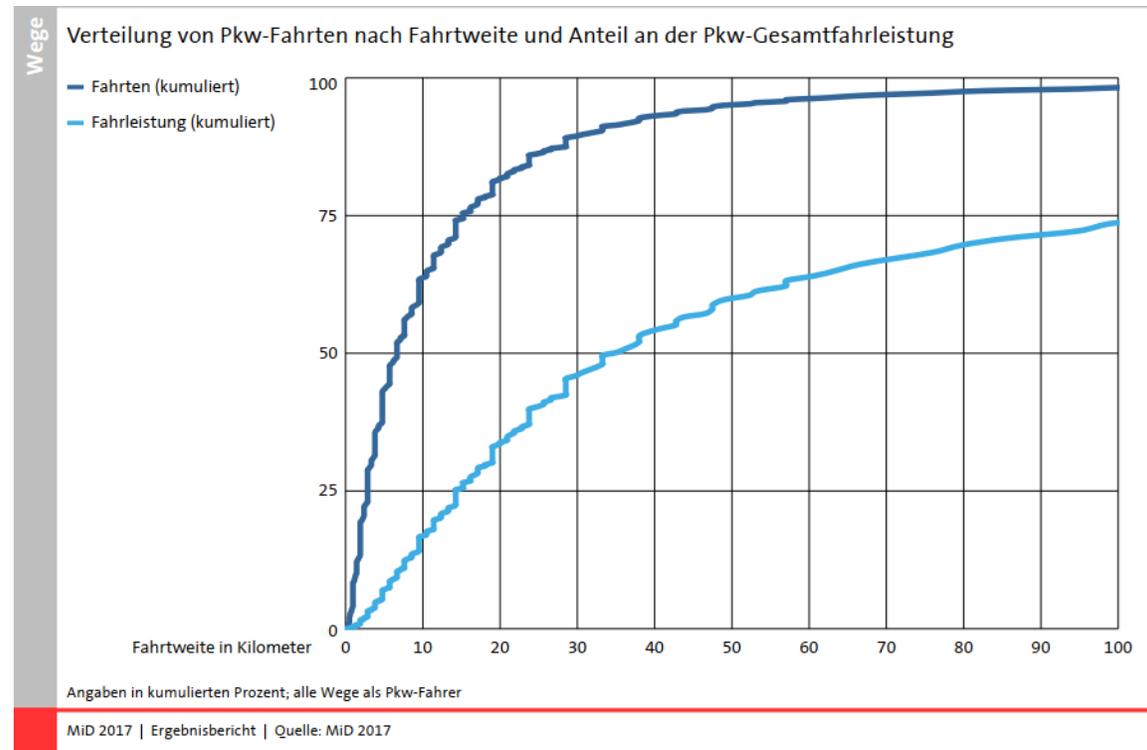
Anteile Personenkilometer



Ist-Zustand

Wegelängen PKW

- Selbst bei kurzen Wegen dominiert der motorisierte Individualverkehr (MIV)
 - 64 % der Fahrtweiten mit einem PKW sind kürzer als 10 km
 - 50 % der Fahrten sind kürzer als ~7 km



Verkehrsbedingte Umweltbelastungen

Übersicht

Emission von Gasen und Stoffen (Partikeln)

- 1) Klimaschutz – die Klimaerwärmung fördernde Gase
- 2) Luftreinhaltung – Krebs oder andere Krankheiten hervorrufende Gase und Partikel

Lärmemission

- 75 % von Befragten fühlen sich durch Straßenverkehrslärm zumindest etwas gestört oder belästigt (Umweltbewusstseinsstudie 2016)

Flächeninanspruchnahme

- Die meisten privaten Fahrzeuge stehen 23 h am Tag herum
- Gleichzeitig fehlt Platz für Fußgänger und Radfahrer
- „Flächengerechtigkeit“ wird gefordert



Verkehr und Stadtstrukturen

Verkümmerung von Innenstädten

- Das Wohnen im Umland oder auf dem Land wird reizvoller
 - E-health, e-governance, e-shopping machen Wege überflüssig, vieles kann von zu Hause aus erledigt werden
 - Verstärktes Home Office nach der Pandemie
 - Ähnliches gilt ebenfalls für Handel und Gewerbe
 - Geringere Preise auf dem Land und billigere Transportkosten steigern die Attraktivität von Flächen außerhalb der Stadt
- Es entfallen zwar Wege, sie werden aber länger und die Zersiedelung nimmt zu
- Gefahr: Verkümmerung der Innenstädte, da eine kritische Menge an Angebot und Kunden nicht erreicht wird



<https://www.infosperber.ch>



<https://www.bszone.de/sites/default/files/artikelbilder/1150/4-2-Leerstand--lor.jpg>

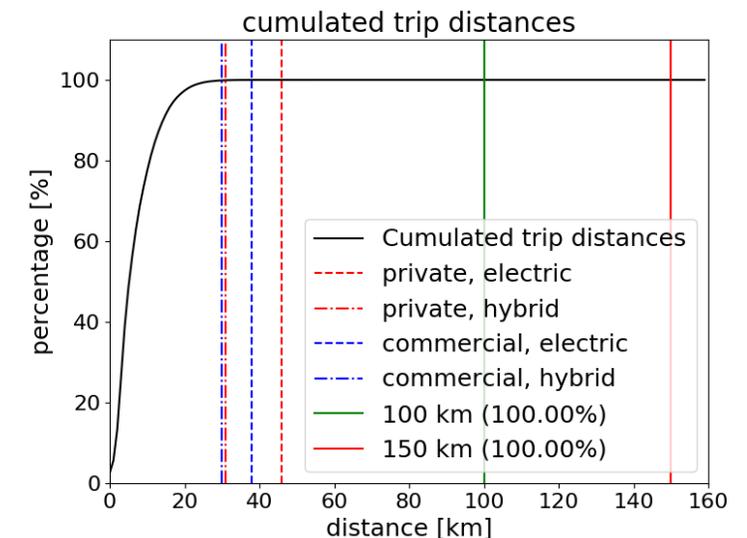
The background of the slide is a high-resolution photograph of a satellite in orbit above Earth. The satellite is a rectangular platform with two long, multi-panel solar arrays extending horizontally. The central body of the satellite is gold-colored and features various instruments and antennas. Below the satellite, the Earth's surface is visible, showing a mix of green landmasses and white clouds over a blue ocean. The curvature of the Earth is visible at the bottom of the frame.

LÖSUNGEN 1: ALTERNATIVE KRAFTSTOFFE UND FAHRZEUGTYPEN

Neue Antriebe und Kraftstoffe

Elektromobilität

- Elektrifizierung ist notwendig, siehe Klimaziele
- Elektromobilität entwickelt sich weiter
 - Neue Fahrzeugmodelle, inklusive Lieferfahrzeuge und Lkws
 - Bessere Batterien – größere Reichweiten
 - Zunehmend bessere Versorgung mit Ladeinfrastruktur
- Aktuelle Hindernisse
 - Zu teure, zu große Fahrzeuge
 - Unsicherheit
- Aktuelles Thema: bi-direktionales Laden
 - Individueller Stromhandel
 - Stabilisierung Stromnetz
- Und: wie würden die Straßen aussehen, wenn alle Fahrzeuge geladen werden müssten

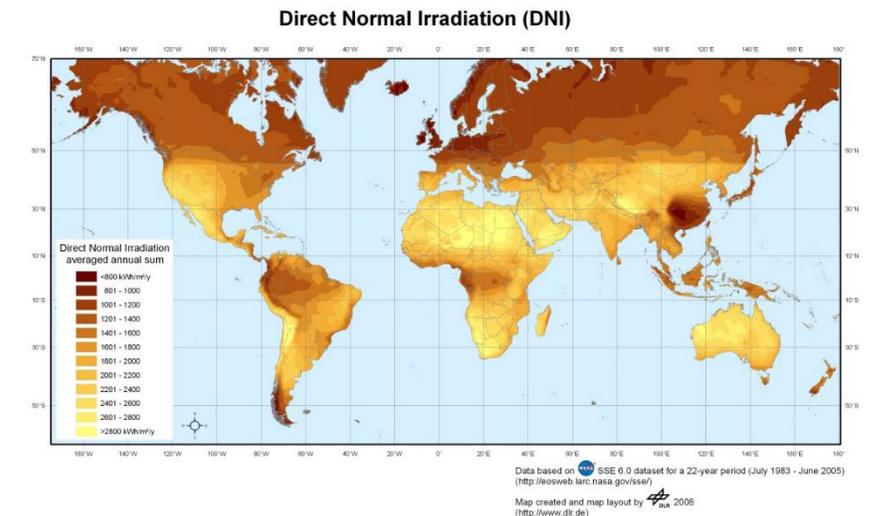
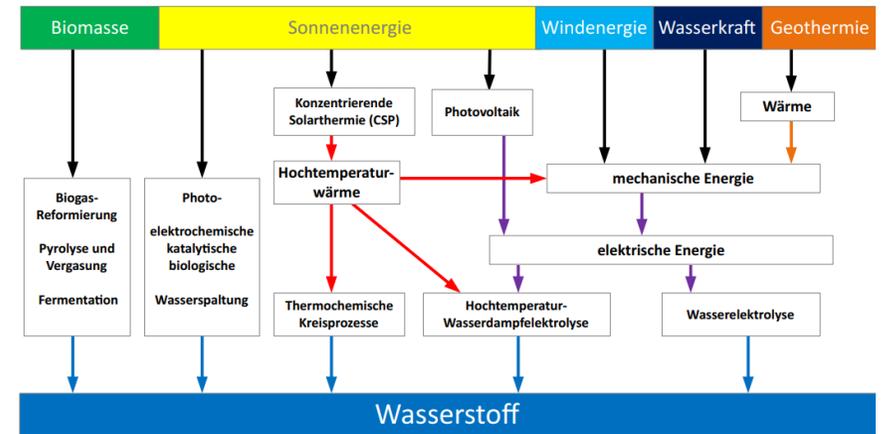


Neue Antriebe und Kraftstoffe

Wasserstoff

- Wasserstoff kann über verschiedene Prozesse gewonnen werden, z.B. aus Strom
- Aber
 - in Deutschland wird nicht ausreichend Strom hergestellt
 - Entweder muss Strom eingekauft werden oder Wasserstoff transportiert werden
 - Es ist unwahrscheinlich, dass genügend Wasserstoff vorhanden sein wird, um alle Verkehrsmittel anzutreiben
 - Neue Infrastruktur muss aufgebaut werden; schwierig flächendeckend
- Und: Wasserstoff ist ein Klimagas, Leckagen müssen vermieden werden

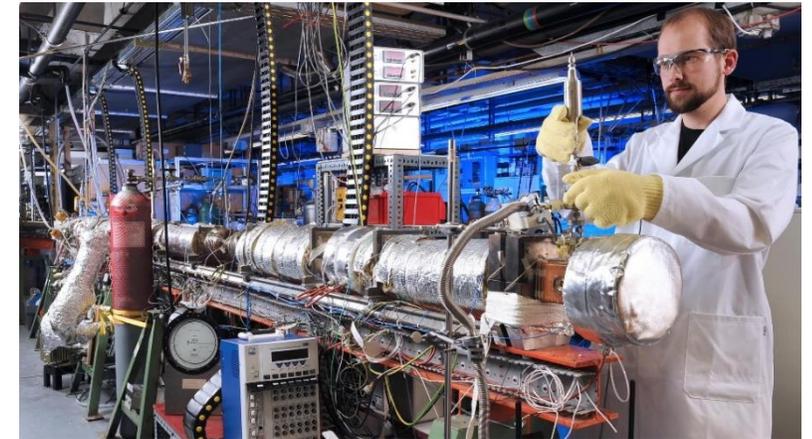
→ Eher für bestimmte Fahrzeuge und Strecken:
Züge, Busse und LKWs auf bestimmten Linien



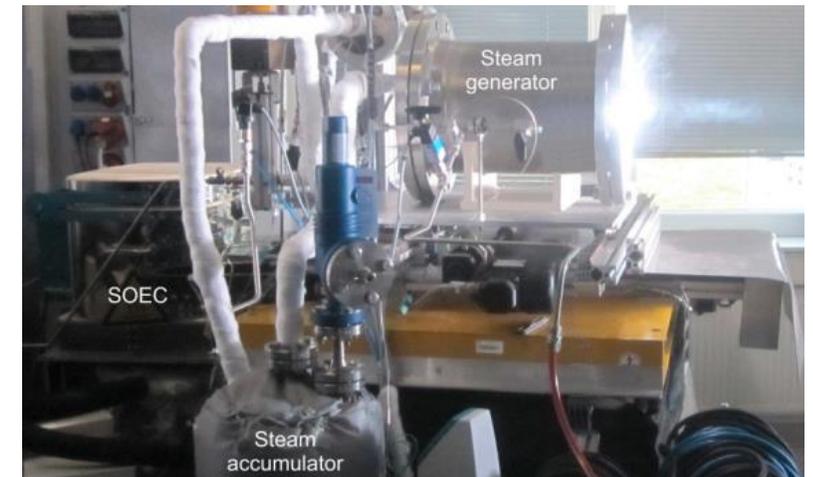
Neue Antriebe und Kraftstoffe

E-Fuels

- E-Fuels: Erzeugen von Kraftstoffen aus Kohlenstoff mittels chemischer Prozesse
 - Ersatz für fossile Kraftstoffe
 - Ermöglicht z. B. “emissionsfreies Fliegen”
- Herausforderungen
 - Nutzung nachwachsender Ressourcen würde Nahrungsmittelproduktion kannibalisieren (siehe Produktion von Ethanol für E10)
 - Energieaufwendig
 - Lokale Emissionen



DLR



DLR

Aktuelle Annahmen

- Wir werden alle genannten Kraftstoffe und Antriebe brauchen und nutzen – jedes hat Nischen in denen es sinnvoll eingesetzt werden kann
- Manche sagen, wir werden auch in der Zukunft fossile Kraftstoffe nutzen
- Aber um die Klimaschutzziele zu erreichen sollten ab 2030 keine Verbrenner, an 2037 keine Hybriden mehr verkauft werden*

Herausforderungen

- Abschätzen des jeweiligen Bedarfs und der Einsatzorte
- Aufbau der notwendigen Infrastruktur und Versorgungsketten



Alstom



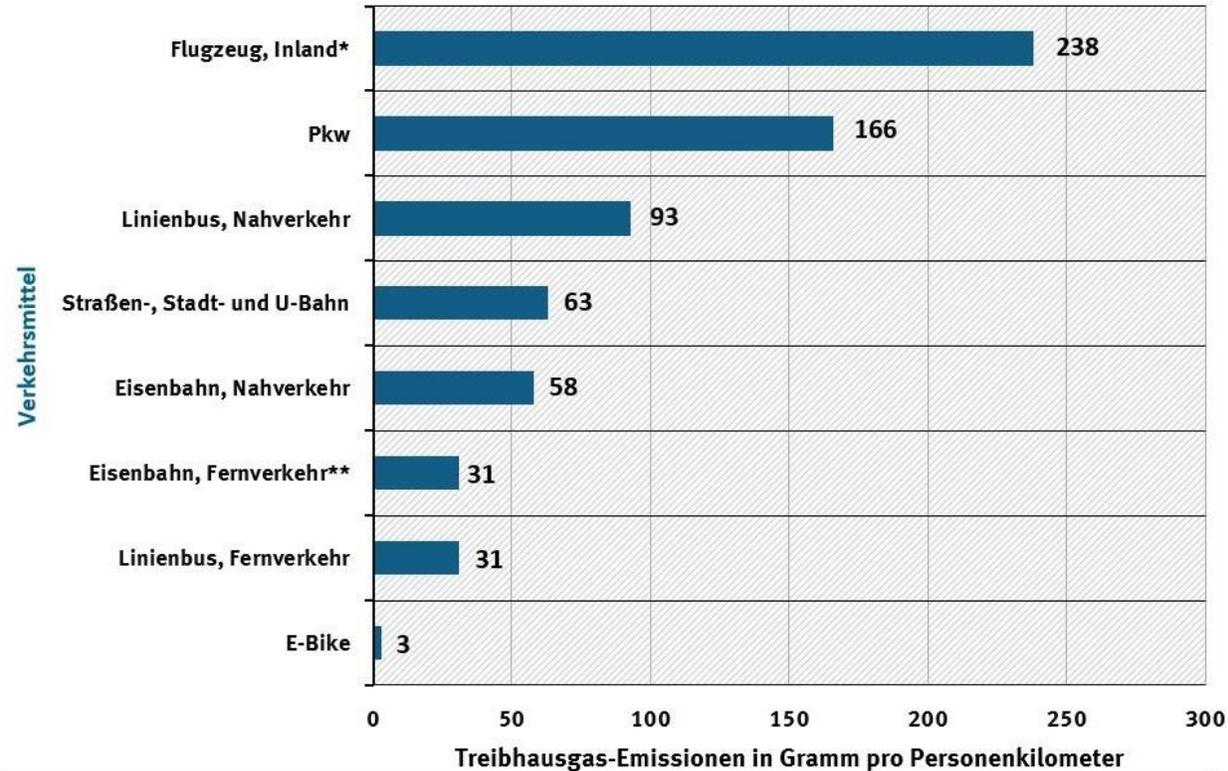
SCANIA

* Teske, Sven und Pregger, Thomas und Simon, Sonja und Naegler, Tobias und Pagenkopf, Johannes und Deniz, Özcan und van den Adel, Bent und Dooley, Kate und Meinshausen, Malte (2021) [It Is Still Possible to Achieve the Paris Climate Agreement: Regional, Sectoral, and Land-Use Pathways](#). Energies, 14 (8), page 2103. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). doi: [10.3390/en14082103](https://doi.org/10.3390/en14082103). ISSN 1996-1073.

Neue Fahrzeugkonzepte

Vergleich Verkehrsmittel

Vergleich der durchschnittlichen Treibhausgas-Emissionen einzelner Verkehrsmittel des Linien- und Individualverkehrs im Personenverkehr in Deutschland – Bezugsjahr 2022



g/Pkm = Gramm pro Personenkilometer; CO₂, CH₄ und N₂O angegeben in CO₂-Äquivalenten gemäß AR5 (5. Sachstandsbericht des IPCC), inkl. der Emissionen aus Bereitstellung und Umwandlung der Energieträger in Strom, Benzin, Diesel, Flüssig- und Erdgas sowie Kerosin

* inkl. Nicht-CO₂-Effekte

** Die in der Tabelle ausgewiesenen Emissionsfaktoren für die Bahn basieren auf Angaben zum durchschnittlichen Strom-Mix in Deutschland. Emissionsfaktoren, die auf unternehmens- oder sektorbezogenen Strombezügen basieren (siehe z. B. den „CO₂-Kompass“ der Deutschen Bahn AG), weichen daher von den in der Grafik dargestellten Werten ab.

Quelle: Umweltbundesamt, TREMOD 6.51

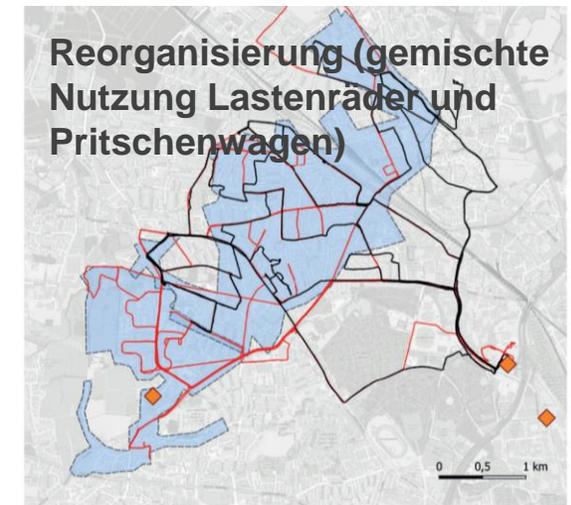
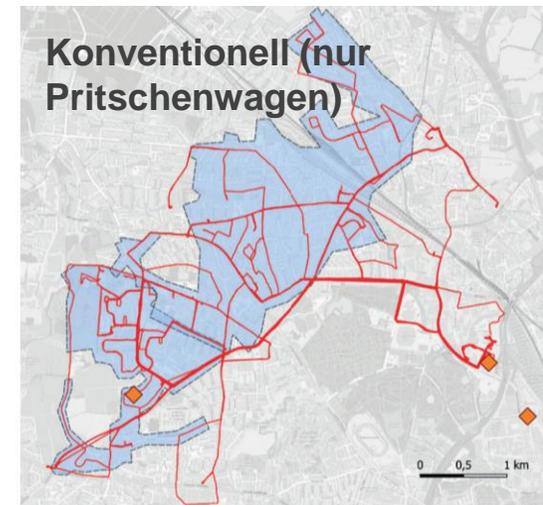
Neue Fahrzeugkonzepte

Cargo Bikes

- Cargo Bikes haben ein Revival
 - Bei privaten Personen und Wirtschaftsakteuren
- Haben bewiesen, neben Emissionen auch Kosten und Zeit zu sparen
- Zusätzlich verfügbar: elektrische Cargo Bikes
- Nische: Wasserstoffantriebe
- und es gibt diverse Typen und Konfigurationen...

Ergebnisse einer Begleitung der Einführung von Cargo Bikes bei der Hamburger Müllabfuhr

Gebietstyp	Änderungen Fahrzeugkosten	Änderungen CO ₂ -Emissionen
Hohe Dichte	-23%	-34%
Randgebiet	-1%	-60%



Beispielhaftes GPS-Tracking mit MovingLab in einem Randgebiet (rot: Pritschenwagen, schwarz: Cargo Bikes), Source: DLR

Neue Fahrzeugkonzepte

Cargo Bikes



Pizza delivery bike



Tricycle, front load



Heavy load tricycle



Long John bike



“Specialist” CB



Longtail bike

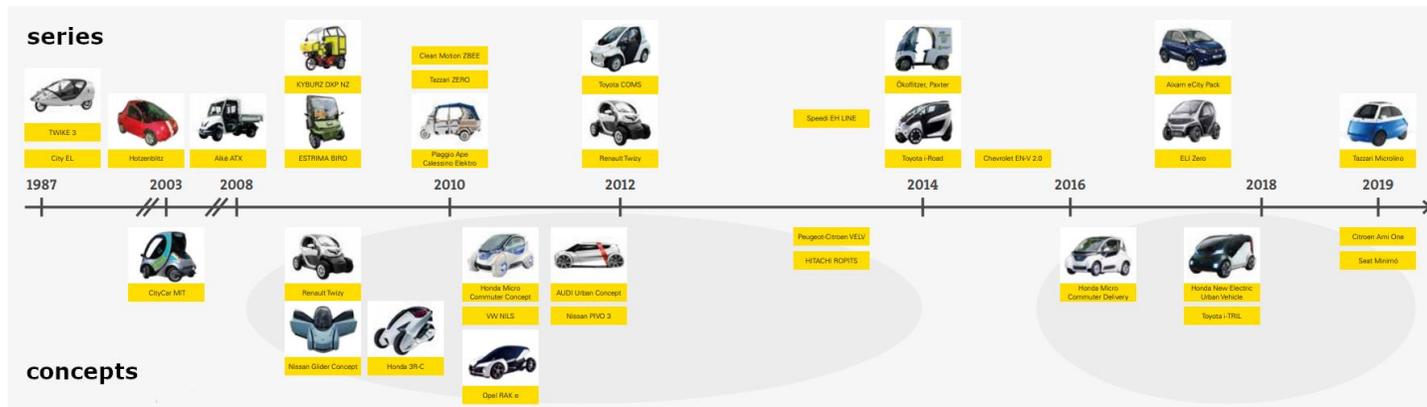
Neue Fahrzeugkonzepte

Light Electric Vehicles (LEV)

- Fahrzeuge werden immer noch emotional gekauft
 - Beim Kauf wird die eine Fahrt in den Urlaub mitbedacht
 - Größe und Stärke immer noch wichtig bei der Wahl
- Dabei liegt der Besetzungsgrad bei 1,3 Personen
- Light Electric Vehicles (LEVs) sind ein Konzept für urbane Fahrzeuge, das die echten Nutzungsmuster beachtet



Safe Light Regional Vehicle, DLR



https://www.dlr.de/fk/PortalData/40/Resources/LEV_e-mobil_BW_Leichtfahrzeug_Studie.pdf

<https://www.zukunft-mobilitaet.net/1239/zukunft-des-automobils/elektromobilitaet/follow-me-lieferverkehr-stadt-modular-designstudie/>



Neue Fahrzeugkonzepte

“on the road” modulare Fahrzeuge

- Ein autonomes Fahrgestell
- Verschiedene, vor Ort austauschbare Kapseln
- Vision: Nutzung des gleichen Fahrgestells für verschiedene Aufgaben über den Tag



MIT*:
Private
Individual capsule
taxi, fleet, ...



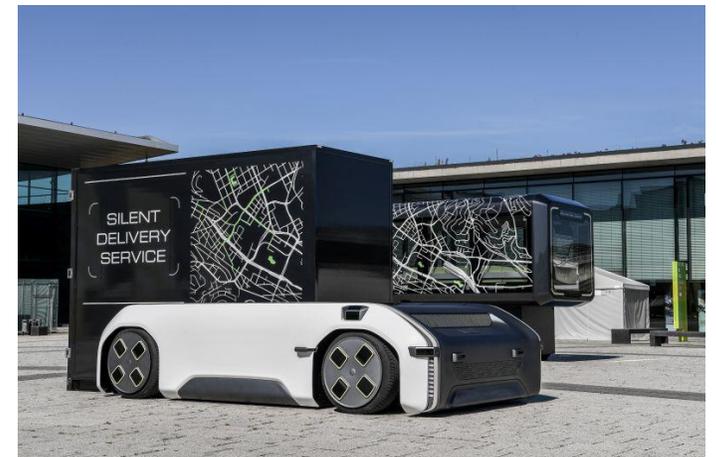
PT#:
Peplemover,
district bus,
taxi, ...



City-logistics:
CEP\$, last-mile,
retail, crafts, artisan,
general cargo, ...



[U-SHIFT | DLR Transport](#)



[U-SHIFT | DLR Transport](#)

The background of the slide is a high-resolution photograph of a satellite in orbit above Earth. The satellite is a rectangular platform with two long, thin solar panel arrays extending outwards. The Earth's surface below shows a mix of green landmasses and white clouds, with the blue of the atmosphere visible at the top of the frame.

LÖSUNGEN 2: DIGITALISIERUNG UND AUTOMATISIERUNG

Neue Mobilitätskonzepte dank Digitalisierung

Sharing-Angebote und Mobility on Demand

Sharing-Angebote (Car-/Bike-Sharing)

- Noch zu wenig genutzt, meistens nur in Großstädten verfügbar

Mikromobilität (E-Scooter)

- Idee: erste / letzte Meile zum ÖPNV einfacher / schneller zurücklegen
- Aber: Im Lebenszyklus nicht besser als ein Bus, keine eigenen Wege, induzierte Fahrten



<https://www.inside-digital.de/img/e-scooter-test-1200x900.jpg>

Neue Mobilitätskonzepte dank Digitalisierung

Bedarfsgerechte Angebote

- Linien- und taktgebundener ist oft nicht ausgelastet
- Bedarfsgerechte Angebote kombinieren die Eigenschaften von Taxis und konventionellem ÖPNV
- Fahrten können online gebucht werden, das Fahrzeug kommt zum vereinbarten Ort und bringt die Person an den gewünschten Zielort
- Reisewünsche einzelner Personen werden zu einer Fahrt kombiniert
- Informationstechnische Herausforderungen
 - Bündelung von Fahrten und (ggf. adaptive) Routenberechnung
 - Vorhersage der Reisezeiten



Neue Mobilitätskonzepte dank Digitalisierung

Demand-responsive Transport

- Studien zeigen, dass bedarfsgerechte Verkehre
 - Den Kraftstoffverbrauch um bis zu 50 % senken können
 - Die Nutzung des ÖPNV um bis zu 7 % erhöhen
 - Aber es werden (wie immer) nicht nur MIV-Fahrten, sondern auch die Anteile des Zufußgehens und des Radfahrens reduziert
- Mittlerweile verfügbar, allerdings nur in Städten und nur in bestimmten Städten
- Und es gibt Vorbehalte hinsichtlich der Nutzung
 - Unsicherheit aufgrund der variierenden Reisezeiten
 - Notwendigkeit, Fahrten online zu buchen – meistens ist eine zusätzliche Telefonhotline notwendig



<https://www.autozeitung.de/>



DLR

Neue Mobilitätskonzepte dank Digitalisierung

Autonome Fahrzeuge

- Autonome Fahrzeugen gelten als die nächste Disruption im Verkehr
- Versprechen:
 - neue Möglichkeiten, die Zeit in den Fahrzeugen zu nutzen
 - individuelle Mobilität für alle – auch für Personen, die sonst keinen PKW fahren könnten
- Verschiedene Nutzungsmuster
 - Private Fahrzeuge
 - Geteilt genutzte Fahrzeuge (wie bei bedarfsgerechten Verkehren)
 - Nutzung durch einzelne nacheinander
 - Autonome Massentransportmittel (U- und S-Bahnen, Busse, Züge)
 - Lieferfahrzeuge/-roboter verschiedener Größe
 - Autonome Drohnen und Lufttaxis
 - Autonome Schiffe



DLR



DLR

Neue Mobilitätskonzepte dank Digitalisierung

Autonome Fahrzeuge

- Noch in der Entwicklung
 - Viele Fragen der Nutzung sind ungeklärt
 - Wer kann in einem PKW überhaupt arbeiten? Handwerker?
 - Was ist mit Personen, denen bei einer Fahrt schlecht wird?
 - Wer wird sich ein solches Fahrzeug leisten können?
 - Wenn das Hinausfahren aus dem Stadtkern billiger als Parkgebühren sind, warum sollte das Fahrzeug nicht allein an den Stadtrand zum Parken fahren? Oder umherfahren bis es wieder gebraucht wird?
 - Erhöhung des Verkehrsaufkommens durch Leerfahrten und zusätzliche Nutzung (z. B. durch mehrere Familienmitglieder nacheinander)
 - ... sowie die bereits breit diskutierten ethischen Fragestellungen
- Regulierung notwendig (Bepreisung Leerfahrten, Förderung ÖPNV)



DLR



The background of the slide is a high-resolution photograph of a satellite in orbit above Earth. The satellite is a rectangular platform with two long, thin solar panel arrays extending horizontally from its central body. The panels are covered in a grid of small solar cells. The satellite's main body is gold-colored and features various instruments, antennas, and a large cylindrical component. Below the satellite, the Earth's surface is visible, showing a mix of green landmasses and white clouds over a blue ocean. The curvature of the Earth is clearly visible on the right side of the image.

LÖSUNGEN 3: VERHALTENSÄNDERUNG

Förderung von Verhaltensänderungen

Livable Cities

Drei Säulen der Nachhaltigkeit

- Effizienz (zumeist aufgeessen durch Leistungssteigerung, zusätzliche Fahrten und längere Wege)
- Konsistenz (E-Mobilität, z. B. – noch nicht flächendeckend)
- Suffizienz (?)

Verhaltensänderungen

- Wir sollten unser Verhalten ändern
- Was hilft uns dabei oder animiert uns hierzu?



Förderung von Verhaltensänderungen

Integrierte Angebotsbereitstellung – PKW-arme Quartiere

PKW-arme Quartiere

- Reduktion des Stellplatzschlüssels
- Stattdessen: Bereitstellung geteilt nutzbarer Verkehrsmittel (Lastenrad, Pedelecs, etc.)
- Gute Verbindung zum lokalen ÖPNV nötig
- Frühzeitige Planung und Aufbau der Infrastrukturen nötig

Mobilitätsstationen

- Bereitstellung eines breiten Angebotes an Mobilitätsoptionen an einer Haltestelle des Massen-ÖPNV
- Ev. weitere Dienste vororten: Packstation, Co-Working-Places, Einkaufsmöglichkeiten, etc.
- Zweck: durch einfacheren Zugang / Abgang die Nutzung des ÖV stärken



<https://muenchner-forum.de/>



© Sophia von Berg 2014

<https://www.bdu.de/fachthemenportal/markttrends/mobilitaet-der-zukunft-gestalten/>

Förderung von Verhaltensänderungen

Umwidmung von Verkehrsflächen

- Ziel: lebenswerte Städte schaffen, Flächengerechtigkeit erreichen
 - Ein bekanntes Beispiel: „Superblocks“ in Barcelona
 - Umwidmung zu Fußgängerzonen: mehr Kundschaft?
 - Umwidmungsprozesse sind üblicherweise langwierig; die Pandemie hat ein Tor für die schnelle Umsetzung geöffnet, siehe z.B. Pop-Up-Radspuren in Berlin
- Bürgerbeteiligung bei der Ausgestaltung ist wichtig!

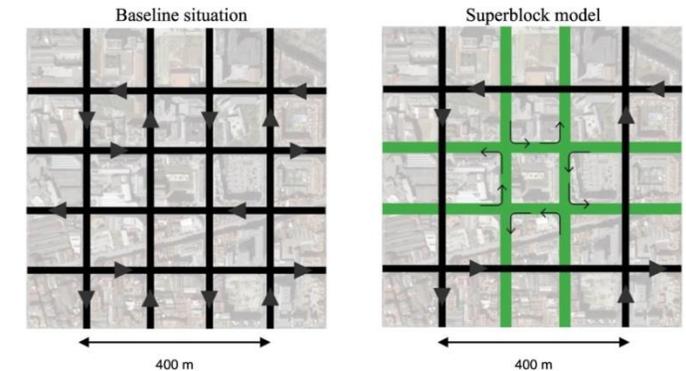


Fig. 2. Road hierarchy and traffic circulation aimed at with the Superblock model.



Förderung von Verhaltensänderungen

Umwidmung von Verkehrsflächen

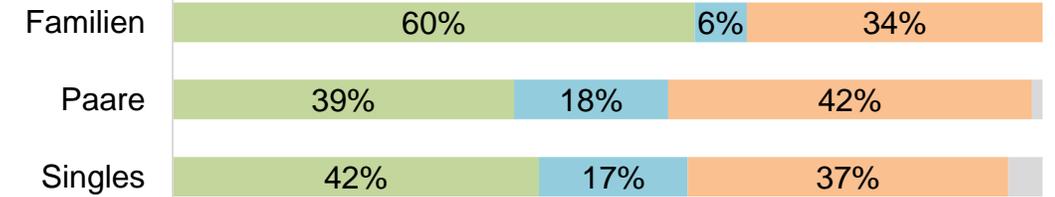


Quelle: Googlemaps

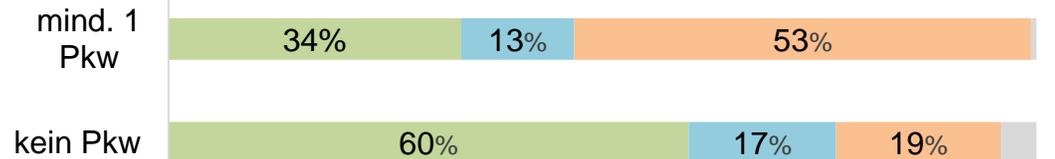


Quelle: Nähring (DLR)

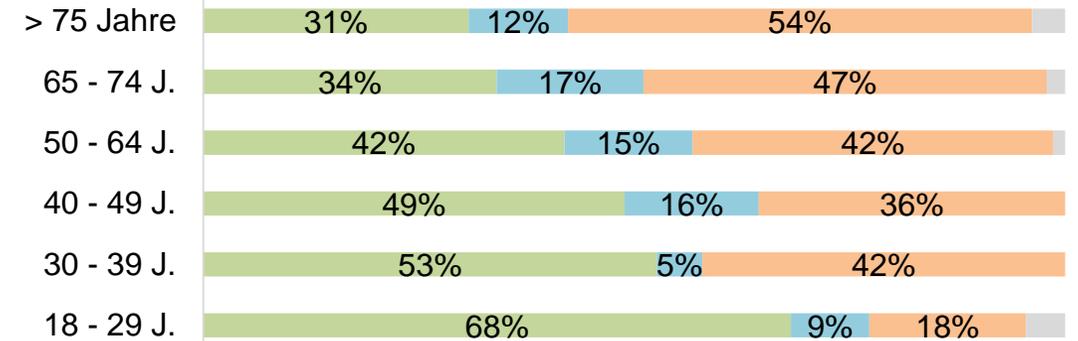
Einstellung nach Haushaltstyp



Einstellung nach Pkw im Haushalt



Einstellung nach Altersgruppen



■ positiv ■ neutral ■ negativ ■ weiß nicht

DLR (k.D.)

Förderung von Verhaltensänderungen

Die 15-Minuten-Stadt

Ebenfalls prominent: die 15-Minuten-Stadt

- Paris ist hierbei Vorreiter
- Ziel: alle Aktivitätenorte des täglichen Lebens sind zu Fuß, ggf. mit dem Rad, in 15 Minuten erreichbar
- Problem: Aktivitätenorte werden nach marktwirtschaftlichen Kriterien errichtet, in manchen Gebieten lohnt sich der Aufbau von Infrastruktur nicht
- Daher der Ansatz, zumindest Wege für aktive Modi zu öffnen und attraktiv zu gestalten



Förderung von Verhaltensänderungen

Die lebenswerte Stadt

Vision: die lebenswerte Stadt

- Wege werden zu Fuß / mit dem Rad zurückgelegt
 - Sicherer
 - Gesünder
 - Soziales Umfeld / sozialer Zusammenhalt

Ausgestaltung des bebauten Raums

- Menschen laufen weiter, wenn der Raum spannend und lebendig ist, Wege werden kürzer empfunden
- was ist schön?
 - Grün
 - wenige Autos / Lärm / Abgase / Stress
 - Interessantes Stadtbild



Förderung von Verhaltensänderungen

Mobilität in der lebenswerten Stadt

- Tägliche Erledigungen:
 - zu Fuß, ältere mit autonomen, natürlich elektrisch betriebenen Bussen (langsam aber verlässlich verfügbar)
 - geteilter Straßenraum
 - Arbeit? Zu Hause, in Co-Working Spaces oder mit geteilten, ggf. durch den Arbeitgeber organisierten Angeboten oder über Sharing-Angebote zu erreichen
- Wochenendeinkauf
 - mit dem Lastenrad
 - Lieferungen
- Fernreisen: Zug
- Freizeit??
- Wenn individuell motorisiert dann mit LEVs

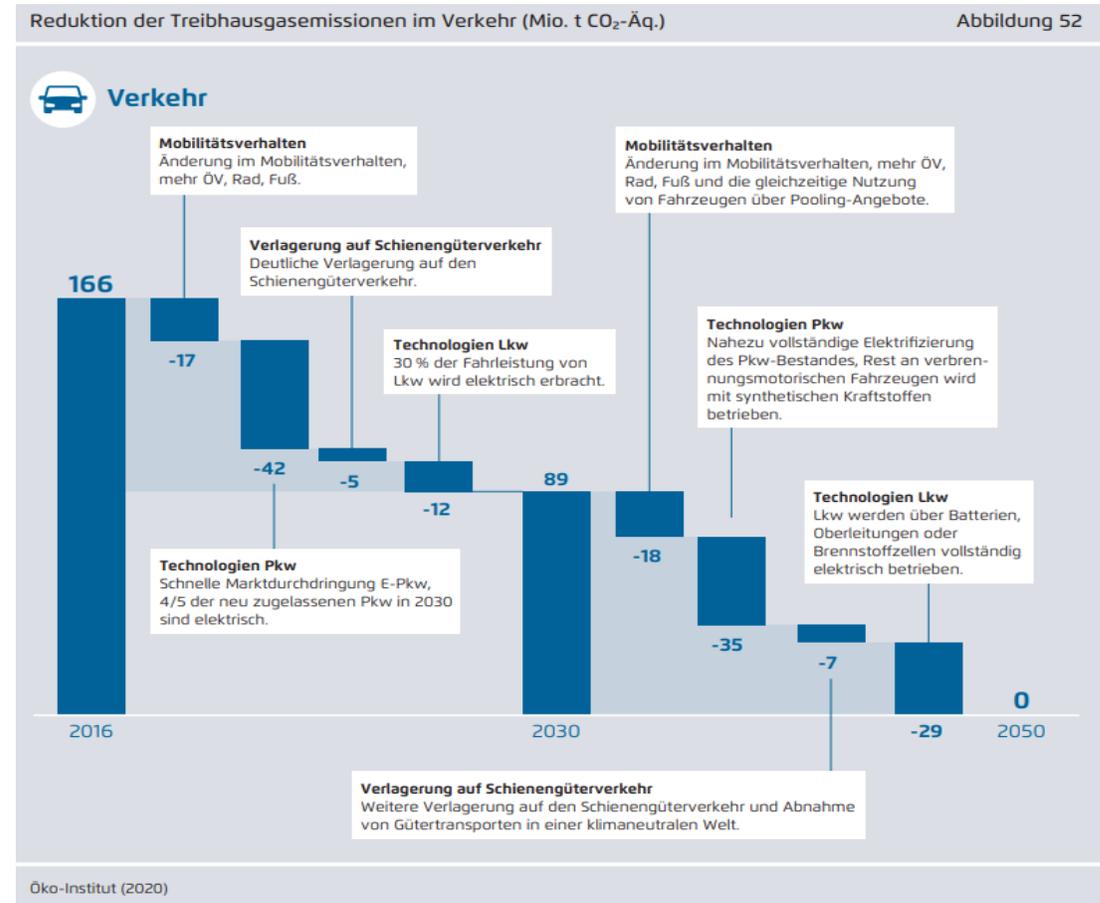


The background of the slide is a high-resolution photograph of a satellite in orbit. The satellite is a rectangular platform with two long, parallel solar panel arrays extending outwards. The panels are covered in a grid of small, square solar cells. The satellite's main body is gold-colored and features various instruments and antennas. Below the satellite, the Earth's surface is visible, showing a mix of green landmasses and blue oceans, partially obscured by white clouds. The curvature of the Earth and the thin blue atmosphere are also visible at the bottom of the frame.

ZUSAMMENFASSUNG

Zusammenfassung

- Verkehr muss sich (schnell) an die Vorgaben des Klimaschutzes anpassen
- Stärkung des Umweltverbundes ist notwendig, insb. aktiver Modi
- Wegelängen sind zu reduzieren
- Alternative Antriebe – in einem sinnvollen Mix – sind zu fördern, insb. schnell die Elektromobilität
- Die Bevölkerung kann nur mit einem Mix an pull/push-Maßnahmen mitgenommen werden
- Partizipation ist für die Akzeptanz wichtig
- Eine neue Form des urbanen Lebens, ohne Belastungen durch Verkehr, ist möglich



Vielen Dank!

Gibt es Fragen?

Impressum



Thema: **Wege zur Verkehrswende in urbanen Räumen**

Datum: 12.11.2024

Autor: Daniel Krajzewicz

Institut: Institut für Verkehrsforschung

Bildcredits: DLR, ansonsten wie ausgeschildert