

MIKROMOBILITÄT

Wie muss sich urbaner Verkehr in der Zukunft ändern? Mikromobilität als Antwort auf aktuelle Herausforderungen des urbanen Verkehrs

Vanessa Linda Claus
M. Sc. Automotive Systems
31.03.2023



Mikromobilität Doch warum?

Warum Mikromobilität?

- [2] • Wie viele Menschen auf der Welt leben in Städten (in %)?
 - [3] • Antwort: 55%
 - [4] • 2050 werden es 68% sein
 - [5] • in DE bis 2030 von 77,5% (heute) auf 84,3%
 - [6]

- Schadstoffausstoß im Verkehr zwischen 1990 und 2016?
 - A) -30% B) -7% C) +12% D) +28%
 - Schadstoffe in Industrie, Energieerzeugung und Haushalte jeweils um 32 %, 16% und 14% gesunken
 - Schadstoffe in Verkehr um 28% gestiegen
 - Treibhausgasemissionen: 63% Pkw vs 36% Lkw

Warum Mikromobilität?

- [7] • Bei allen Autofahrten...
- [8] • Wie viele Personen sitzen im Durchschnitt in einem Fahrzeug (DE)?
- [9] • 1,2 – 1,3 Personen
- [10] • 1,057 im Berufsverkehr
- [11]
- [12]

- Was ist die Durchschnittsgeschwindigkeit (in USA, EU & China)?
 - $15 \frac{km}{h} - 30 \frac{km}{h}$

- Wie lang sind durchschnittlich 60% aller Fahrten landesweit (in USA, EU & China)?
 - unter $8km$

Warum Mikromobilität?

- [7] • Wie lange sind Autos durchschnittlich am Tag in Betrieb?
[11] oder anders: Wie lange stehen Autos am Tag nur rum?
[12] • über 90% nicht in Betrieb
[13] • nur für $20^{min}/Tag$ wird Auto gefahren, $1/5$ dieser Zeit zur Parkplatzsuche
[14]
[15]
[16]

- Insgesamt heißt das:

Herkömmliche Automobile sind für den Stadtverkehr nicht ideal!

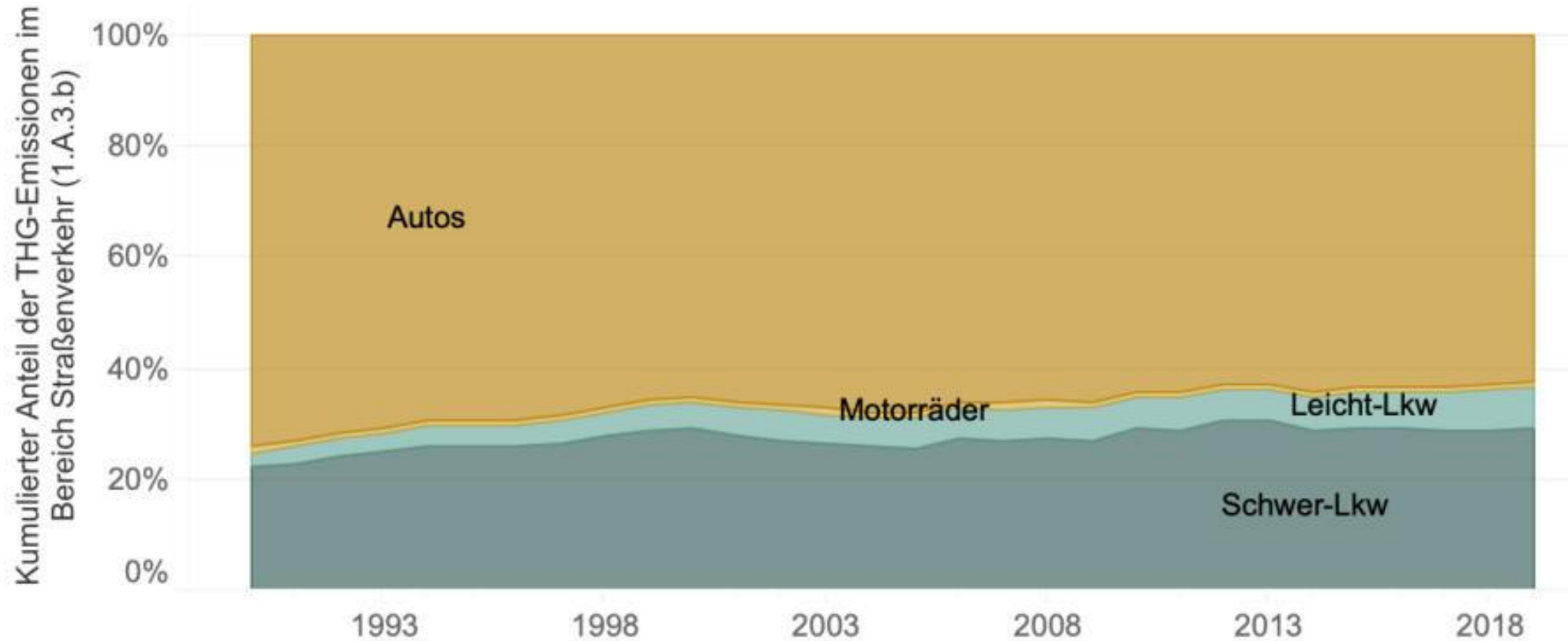
- zu hohe Beladungskapazität
- zu hohe Geschwindigkeit
- zu hohe Leistung
- zu hohe Reichweite
- geringe Benutzungsdauer

Bleiben im alltäglichen Gebrauch ungenutzt!

Müssen nicht ausgeschöpft werden,
um Mobilitätsbedarf zu decken!

Warum Mikromobilität? Klimawandel

[5]



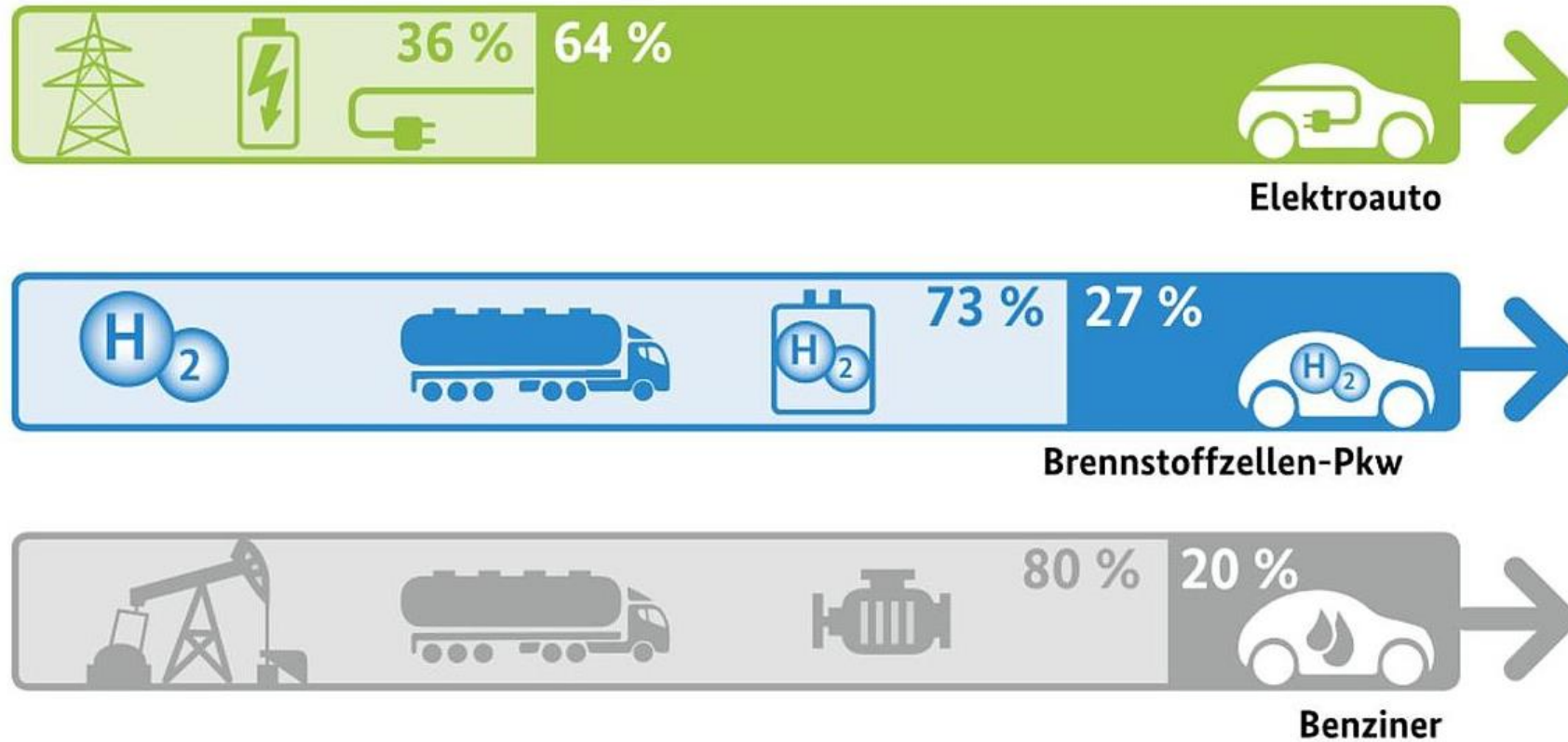
Warum Mikromobilität? Klimawandel

- [23] • Herstellung Benzin/Diesel 7t CO₂
- [24] • Herstellung E-Auto 7t CO₂ +5t CO₂ Batterie
- vorausgesetzt grüner Strom: 0g CO₂/km ,
bei Netzstrom noch 50g – 100g CO₂/km
- Verbrenner 80g – 240g CO₂/km
- nach 2-5 Jahren Mehremissionen rausgefahren
 - Batteriegarantie ~8 Jahre oder 160000km - 1000000km
 - „End of Life“ = SOC 80%

(State Of Charge)

Warum Mikromobilität? Klimawandel

[25]

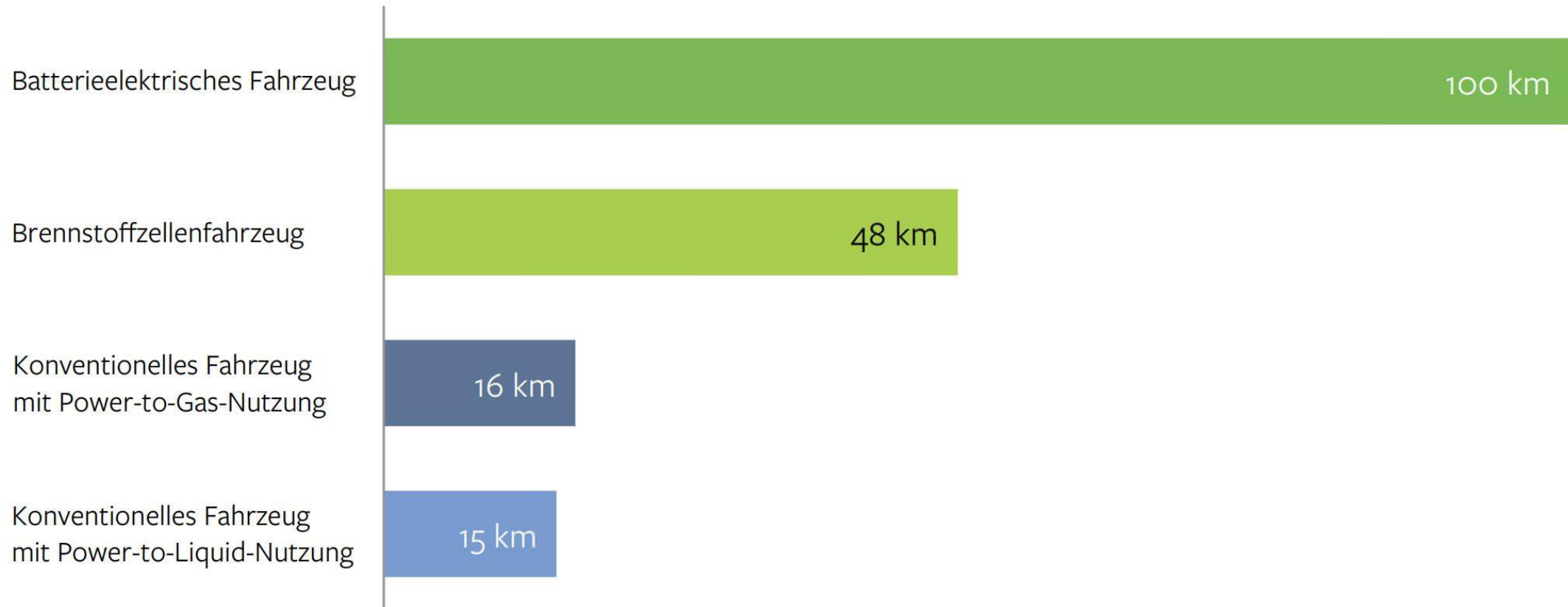


Zahlen von Agora Verkehrswende und Öko-Institut, 2017

Annahme: Energie aus erneuerbaren Quellen, Öl aus Bohrloch

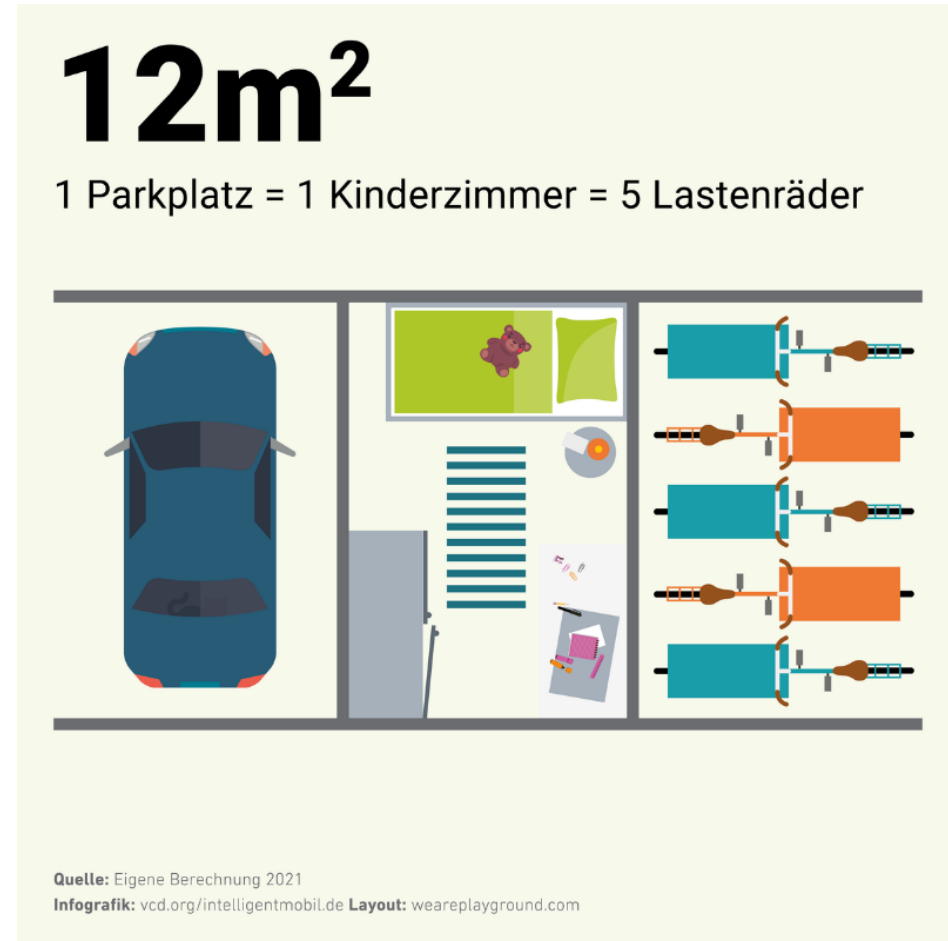
Warum Mikromobilität? Klimawandel

[27] Reichweite von Pkw mit unterschiedlichen Technologien (bei 15 kWh Primärenergieeinsatz)



Warum Mikromobilität? Raumverteilung

[7]
[13]
[23]
[28]
[29]



Warum Mikromobilität? Fahrzeuggröße

- [37] • seit 60er Jahren sind Autos
- [38] • 30cm breiter
- [39] • 60cm länger
- [40] • 20cm höher
- [41]
- [96] • zwischen 2000 und 2023
 - 10cm breiter
 - 20cm länger
 - 7cm höher
 - +20% Fahrzeugmasse
 - durch SUV's



DS Infografiek

Warum Mikromobilität?

- Unfallrisiko
 - Michigan: 2009-2020 59% mehr Unfalltote
- Luftverschmutzung
 - nur $\frac{1}{4}$ Messstationen ohne Überschreitung (nach WHO)
- Straßenlärm
 - bis $30 \frac{km}{h}$ Verbrenner dominant, ab $50 \frac{km}{h}$ Reifengeräusch
- Infrastrukturkosten
- Problem der „Männlichen“ Mobilität
 - Autogerechte Stadt ausgelegt auf männliche Pendler

Mikromobilität!

[1]

Ein Ziel der Mikromobilität ist die Bereitstellung bedarfsoptimierter, bedarfsgerechter und ressourceneffizienter Fahrplattformen.

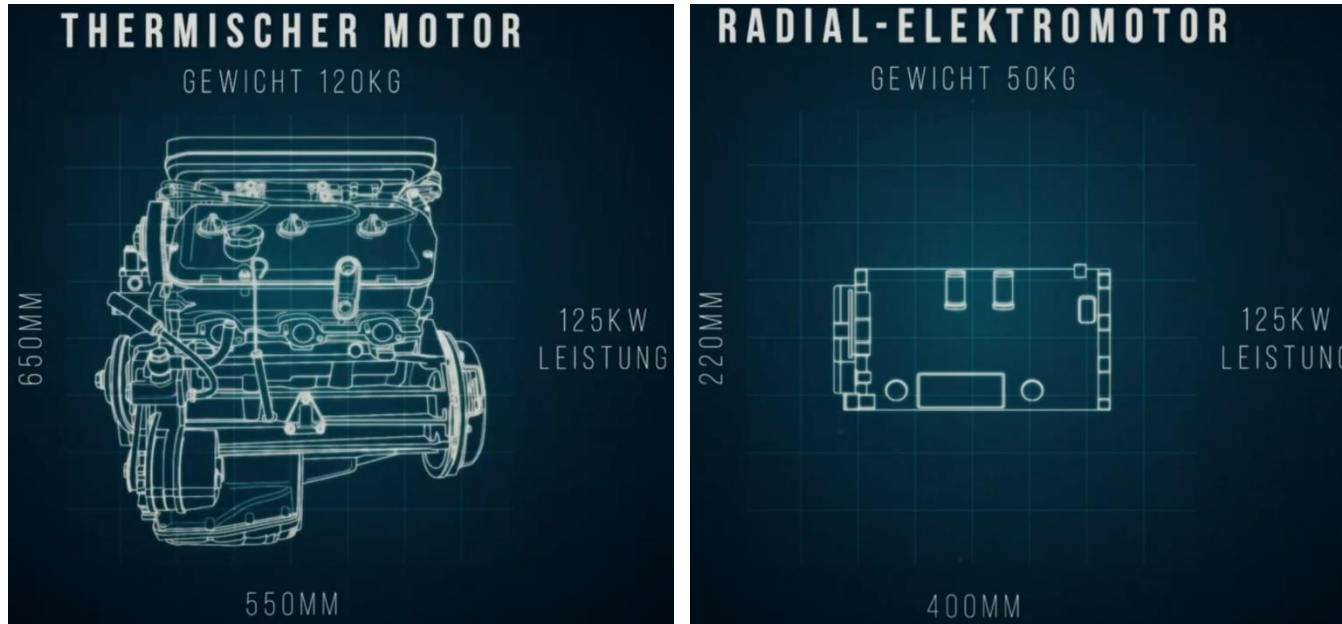


Mikromobilität

E-Motoren

Mikromobilität E-Motoren

[74]



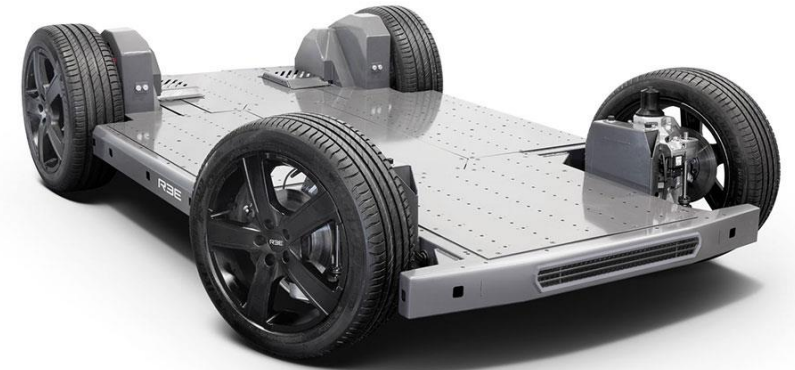
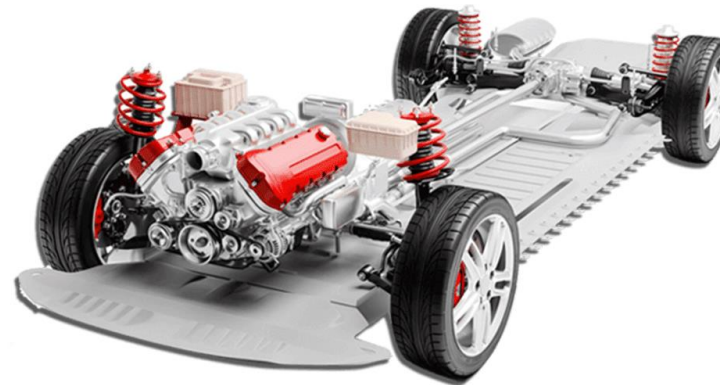
Leistung	125kW	125kW
Volumen	650mm x 550mm	220mm x 400mm
Gewicht	120kg	50kg

Mikromobilität

E-Motoren als Radnabenantriebe

[77] • **Bestandteile eines Antriebsstranges:**

- Motor
- Reibkupplung
- Schaltgetriebe
- Übertragungswelle
- Differential
- Übertragungswelle
- Rad



© REE Automotive Ltd. <https://ree.auto/>

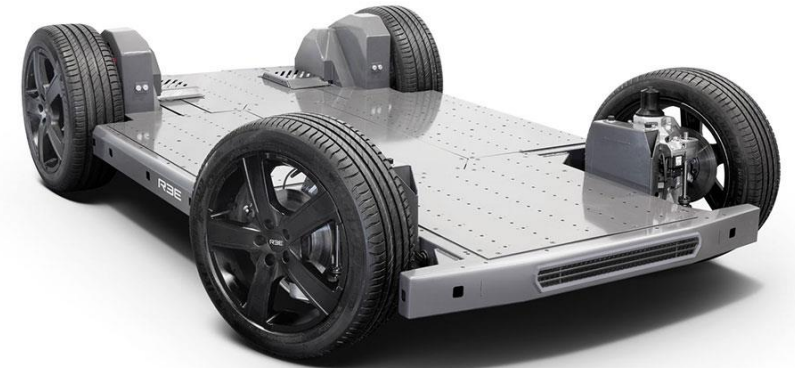
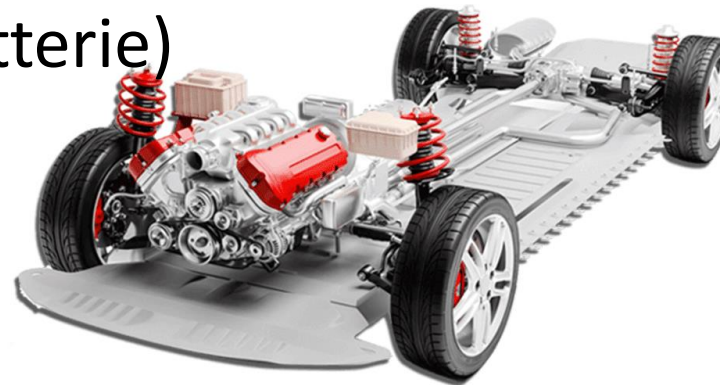
Mikromobilität

E-Motoren als Radnabenantriebe

[77] • **Bestandteile eines Antriebsstranges:**

- Motor
- ~~Reibkupplung~~
- ~~Schaltgetriebe~~
- ~~Übertragungswelle~~
- ~~Differential~~
- ~~Übertragungswelle~~
- Rad
- (+feste Getriebestufe)

(Batterie)



© REE Automotive Ltd. <https://ree.auto/>

Mikromobilität

Leichtfahrzeuge

Beispiele für Mikromobilität Leichtfahrzeuge

[1]
[84]



©TRIGGO S.A. <https://www.triggo.city/>

© cityTransformer <https://www.citytransformer.com/>

Beispiele für Mikromobilität Leichtfahrzeuge

[85] • Kei-Cars

[86]

- älteste Form der modernen Mikromobilität
- gesonderte Fahrzeugklasse in Japan seit WWII
- zunächst wegen niedriger Einkommen, später wegen Platz in Städten starke gesellschaftliche Akzeptanz

• Smart

- zwar mit Verbrenner, erfüllt im Grund aber Bedingungen der Mikromobilität
- auf dem Markt seit 1998
- Erfinder des Konzepts sah bereits Radnabenantriebe vor, aber Daimler-Benz war dagegen



Mikromobilität Leichtfahrzeuge

[87] • Renault Twizy

[88]

- Frankreich
- $80 \frac{km}{h}$ / 90 – 100km / 487kg
- ca. 11.500€

- Niederlande

- $45 \frac{km}{h}$ / 100km / 330kg
- ca. 15.000€



©Carver Europe B.V. <https://carver.earth/en/>

Mikromobilität

Leichtfahrzeuge - Newcomer

- [90] • Microlino
- [91]
 - Schweiz
 - $90 \frac{km}{h}$ / 230km / 496kg
 - ca. 15.000€
 - geistige Nachfolger der Isetta

- Citroën Ami / Opel Rocks-e
 - Frankreich
 - $45 \frac{km}{h}$ / 75km / 485kg
 - ca. 8.000€
 - komplett symmetrischer Aufbau



Mikromobilität

Leichtfahrzeuge - Newcomer

[92] • XEV Yoyo

[93]

- China
- $75 \frac{km}{h}$ / 150km / 400kg
- ca. 13.000€



• NimbusEV

- USA
- 80 – 120 $\frac{km}{h}$ / 150 – 206km / 330kg
- ca. \$10.000



©Nimbus Inc <https://nimbusev.com/>

Mikromobilität

Leichtfahrzeuge - Newcomer

[94] • Arcimoto

[95]

- USA
- $120 \frac{km}{h}$ / 165km / 590kg
- ab. \$17.900
- viele Abwandlungen



©Arcimoto <https://www.arcimoto.com/fuv>

• Eli-Zero

- USA
- $40 \frac{km}{h}$ / 112km / 330kg
- Reservierung möglich



©Eli Electric Vehicles <https://www.eli.world/eli-zero>

Mikromobilität

Leichtfahrzeuge - Newcomer

- [1] • Triggo
 - [84] • Polen
 - $90 \frac{km}{h}$ / 140km
 - Kaufpreis?
 - Wechselakku
 - „filters through traffic jams“
-
- Citytransformer
 - Israel
 - $90 \frac{km}{h}$ / 120 – 180km
 - Kaufpreis?
 - [Link](#)



©TRIGGO S.A. <https://www.triggo.city/>



© Citytransformer Ltd. <https://www.citytransformer.com/>

Mikromobilität

Kleinstfahrzeuge

Mikromobilität Kleinstfahrzeuge



Mikromobilität Kleinstfahrzeuge

[78]



Mikromobilität

Logistik - Kleinstfahrzeuge

[79] • Lastenräder
[80]

- Paketräder (elektrisch)
- Electric Bike Trailer
 - elektrisch unterstützt
 - reagiert auf Geschwindigkeit
- Autonome Logistikfahrzeuge



<https://www.electrive.net/2017/03/02/dhl-testet-lasten-pedelecs-cubicycles-in-frankfurt/>



© NÜWIEL GmbH <https://nuwiel.com/>



Mikromobilität

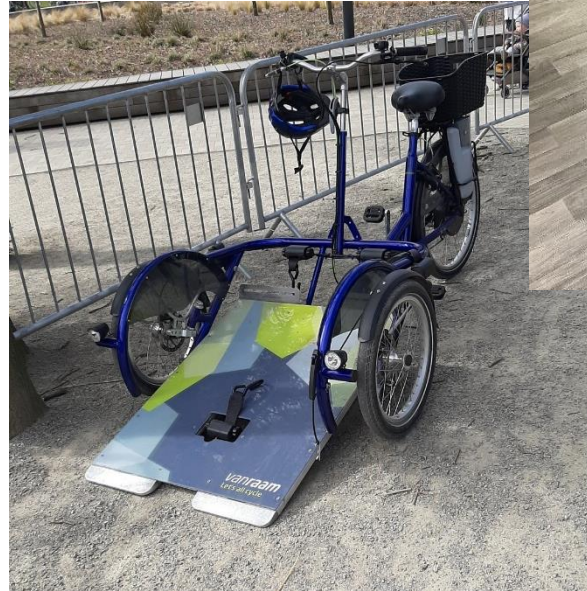
Bedarfsgerechte Kleinstfahrzeuge

[81] • Elektronischer Blindenhund

[82]

• Rollstuhlfahrrad

• „Alinker“

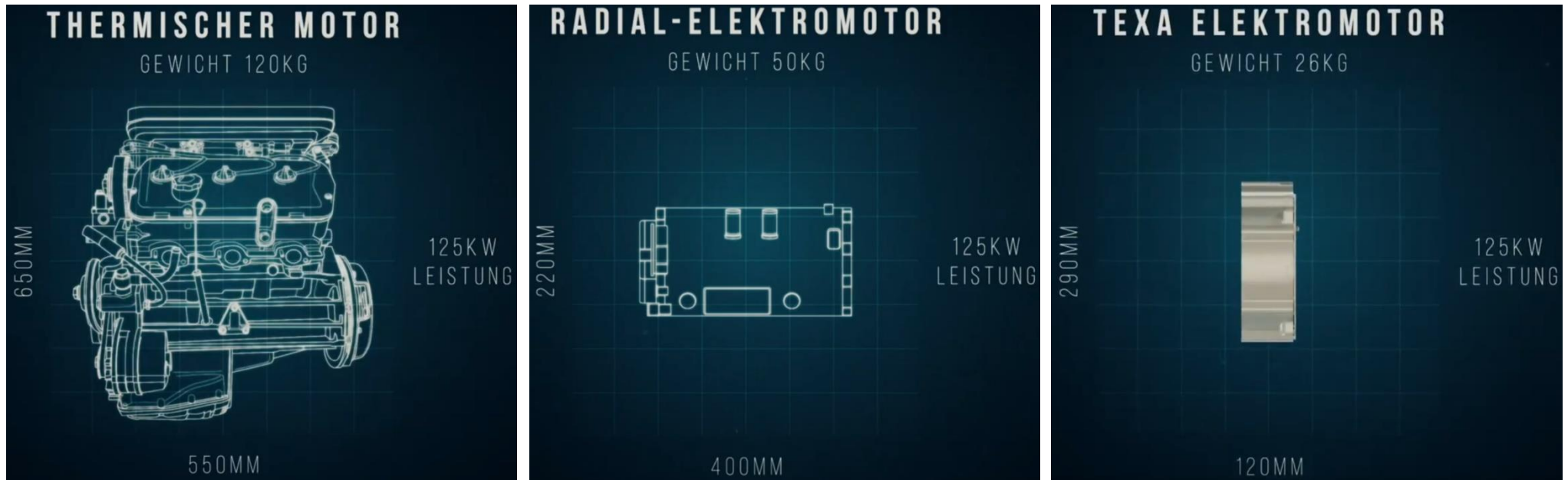


© The Alinker Inventions Ltd.
<https://www.thealinker.com/>

Mobilitäts-Forschung an der HAW Hamburg

Mikromobilität E-Motoren

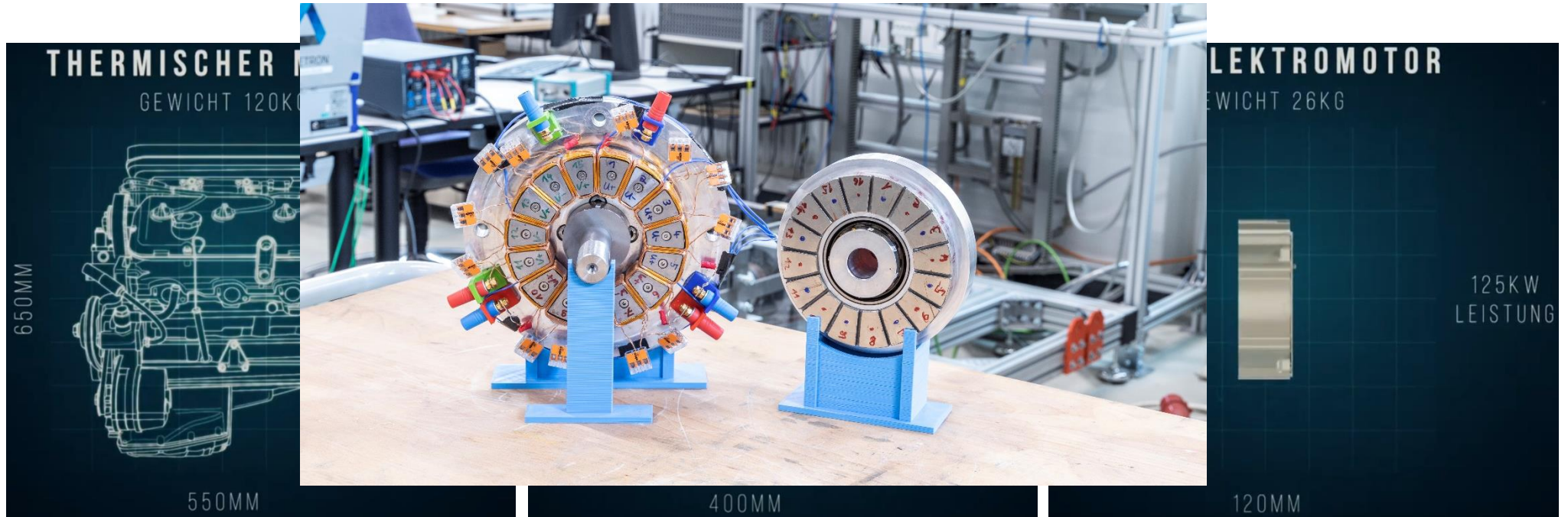
[74]



Leistung	125kW	125kW	125kW
Volumen	650mm x 550mm	220mm x 400mm	290mm x 120mm
Gewicht	120kg	50kg	26kg

Mikromobilität E-Motoren

[74]

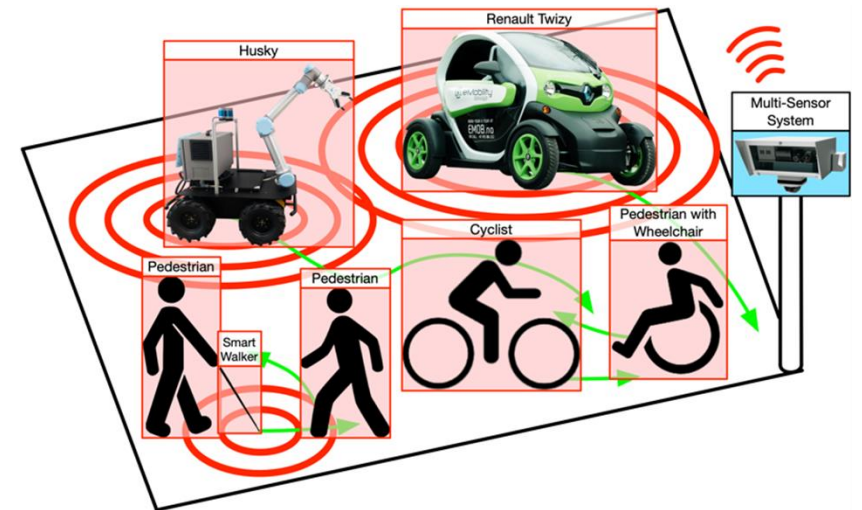


Leistung	125kW	125kW	125kW
Volumen	650mm x 550mm	220mm x 400mm	290mm x 120mm
Gewicht	120kg	50kg	26kg

Digitale Quartiersmobilität

Sensorknoten

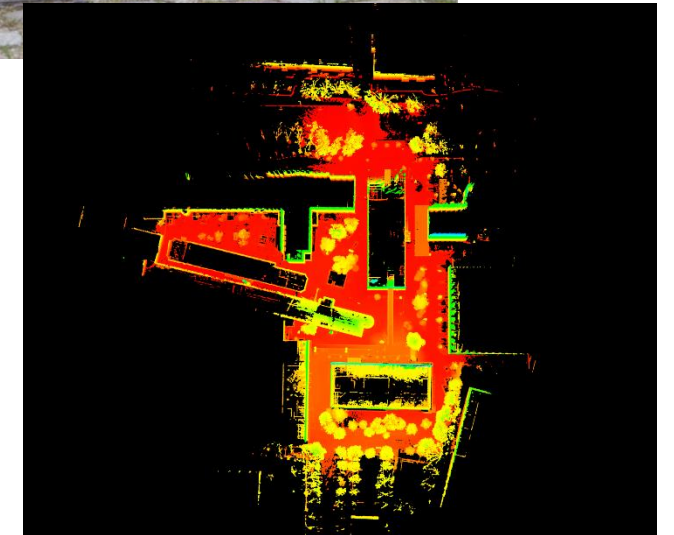
- Digitalisierung eines Quartiers
 - „intelligentes Quartier“
- Sicherheit der Verkehrsteilnehmer
- Planung von Individualmobilität
- Information für eingeschränkte Mobilitätsteilnehmer
- Problem der letzten Meile in der Logistik
- Visualisierung
- Not- und Sondersituationen wie Katastrophenfälle



Digitale Quartiersmobilität

Autonome Logistik / Husky

- Übernehmen logistischer Aufgaben
 - Paketzustellung
 - Einkäufe
 - Unterstützung eingeschränkter Personen
 - Gefahrensicherung
- Tätigkeiten
 - Orientierung
 - Fahrstuhl fahren
 - Türen öffnen
 - Kommunikation mit Umwelt
- Lidar / SLAM
- Objektidentifizierung / Machine Learning



Digitale Quartiersmobilität

Shared Guide Dog

- Assistenzsystem zur Unterstützung sowie Orientierung mobilitätseingeschränkter Personen
 - Sehbehinderte
 - Ältere
- Routenplanung nach besonderen Maßstäben
 - Schlaglöcher
 - Sandwege
 - veränderte Routenführungen
- Kommunikation
- Open Source Kartenmaterial / Informationen
 - GPS
 - SLAM
 - UWB / WLAN / LoRa / BLE



Quellen

- [1] © Citytransformer Ltd. <https://www.citytransformer.com/>
- [2] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. 2019.
- [3] J. Rudnicka. *Anteil von Stadt- und Landbewohnern in Deutschland von 1990 bis 2015 und Prognose bis 2050*. Aug. 2020. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167166/umfrage/prognose-des-bewohneranteils-nach-wohnstandort-seit-1990/> (besucht am 13.04.2023).
- [4] Heike Pro, Matthias Brand, Kurt Mehnert, J. Alexander Schmidt und Dieter Schramm. *Elektrofahrzeuge für die Städte von morgen*. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2016.
- [5] David Huber und Veronique Kring. *Mobilitätsbausteine für mehr Pkw-Freiheit*. Masterarbeit, Technische Universität Hamburg, 2021. (<https://www2.tuhh.de/mobillab-hh/wissenstransfer>)
- [6] Terence Teo, *Visualizing Population Density Patterns in Six Countries*. Feb. 2023. <https://www.visualcapitalist.com/cp/population-density-patterns-countries/> (besucht am 13.04.2023)
- [7] Katja Diehl. *Autokorrektur*. S. Fischer Verlag, 2022.
- [8] David Huber und Veronique Kring. *Tempo-30 als neue innerstädtische Regelgeschwindigkeit*. Studienarbeit, Technische Universität Hamburg, 2020. (<https://www2.tuhh.de/mobillab-hh/wissenstransfer/>)
- [9] Wilhelm Bauer, Sabine Wagner, Fabian Edel, Sebastian Stegmüller und Elisabeth Nagl. *Mikromobilität*. In: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), 2017.
- [10] Kersten Heineke, Benedikt Kloss, Benedikt Scurtu und Florian Weig. *Micromobility's 15.000-mile checkup*. In: McKinsey Center for Future Mobility, 2019.
- [11] Oliver Milman. *How SUVs conquered the world at the expense of its climate*. Sep. 2020. URL: <https://www.theguardian.com/us-news/2020/sep/01/suv-conquered-america-climate-change-emissions> (besucht am 13.04.2023).
- [12] LinkedIn @Katja Diehl. URL: https://www.linkedin.com/pulse/gedanken-zur-autokorrektur-11-katja-diehl/?trk=eml-email_series_follow_newsletter_01-footer_promo-3-primary_cta_link&midToken=AQG5XdtR8Wy1Qw&fromEmail=fromEmail&ut=3MfVuiYNvAeas1 (besucht am 13.04.2023).

Quellen

- [13] VCD Verkehrsclub Deutschland e.V. URL: <https://www.vcd.org/wohnen-und-mobilitaet> (besucht am 07.04.2022).
- [14] *Mobilität in Deutschland - MiD*. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur - Referat G 13 Prognosen, Statistik und Sondererhebungen; infas - Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. - Institut für Verkehrsforschung; IVT Research GmbH; infas 360 GmbH. Ergebnisbericht, Dez. 2018. URL: http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf (besucht am 21.01.2021).
- [15] Martin Randelhoff. *Die größte Ineffizienz des privaten Pkw-Besitzes: Das Parken*. Feb. 2013. URL: <https://www.zukunft-mobilitaet.net/13615/strassenverkehr/parkraum-abloesebetrag-parkgebuehr-23-stunden/> (besucht am 13.04.2023).
- [16] Felix Petersen. *Städte müssen atmen - geben wir ihnen Platz!* Sep. 2020. URL: <https://background.tagesspiegel.de/mobilitaet/staedte-muessen-atmen-geben-wir-ihnen-platz> (besucht am 13.04.2023).
- [23] Volker und Cornelia Quaschnig. *Energiewelt jetzt!* Carl Hanser Verlag München, 2022
- [24] Terra X Lesch & Co. *Wie klimafreundlich sind E-Autos wirklich?* | Harald Lesch, Apr. 2023 <https://www.youtube.com/watch?v=shc6hnCrAQ0> (besucht am 13.03.2023)
- [25] *Effizienz und Kosten: Lohnt sich der Betrieb eines Elektroautos?* Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, 2021. URL: <https://www.bmu.de/themen/luft-laerm-mobilitaet/verkehr/elektromobilitaet/effizienz-und-kosten> (besucht am 13.04.2023).
- [27] Martin Randelhoff. *Batterieelektrisch vs. Brennstoffzelle (H2) vs. Power-to-X im Straßenverkehr: Energieeffizienz, Wirkung auf das Energiesystem, Infrastruktur, Kosten und Ressourcen*, Aug. 2020 URL: <https://www.zukunft-mobilitaet.net/169895/analyse/elektroauto-brennstoffzelle-synthetische-kraftstoffe-ptx-ptl-kosten-infrastruktur-rohstoffe-energiebedarf-wirkungsgrad/> (besucht am 13.04.2023)
- [28] Sebastian Clausen und Malte Gartzke. *#Grüne Welle für den Radverkehr in Hamburg am Eilbekkanal*. Studienprojekt, Technische Universität Hamburg, 2019. (<https://www2.tuhh.de/mobillab-hh/wissenstransfer/>)
- [29] Verkehrsministerium Baden-Württemberg / Stadt Schorndorf
- [37] *Vier Räder, sie zu knechten!* ZDF Magazin Royale. btf GmbH, 2021. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ybTHWzmlw70> (besucht am: 13.04.2023)

Quellen

- [38] Daniel Meier. *Unsere Autos werden immer grösser. Sind die Parkplätze bald zu klein?* NZZ Magazin, 2018. URL: <https://magazin.nzz.ch/hintergrund/unsere-autos-werden-immer-groesser-sind-die-parkplaetze-bald-zu-klein-ld.1385224?reduced=true> (besucht am 03.04.2022)
- [39] Twitter @mbclubgr. <https://twitter.com/mbclubgr/status/981445292313792513> (besucht am 13.04.2023)
- [40] Twitter @fietsprofessor. <https://twitter.com/fietsprofessor/status/1468617828215541768> (besucht am 13.04.2023)
- [41] Twitter @fietsprofessor. <https://twitter.com/fietsprofessor/status/1573687824116850688> (besucht am 13.04.2023)
- [74] DE - Der Axialfluss-Elektromotor von TEXA. Texa S.p.A., 2019. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=b51bJsCsyF0> (besucht am 13.04.2023)
- [77] © REE Automotive Ltd. <https://ree.auto/>
- [78] Micah Toll. *The coolest e-bikes, e-scooters, electric micro-cars, and more that we saw at Micromobility America.* electrek, Okt. 2022. URL: <https://electrek.co/2022/10/05/micromobility-america-coolest-electric-bikes-e-scooters/> (besucht am 13.04.2023)
- [79] Daniel Bönninghausen. *DHL testet Lasten-Pedelecs Cubicycles in Frankfurt.* electrive.net, 2017. URL: <https://www.electrive.net/2017/03/02/dhl-testet-lasten-pedelecs-cubicycles-in-frankfurt/> (besucht am 03.04.2022)
- [80] © NÜWIEL GmbH. <https://nuwiel.com/>
- [81] Twitter-User @goswin. URL: <https://twitter.com/Goswin/status/1507823496126255110> (besucht am 26.04.2023)
- [82] © The Alinker Inventions Ltd. <https://www.thealinker.com/>
- [84] © TRIGGO S.A. <https://www.triggo.city/>
- [85] Wikipedia-Beitrag „Kei-Car“. <https://de.wikipedia.org/wiki/Kei-Car>
- [86] Wikipedia-Beitrag „Smart (Automarke)“. [https://de.wikipedia.org/wiki/Smart_\(Automarke\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Smart_(Automarke))
- [87] Wikipedia-Beitrag „Renault Twizy“. https://de.wikipedia.org/wiki/Renault_Twizy

Quellen

- [88] Wikipedia-Beitrag „Carver One“. https://de.wikipedia.org/wiki/Carver_One
- [89] © Carver Europe B.V. <https://carver.earth/en/>
- [90] Wikipedia-Beitrag „Micro Mobility Systems“. https://de.wikipedia.org/wiki/Micro_Mobility_Systems#Microlino
- [91] Wikipedia-Beitrag „Citroën Ami“. [https://en.wikipedia.org/wiki/Citro%C3%ABn_Ami_\(electric_vehicle\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Citro%C3%ABn_Ami_(electric_vehicle))
- [92] Wikipedia-Beitrag „XEV Yoyo“. https://de.wikipedia.org/wiki/XEV_Yoyo
- [93] © Nimbus Inc. <https://nimbusev.com/>
- [94] © Arcimoto. <https://www.arcimoto.com/fuv>
- [95] © Eli Electric Vehicles. <https://www.eli.world/eli-zero>
- [96] *Autos werden deutlich größer und schwerer*. DER SPIEGEL (online), Apr. 2023. URL: <https://www.spiegel.de/auto/suvs-und-elektroautos-autos-werden-groesser-und-schwerer-a-ecbca276-a2bf-4bf1-ae1e-afcd32a2296e> (besucht am 26.04.2023)

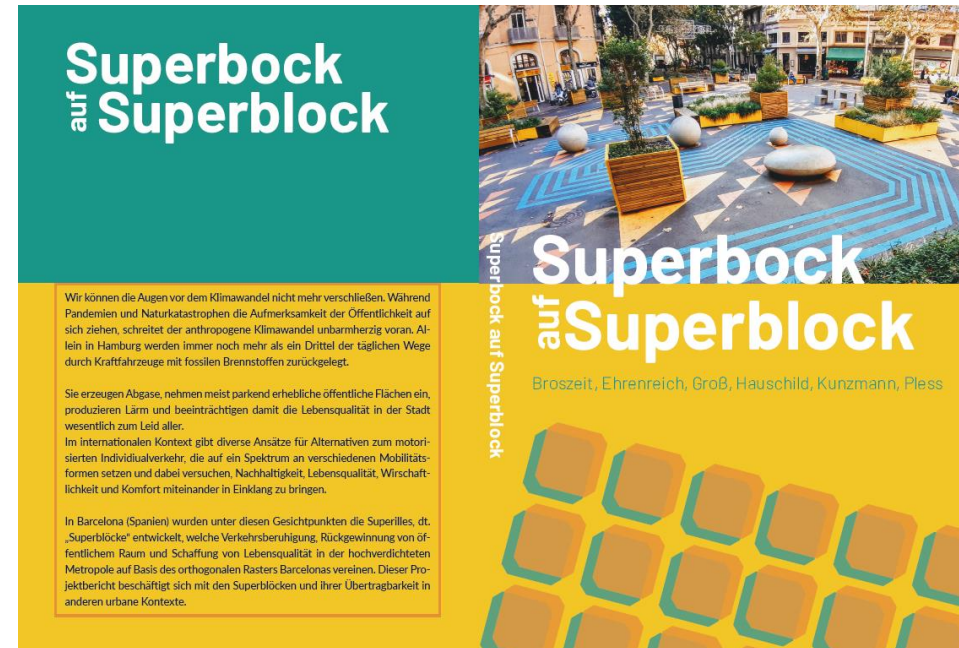
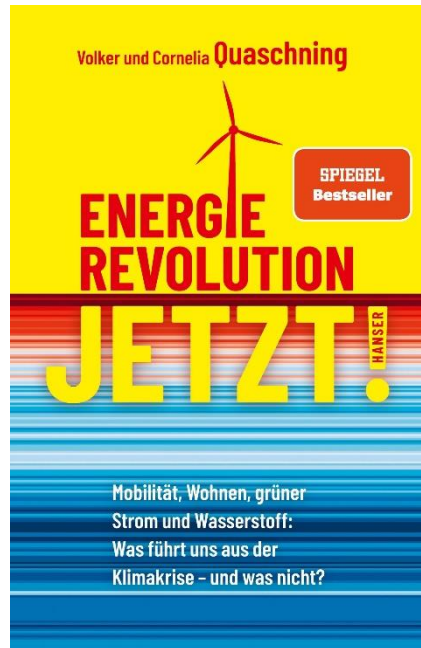
Mikromobilität Alles klar?

[1]



© Citytransformer Ltd. <https://www.citytransformer.com/>

Lesempfehlungen



Marco
Te Brömmelstroet
LinkedIn

https://www2.tuhh.de/mobillab-hh/wp-content/uploads/sites/31/2021/04/009_Broszeit-Ehrenreich-Gross-Hauschild-Kunzmann-Pless_Studienarbeit_Superbock-auf-Superblock_voe.pdf

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Folgen Sie uns gerne auf unseren Kanälen:

 **Instagram:** hawhh_lem

 **Twitter:** @hawhh_lem

 **LinkedIn:** LABOR FÜR ELEKTRISCHE MOBILITÄT