

Kleinfahrzeuge

Potenziale im europäischen
Zulassungsrecht

Prof. Jan Friedhoff

Leiter Fahrzeugbau
HAW Hamburg
VDI-Gesellschaft Fahrzeug und
Verkehrstechnik

 Stand: 10.07.2023

A 3D rendering of a road with dashed white lines. On the road, there are three blue vehicles: a large sedan, a smaller hatchback, and a tiny three-wheeled car. A blue question mark is on the road surface. The text 'M1 Personenkraftwagen', 'MO Kleinfahrzeuge', and 'L Leichtfahrzeuge' is written on the road surface. A blue square with a white corner cutout is in the bottom left corner.

Wir
gestalten
Zukunft

Kleinere Fahrzeuge werden relevanter!

McKinsey & Company
McKinsey Center for Future Mobility

< Back to McKinsey on Urban Mobility

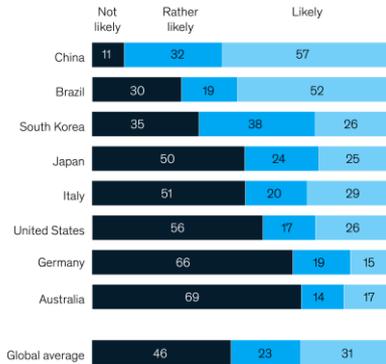
Minimobility: The next big thing in urban mobility?

Two-wheeled micromobility options, especially popular in cities. Three- and four-wheeled mini

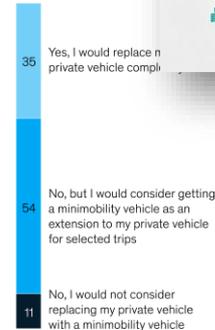


More than 30 percent of surveyed global consumers would use a minimobility vehicle in their future mobility mix.

Consideration of minimobility usage and implied private-vehicle replacement,¹ % of respondents



Consideration of private vehicle replacement % of respondents



¹Question: How likely are you to consider using a minimobility vehicle as part of your future mobility mix?
²Question: Would you consider eventually replacing your private vehicle entirely with a minimobility vehicle?
 Source: McKinsey ACES survey 2021 (n = 26,000)

McKinsey & Company

GLOBAL MICROMOBILITY MARKET 2022-2026



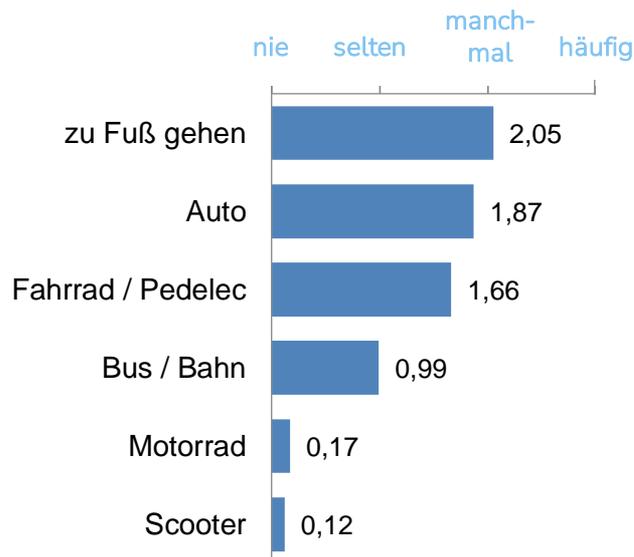
17000+ Reports covering niche topics. Read them at [technavio](#)



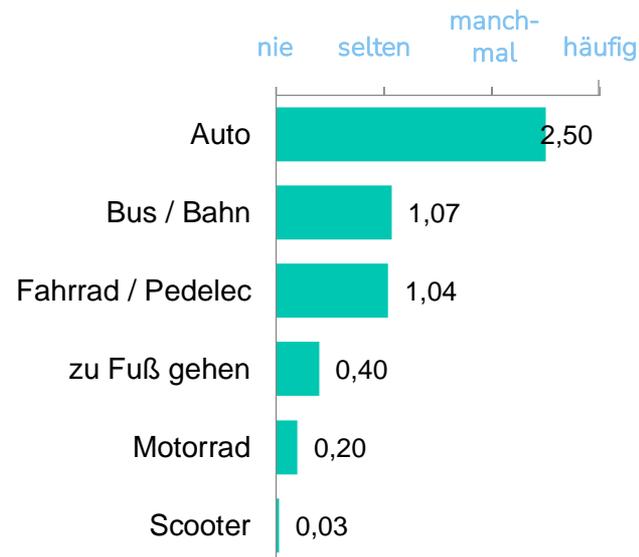
VDI-Umfrage zur Mobilität in der Stadt und im außerstädtischen Umfeld

Aus 7.654 Antworten aus einer Mitgliederbefragung des VDI zum Fortbewegungsmittel:

Bewegung innerhalb der Stadt



Bewegung im außerstädtischen Umfeld



Anforderungsprofil von Kleinfahrzeugen



Roller



Kleinfahrzeug



PKW (M1)



Status

Fahrzeugklassen im EU-Zulassungsrecht

Klasse M

Klasse N

Klasse O

Kraftfahrzeuge zur Personenbeförderung 2007/46/EC

Kraftfahrzeuge zur Güterbeförderung

Anhänger

Klasse L

Klasse L1e, L2e

Klasse L3e, L4e

Klasse L5e

Klasse L6e

Klasse L7e

Leichte ein- und mehrspurige Kraftfahrzeuge

2013/168/EU

Kleinkrafträder bis 45km/h

Krafträder

Dreirädriges Kraftfahrzeug

Leichtkraftfahrzeug bis 45km/h

Schweres vierrädriges Kraftfahrzeug

Klasse T

Klasse C

Klasse R

Klasse S

Zugmaschinen für land- oder forstwirtschaftliche Zwecke

Land- oder forstwirtschaftliche Zugmaschinen auf Gleisketten

Anhänger und sonstige gezogene Geräte

Gezogene auswechselbare Geräte für die Land- oder Forstwirtschaft

Handlungsmotivation: Ziele einer M0-Klasse für Kleinfahrzeuge



M1
*Personen-
kraftwagen*

M0
Klein-
fahrzeuge

L
Leicht-
fahrzeuge

*Energieaufwand
Raumbedarf
Kosten*

*Sicherheit
Komfort*

Klasse M1 nach RL 2007/46/EC

M Kraftfahrzeuge zur Personenbeförderung

M1 Fahrzeuge zur Personenbeförderung

M2 Fahrzeuge zur Personenbeförderung

M3 Fahrzeuge zur Personenbeförderung

mindestens vier Rädern sowie Kraftfahrzeuge zur Personenbeförderung mit drei Rädern und einer zulässigen Gesamtmasse über 1 t. höchstens 8 Sitzplätze außer dem Fahrersitz mit mehr als acht Sitzplätzen ... über 5t ...



Mini



Kompaktklasse



Obere Mittelklasse



SUV



Sportwagen



Kleinwagen



Mittelklasse



Oberklasse



Geländewagen



Vans

Energieverbräuche im Betrieb

Was sind die **Kernparameter** eines Fahrzeuges, die den **Energieverbrauch** beeinflussen?

- **Antriebstechnik** = f (Technologie, Leistung)
- **Masse** = f (Länge, Breite, Höhe, Leistung, Energiespeicher, Material)
- **Luftwiderstand** = f (Breite, Höhe, Luftwiderstandsbeiwert)

Kernaussage: „**Kleinere Fahrzeuge benötigen weniger Energie in Herstellung und Betrieb.**“



Mini



Kompaktklasse



Obere Mittelklasse



SUV



Sportwagen



Kleinwagen



Mittelklasse



Oberklasse



Geländewagen



Vans

Energieverbräuche im Betrieb

Simulation des Mittelwertes der Energieverbräuche der Top 5 Modelle 2022 jedes Segments im realen Betrieb:

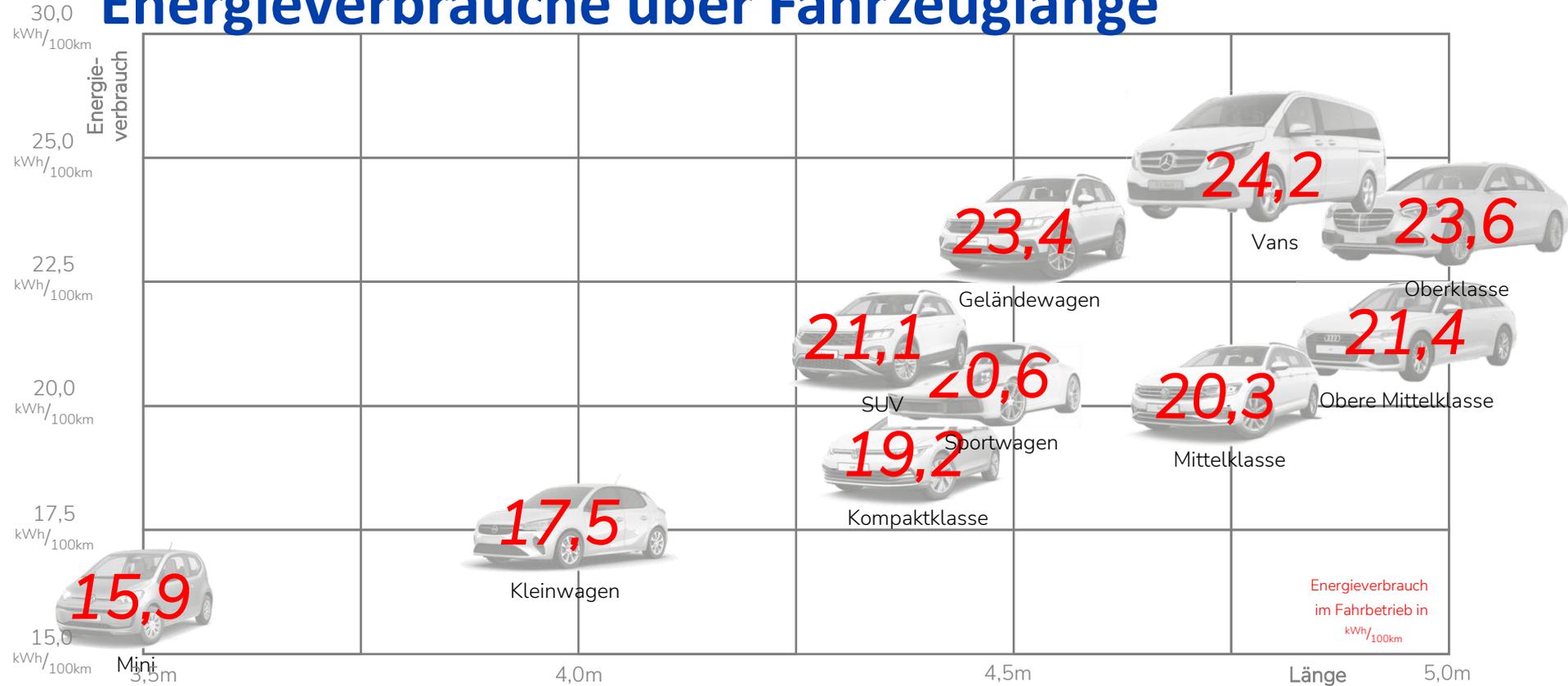


Die Simulationsergebnisse sind an Nutzer-Daten von www.spritmonitor.de validiert.



Fahrzeugsegmente Personenkraftwagen M1

Energieverbräuche über Fahrzeuglänge



Mini-Segment der Personenkraftwagen M1

Top Neuzulassungen 2022 Mini-Segment

VW E Up!

23.496 Stück

1160 kg

3600x1645x1504



Renault Twingo

11.756 Stück

975-1178 kg

3615x1646x1541



Fiat 500

52.337 Stück

1255-1405 kg

3571x1627x1488



Hyundai i10

12.695 Stück

996-1120 kg

3670x1680x1480



Smart EQ ForTwo

9.700 Stück

1095 kg

2695x1663x1555



Dacia Spring

14.366 Stück

1045-1050 kg

3734x1579x1516



Bilder & technische Daten: Hersteller
Zulassungszahlen: Kraftfahrtbundesamt 2022

Klasse L nach EU Nr 168/2013

L	Zwei- drei- und vierrädrige (Klein-)Fahrzeuge	Länge $\leq 4000\text{mm}$, Breite $\leq 2000\text{mm}$, Höhe $\leq 2500\text{mm}$
L5e	Dreirädriges Kraftfahrzeug	Masse fahrbereit* $\leq 1000\text{kg}$; nicht L2e
L5e-A	Dreirädriges Kraftfahrzeug	höchstens 5 Sitzplätze
L7e	Schweres vierrädriges Kraftfahrzeug	Masse fahrbereit* $\leq 450\text{kg}$ für die Beförderung von Personen;
L7e-C	Schweres Vierradmobil	$P \leq 15\text{kW}$; $v_{\text{max}} \leq 90\text{km/h}$; geschlossener Fahrgastraum; nicht L7e-B; Länge $\leq 3700\text{mm}$; Breite $\leq 1500\text{mm}$

* „Masse fahrbereit“ gilt bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen exklusive Traktionsbatterie.



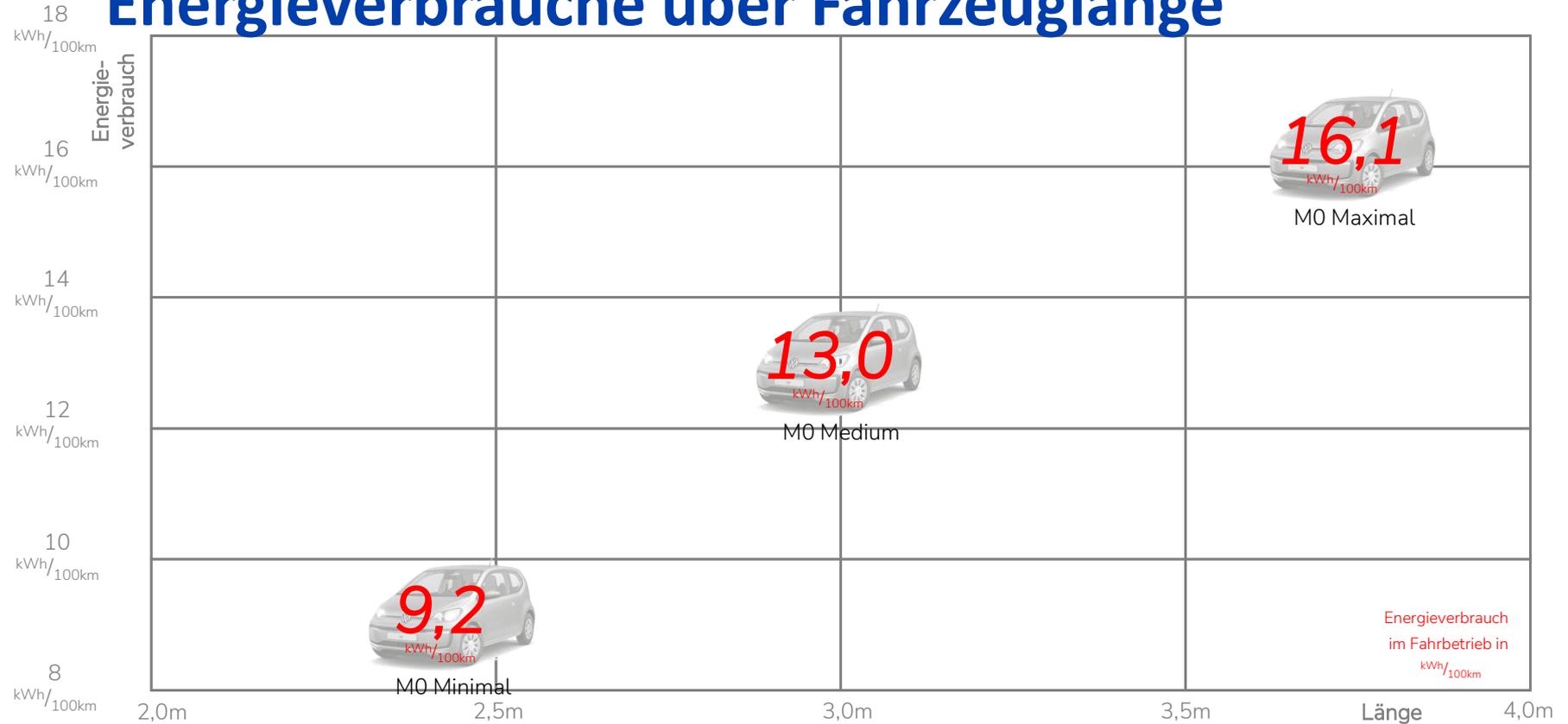
Definitionsumfeld M1 – M0 – L5e/L7e: Verordnung EU 168/2013 und EU 2018/858



*„Masse fahrbereit“ gilt bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen exklusive Traktionsbatterie.

Beispielkonzepte Kleinfahrzeuge M0

Energieverbräuche über Fahrzeuglänge



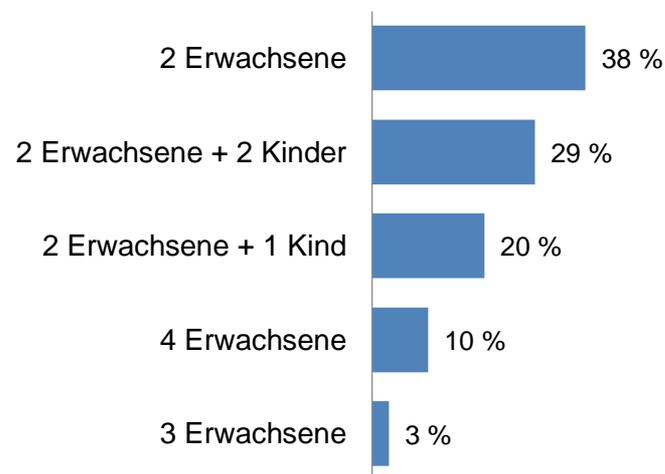
VDI-Umfrage zur Mobilität in der Stadt und im außerstädtischen Umfeld

Aus 7.654 Antworten aus einer Mitgliederbefragung des VDI zur **Anzahl der Sitzplätze**:

„Wie viele Sitzplätze solle ein solches M0-Fahrzeug für Erwachsene und Kinder haben?“

Die Befragten wünschen sich am häufigsten ein Fahrzeug entweder für **zwei Erwachsene** (Männer wünschen sich das etwas häufiger als Frauen) oder für **zwei Erwachsene und zwei Kinder** (Frauen wünschen sich das etwas häufiger als Männer).

Der Wohnort und das Alter der Befragten haben keinen Einfluss auf die Präferenzen für eine bestimmte Zahl der Sitzplätze.



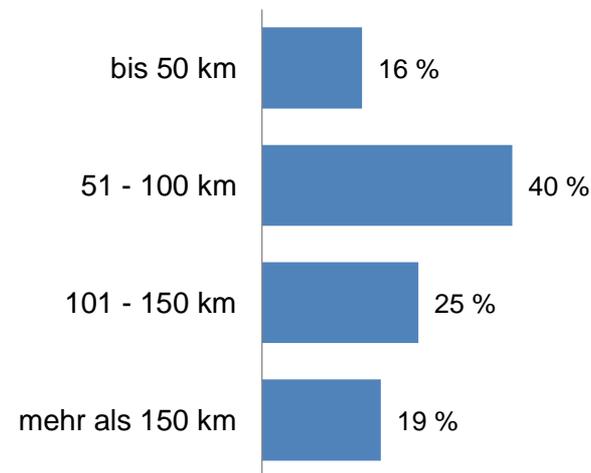
VDI-Umfrage zur Mobilität in der Stadt und im außerstädtischen Umfeld

Aus 7.654 Antworten aus einer Mitgliederbefragung des VDI zur **Reichweite**:

„Welche Reichweite sollte ein solches M0-Fahrzeug haben?“

Die Befragten können sich als Reichweite für ein M0-Fahrzeug am ehesten den Bereich zwischen **51 und 100 km** vorstellen (40 %). Bei den Unter-35-Jährigen ist dieser Anteil noch etwas höher.

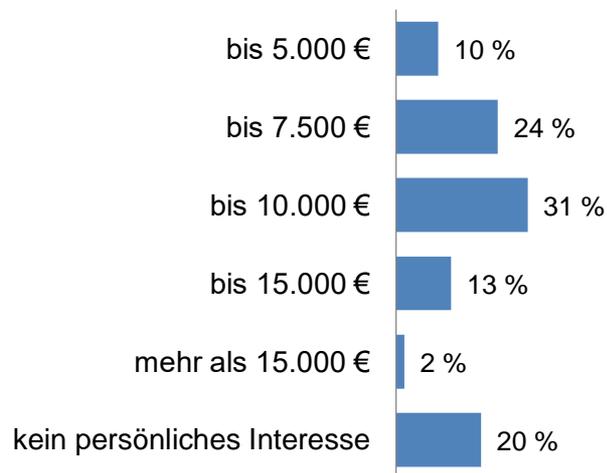
Der Wohnort und das Geschlecht der Befragten haben kaum Einfluss auf die präferierte Reichweite. Lediglich die Befragten aus dörflichen Gegenden geben unterdurchschnittlich oft eine Reichweite bis 50 km an - und überdurchschnittlich oft eine Reichweite über 100 km.



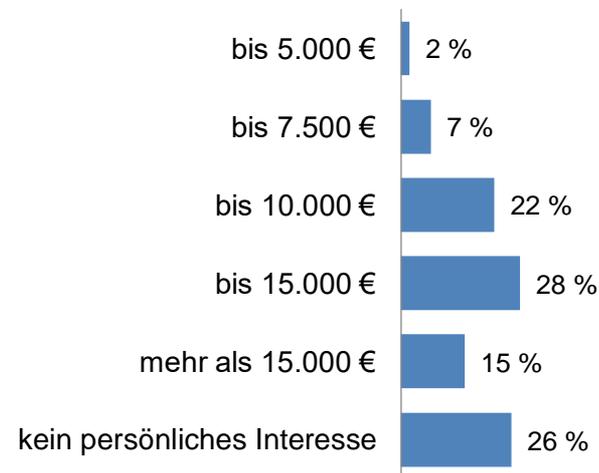
VDI-Umfrage zur Mobilität in der Stadt und im außerstädtischen Umfeld

Aus 7.654 Antworten aus einer Mitgliederbefragung des VDI zur **Preisgestaltung**:

„Wieviel würden Sie für ein sehr effizientes „städtisches“ Fahrzeug der M0-Klasse ausgeben, das bis zu 90 km/h schnell fahren und 2 Erwachsene und 1 Kind transportieren kann?“



„Wieviel würden Sie für ein „universelles“ Fahrzeug der M0-Klasse ausgeben, das ca. 110 km/h schnell fahren und bis zu 4 Erwachsene transportieren kann?“



VDI-Umfrage zur Mobilität in der Stadt und im außerstädtischen Umfeld

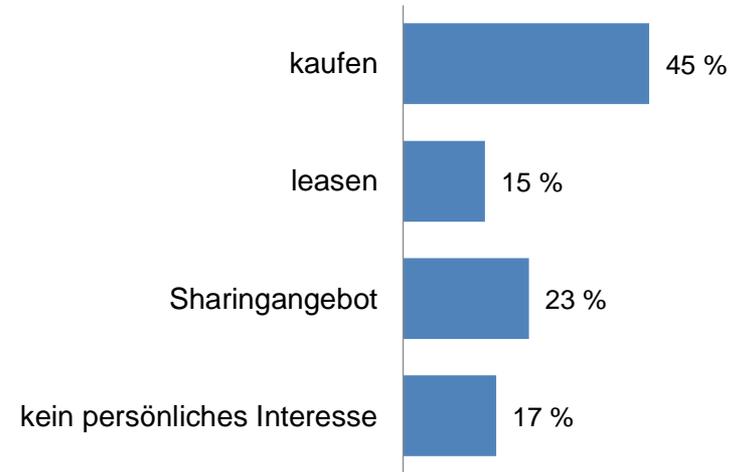
Aus 7.654 Antworten aus einer Mitgliederbefragung des VDI zur **Angebotsgestaltung**:

„Würden Sie so ein Fahrzeug eher kaufen, leasen oder Sharingangebote nutzen?“

Die Befragten würden ein M0-Fahrzeug am ehesten **kaufen** oder als **Sharingangebot** nutzen. Männer haben eine stärkere Präferenz für den Kauf als Frauen. Frauen haben eine stärkere Präferenz für Sharingangebote als Männer.

Je älter die Befragten sind, desto eher tendieren sie zum Kauf; je jünger, desto eher tendieren sie zu Sharingangeboten.

Im dörflichen Raum ist die Kauf-Präferenz stärker. In Großstädten werden Sharingangebote präferiert.



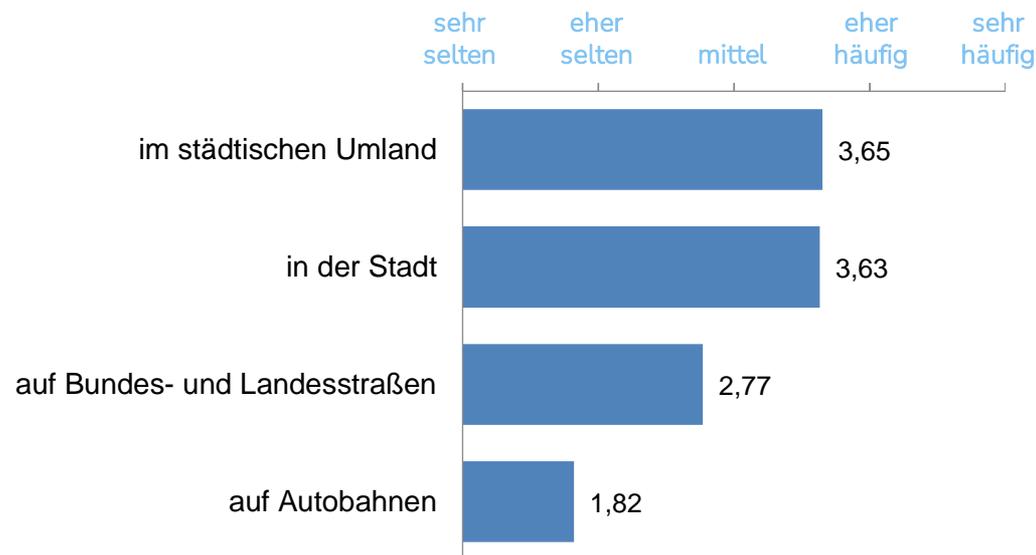
VDI-Umfrage zur Mobilität in der Stadt und im außerstädtischen Umfeld

Aus 7.654 Antworten aus einer Mitgliederbefragung des VDI zur **Reichweite**:

„Auf welchen Strecken würden Sie ein solches M0-Fahrzeug nutzen?“

Die Befragten würden eine M0-Fahrzeug vor allem **in der Stadt und im städtischen Umfeld** nutzen – seltener auf Bundes- / Landes-straßen und kaum auf Autobahnen.

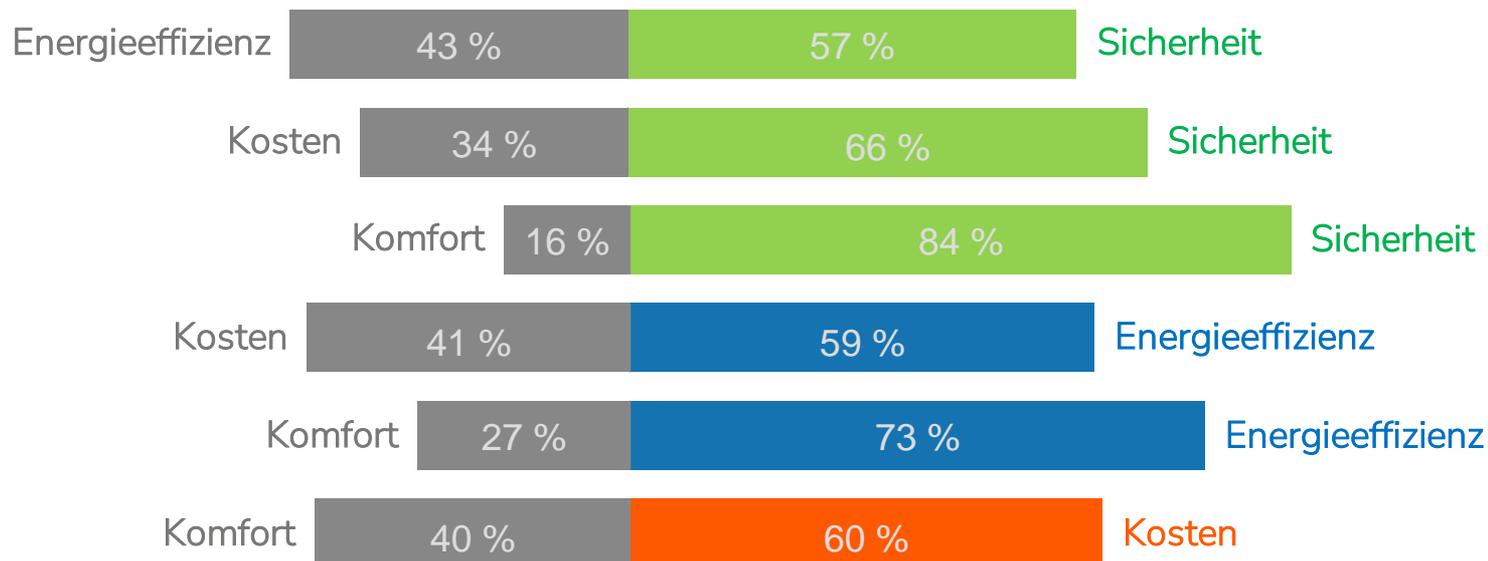
Der Wohnort, das Alter und das Geschlecht der Befragten haben keinen Einfluss auf die Nutzungs-Präferenzen.



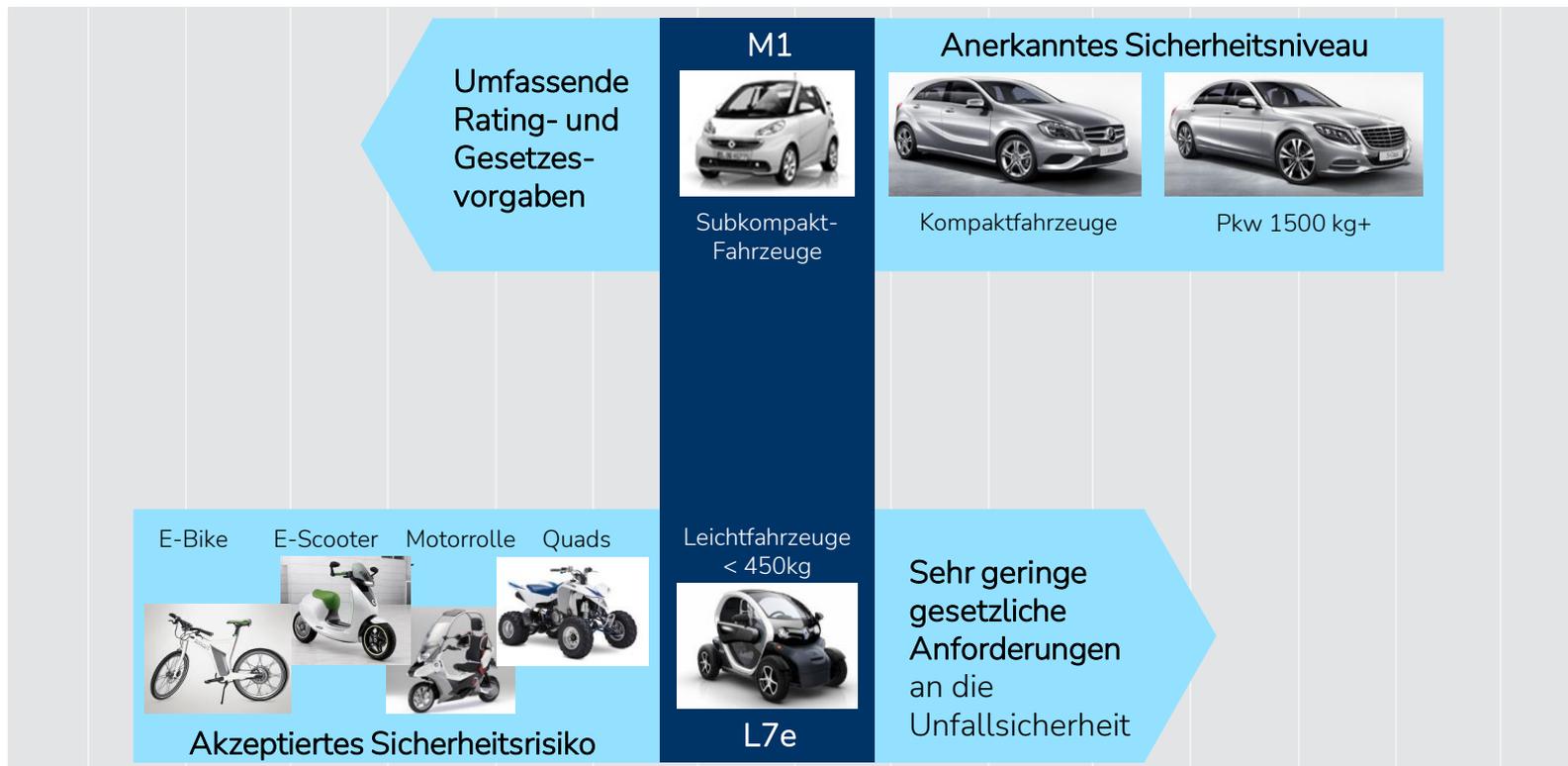
VDI-Umfrage zur Mobilität in der Stadt und im außerstädtischen Umfeld

Aus 7654 Antworten aus einer Mitgliederbefragung des VDI:

„Bitte wählen Sie aus, welche der beiden Eigenschaften jeweils die wichtigere für Sie ist.“



Heutige Fahrzeugklassen



Motivation Sicherheit

L5e/L7e: Sicherheit freiwillig...

EuroNCAP 2016 zur Sicherheit von Leichtkraftfahrzeugen:



KRITISCHE STRUKTURELLE SCHWÄCHEN UND UNZUREICHENDE RÜCKHALTESYSTEME SUMMIEREN ZU EINEM INAKZEPTABEL HOHEN RISIKO VON SCHWEREN ODER LEBENSGEFÄHRLICHEN VERLETZUNGEN - SELBST BEI BESCHRÄNKTEN TESTGESCHWINDIGKEITEN.

<https://www.euroncap.com/de/fahrzeugsicherheit/sicherheitskampagnen/2016-sicherheit-von-leichtkraftfahrzeugen/>

Gesetzliche Anforderungen zur Fahrzeugsicherheit

Auszug der wichtigsten Vorschriften;

- UN R11 Türverriegelungen und Scharniere
- UN R12 Lenkanlage bei Unfallstößen
- UN R13 Bremsanlage
- UN R14 Gurtverankerungen
- UN R16 Sicherheitsgurte
- UN R17 Sitzfestigkeit
- UN R21 Kopfaufprall im Fahrzeuginnenraum
- UN R34 Kraftstoffbehälter
- UN R42 Stoßfänger
- UN R43 Sicherheitsglas
- UN R44 Kinderrückhaltesysteme
- UN R48 Beleuchtungseinrichtungen
- UN R58 Rückwärtiger Unterfahrschutz
- UN R79 Lenkanlage
- UN R93 Unterfahrschutz
- UN R94 Frontalaufprall
- UN R95 Seitenaufprall
- UN R100 Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge
- UN R125 Vorderes Sichtfeld
- UN R127 Fußgängerschutz
-

EU-Verordnung 2013/168/EU

- Bremsanlage
 - Sicherheitsgurte/Verankerung
 - Kraftstoffbehälter
- L7e
- Beleuchtung

* aus mehr als 100 Einzelrichtlinien zur aktiven und passiven Sicherheit sowie Umweltschutz

Sicherheit von Kleinfahrzeugen – Faktoren der Fahrzeugkompatibilität



Steifigkeit



Geometrie /Gestalt



Masse



Unfallvermeidung - Schwereminderung

Wichtige Faktoren sind neben Steifigkeit, Geometrie und Fahrzeugmasse auch die **unfallvermeidenden Eigenschaften** eines Fahrzeuges.

Daher sind diese Systeme der aktiven Sicherheit in die Diskussionen mit einzubeziehen.

Sicherheit von Kleinfahrzeugen – Massenverhältnis

Impulssatz

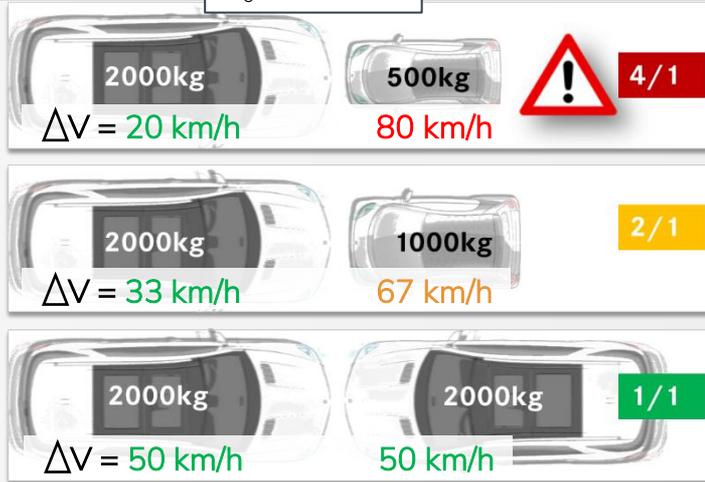
$$\mathbf{u} = \frac{m_1 \cdot \mathbf{v}_1 + m_2 \cdot \mathbf{v}_2}{m_1 + m_2}$$

Quelle: ADAC



Quelle: IHS

Hauptproblematik kleiner Fahrzeuge ist ihr geringes Gewicht und die damit verbundene hohe Geschwindigkeitsänderung beim Aufprall mit einem größeren, schwereren Fahrzeug



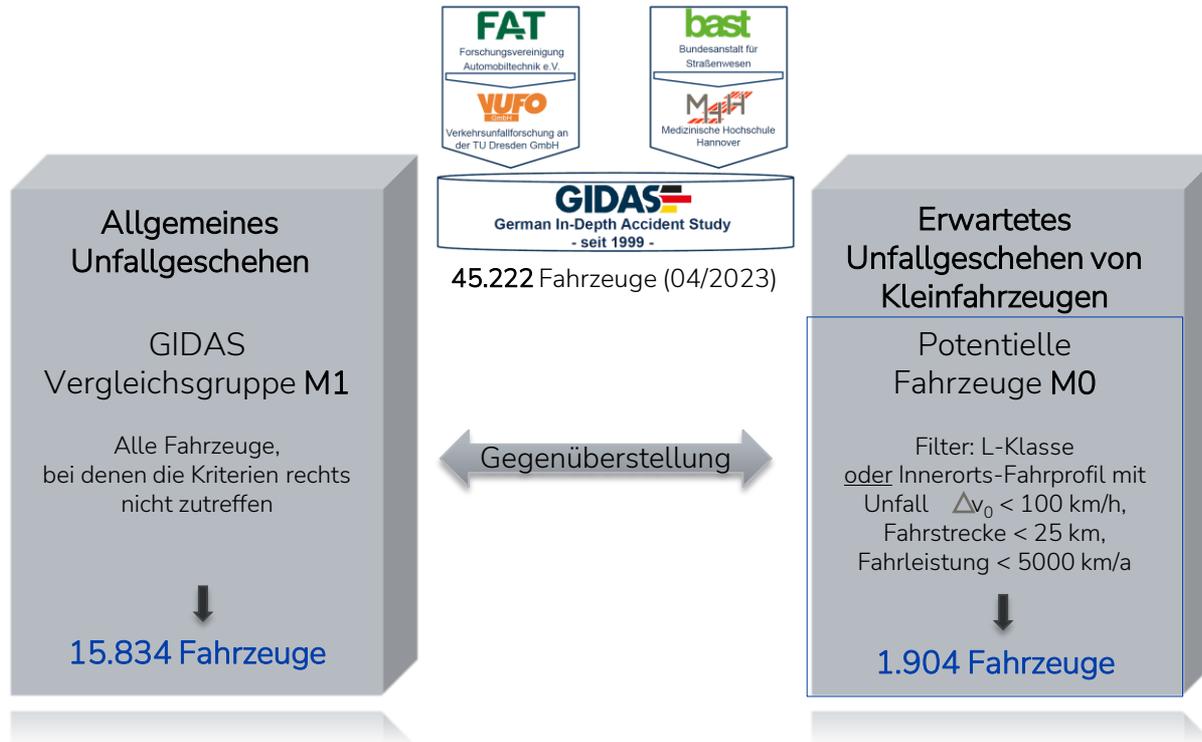
L7e

M0

Massenverhältnis M1/M2

Unfallgeschehen von Kleinfahrzeugen

Unfallanalyse der Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden GmbH:
Aufteilung der von GIDAS erfassten unfallbeteiligten Fahrzeuge

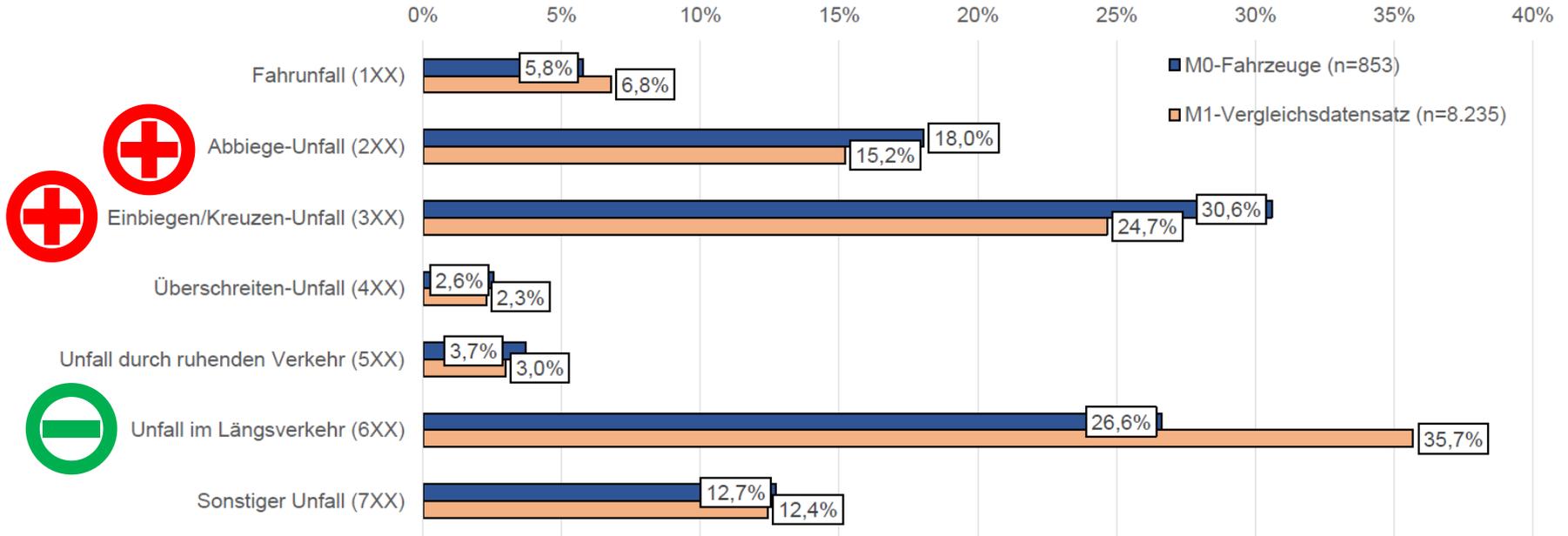


Unfallgeschehen von Kleinfahrzeugen

Auswertung des Unfalltyps:

Zunahme von Abbiege- und Kreuzungsunfällen
Abnahme der Längsverkehrsunfälle

Unfalltyp - Fahrzeuge mit ESP

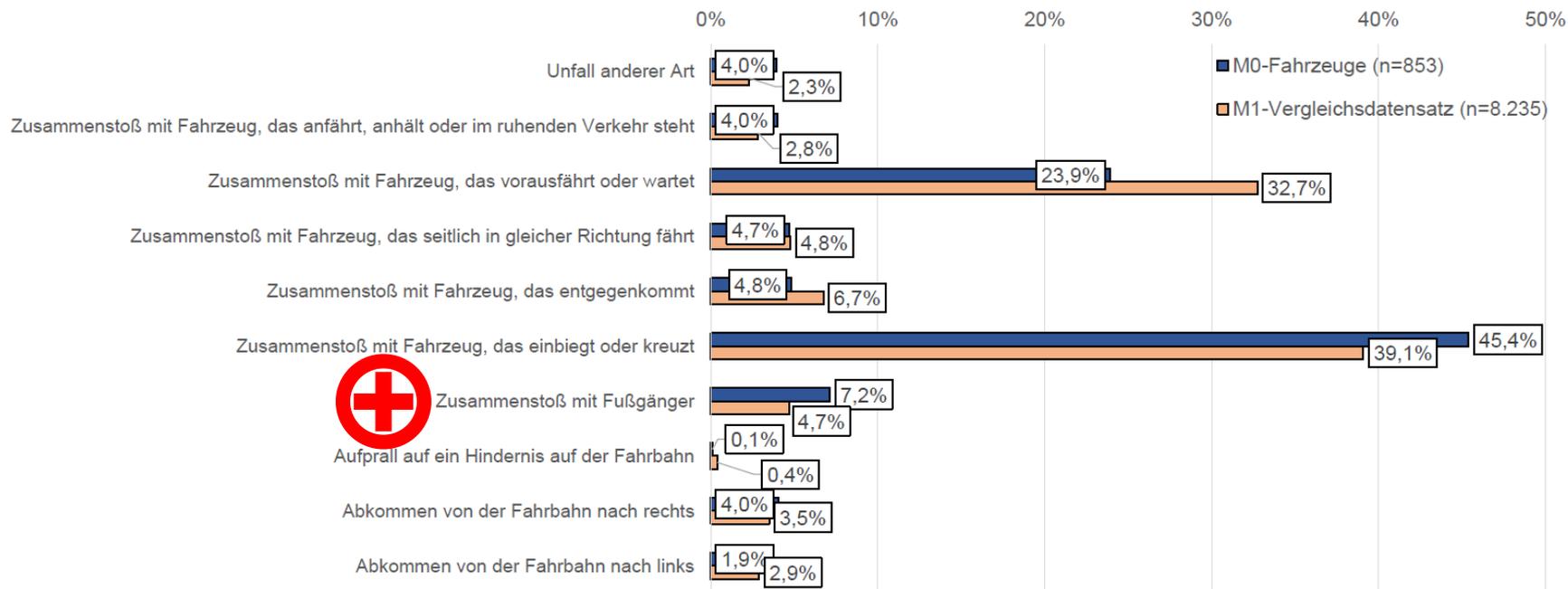


Unfallgeschehen von Kleinfahrzeugen

Auswertung der Unfallart:

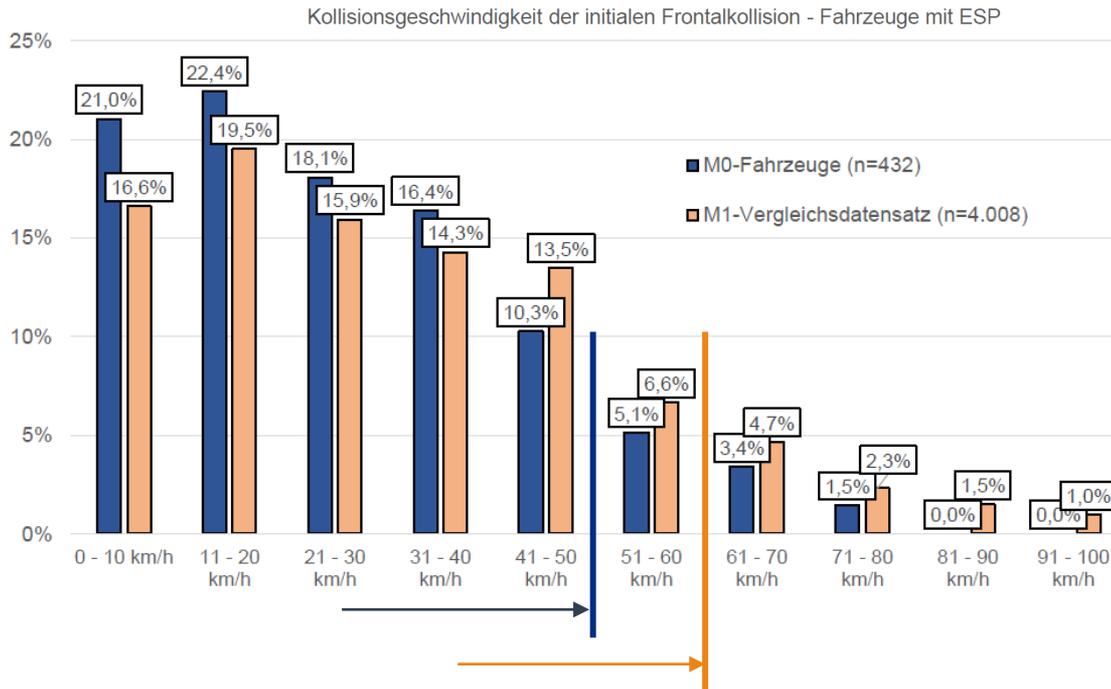
Vermeehrt Zusammenstöße mit Fußgängern

Unfallart - Fahrzeuge mit ESP



Unfallgeschehen von Kleinfahrzeugen

Auswertung der Geschwindigkeit – Frontalkollision



Fahrzeuge der M0-Klasse erleiden frontale Unfälle mit geringeren Kollisionsgeschwindigkeiten als die M1-Vergleichsgruppe:

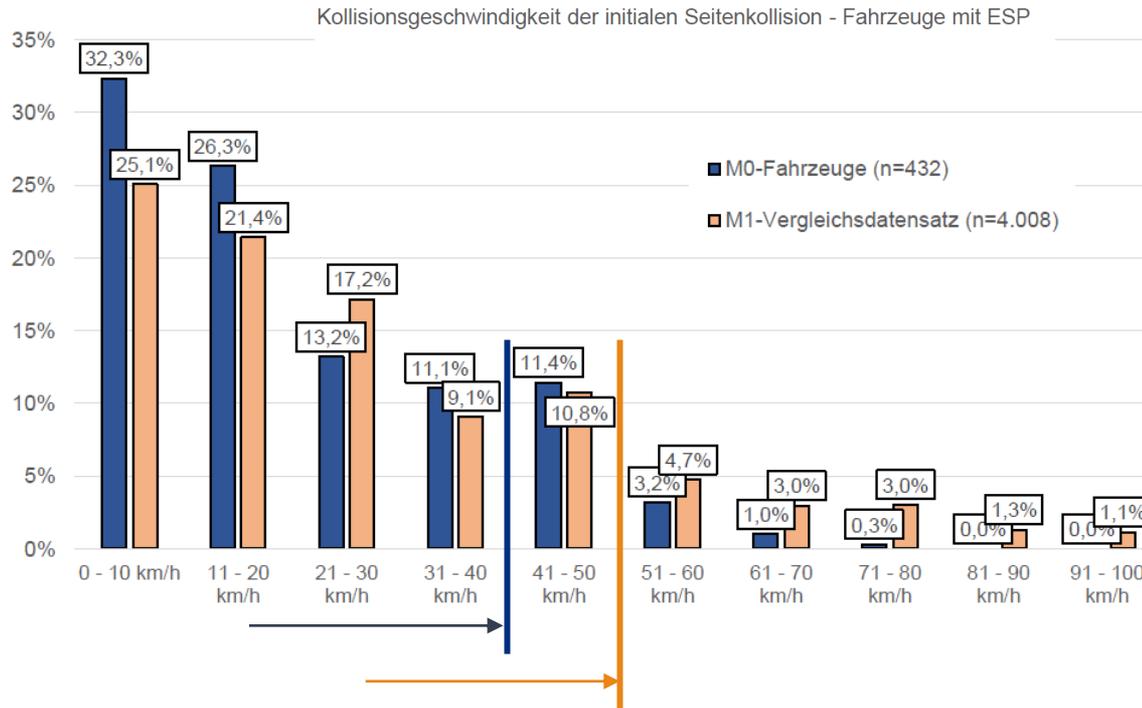
M0 → 88,2% der frontalen Unfälle bis 50 km/h

M1 → 86,4% bis 60 km/h

Adressierung der Massen-Inkompatibilität über Forderung eines **Bremsassistenten AEB** auch für M0-Fahrzeuge (M1 Serie seit 2022)

Unfallgeschehen von Kleinfahrzeugen

Auswertung der Geschwindigkeit – Seitenkollision



Fahrzeuge der M0-Klasse erleiden auch seitliche Unfälle mit geringeren Kollisionsgeschwindigkeiten als die M1-Vergleichsgruppe:

M0 → 82,9% der seitlichen Unfälle bis 40 km/h

M1 → 83,6% bis 50 km/h

Berücksichtigung der zunehmenden Anzahl von Seitenkollisionen durch Forderung nach einem **AEB Intersection** für M0-Fahrzeuge

VDI-Vorschlag: Neue Fahrzeugklasse M0



VDI-Ansatz für die Zulassung der M0-Klasse

Ergebnisse der Unfallanalyse	Definierte Sicherheitsziele
Mehr Unfälle mit Fußgänger und Radfahrer als M1	R127 muss erfüllt werden und AEB Pedestrian als Serie im M0-Fahrzeug
Frontalunfälle : Kollisionsgeschwindigkeit geringer als M1 und Anzahl geht im überwiegend urbanen Verkehr zurück	R94 (offset) und R137 (full frontal) → je -10 km/h AEB auch Serie im M0-Fahrzeug (adressiert die Fahrzeuginkompatibilität aufgrund geringem Gewicht)
Seitliche Unfälle : Kollisionsgeschwindigkeit geringer als M1, aber Häufigkeit steigt	R95 (MDB) → -10 km/h AEB Intersection als Serie im M0-Fzg. fordern wegen höherer Anzahl ggü. M1
Vergleichbare Relevanz von Baumunfällen oder Pfahlanprall, im Stadtbetrieb aber ein weniger relevantes Thema wegen geringer Unfallschwere	R135 → Pfahlanprall mit 25 km/h (statt 32 km/h) ESP auch Serie im M0-Fahrzeug