



GDV
Unfallforschung
der Versicherer

FORSCHUNGSBERICHT NR. 103

Unfall- geschehen von Elektro- und Verbrenner- Pkw im Vergleich

Gerd Müller
Isabel Schmidt
Michael Minge
Matthias Kühn
Jenö Bende



im Auftrag der Unfallforschung der Versicherer (UDV)
Forschungsbericht Nr. 103

Unterschiede im Unfallgeschehn von batterieelektrischen Pkw und Pkw mit Verbrennungsmotor

Bearbeitet durch:

Gesellschaft für Kraftfahrzeugtechnik Berlin - GKB UG



Dr.-Ing. Gerd Müller
Isabel Schmidt, B. Sc.
Prof. Dr.-Ing. Michael Minge

Projektleitung bei der UDV:

Dr. Matthias Kühn

Herausgeber

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
Unfallforschung der Versicherer
Wilhelmstraße 43 / 43 G, 10117 Berlin
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin
Tel. 030 / 20 20 - 50 00, Fax 030 / 20 20 - 60 00
www.gdv.de, berlin@gdv.de
www.udv.de, unfallforschung@gdv.de
www.youtube.com/unfallforschung

Redaktion

Jenö Bende

Bildnachweis

Die Nutzungsrechte der in dieser Broschüre abgebildeten Fotos liegen bei der Unfallforschung der Versicherer

Erschienen

05/2026

ISBN-Nr.:

978-3-948917-34-0

Alle Ausgaben

auf UDV.de

Disclaimer

Die Inhalte wurden mit der erforderlichen Sorgfalt erstellt. Gleichwohl besteht keine Gewährleistung auf Vollständigkeit, Richtigkeit, Aktualität oder Angemessenheit der darin enthaltenen Angaben oder Einschätzungen.

Inhalt

1.	Einleitung.....	5
2.	Stand der Forschung und Technik.....	7
2.1.	Vergleich von Zulassungen, Leergewicht und Antriebsleistung.....	7
2.2.	Allgemeine Untersuchungen zum Risiko von E- Fahrzeugen im Unfallgeschehen	12
2.2.1.	Brandverhalten.....	12
2.2.2.	Batterieschutz	13
2.2.3.	Unfälle mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern	14
2.2.4.	Unfallstatistiken	16
2.2.5.	Pedal Fehlbedienung	18
2.2.6.	Crash-Kompatibilität.....	22
2.2.7.	Fahrerverhalten.....	24
2.3.	Zusammenfassung.....	26
3.	Analyse der Unfalldaten der UDB.....	28
3.1.	Beschreibung der Datenlage.....	29
3.2.	Auswertung der Unfalldaten	30
3.2.1.	Allgemeine Auswertung der Unfalldaten	31
3.2.2.	Detaillierte Unfallanalyse für ausgewählte Kollisionsszenarien.....	37
3.3.	Detaillierte Auswertung von Pkw-Pkw-Unfällen	54
3.3.1.	Analysen zur Unfallfolgeschwere bei älteren und modernen Fahrzeugen	55
3.3.2.	Vergleich von Beschädigungsgraden	59
3.3.3.	Vergleich von Verletzungsschweren.....	60
3.3.4.	Vergleich des Beschädigungsgrads nach Fahrzeugsegmenten.....	61
3.3.5.	Vergleich der Verletzungsschwere nach Fahrzeugsegmenten.....	64
3.3.6.	Analyse des Partnerschutzes bei Pkw-Pkw-Kollisionen.....	67

3.3.7.	Unfälle mit Pedal Fehlbedienung.....	70
3.3.8.	Vergleiche zum Fahrerverhalten	74
3.4.	Detaillierte Auswertung von Pkw-VRU-Unfällen	76
3.4.1.	Einfluss der reduzierten Wahrnehmbarkeit auf das Unfallgeschehen .	76
3.5.	Zusammenfassung.....	79
4.	Nutzerbefragung.....	81
4.1.	Zielsetzung und Fragestellungen	81
4.2.	Aufbau und Auswertung der Online-Befragung	81
4.3.	Erhebungszeitraum und Stichprobe	82
4.4.	Ergebnisse der Online-Befragung	84
4.5.	Zwischenfazit zur Online-Nutzerbefragung	93
4.5.1.	Beantwortung der Fragestellung	93
4.5.2.	Limitationen der Online-Nutzerbefragung	96
5.	Zusammenfassung und Bewertung der Forschungsergebnisse.....	98
5.1.	Zentrale Projektaussagen	99
5.2.	Fazit des Forschungsprojekts	102
6.	Literaturverzeichnis	105
7.	Anhang.....	109

1. Einleitung

Die zunehmende Verbreitung batterieelektrischer Fahrzeuge (Battery Electric Vehicles, BEV, hier auch als Elektrofahrzeuge beschrieben) stellt eine zentrale Säule der globalen Verkehrswende dar. Aktuelle Zulassungszahlen verdeutlichen den Erfolg dieser Strategie: Im Jahr 2025 entfielen rund 20 % aller in Deutschland neu zugelassenen Personenkraftwagen auf rein batterieelektrische Fahrzeuge. Auch im Gesamtbestand der in Deutschland zugelassenen Pkw nehmen BEVs inzwischen eine relevante Rolle ein; etwa 3,3 % (rund 1,65 Millionen Fahrzeuge) aller Fahrzeuge werden derzeit batterieelektrisch angetrieben. Mit dem wachsenden Anteil dieser Fahrzeugklasse ist zwangsläufig davon auszugehen, dass batterieelektrische Fahrzeuge künftig zunehmend im realen Unfallgeschehen vertreten sein werden. Vor diesem Hintergrund stellt sich die zentrale Forschungsfrage, ob und in welcher Weise sich das Unfallgeschehen von BEVs von dem konventionell angetriebener Fahrzeuge unterscheidet. Dieser Fragestellung widmet sich der vorliegende Forschungsbericht.

Als lokal emissionsfreie Alternative zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor bieten batterieelektrische Fahrzeuge nicht nur ökologische Vorteile, sondern gehen zugleich mit neuen sicherheitsrelevanten Fragestellungen einher. Aufgrund spezifischer technischer Eigenschaften – darunter ein im Vergleich häufig höheres Fahrzeuggewicht, die unmittelbare und hohe Leistungsentfaltung des elektrischen Antriebs sowie eine veränderte akustische Wahrnehmbarkeit im Fahrbetrieb – können sich BEVs im Unfallgeschehen potenziell anders verhalten als konventionelle Fahrzeuge. Diese Besonderheiten betreffen sowohl die Fahrdynamik als auch die Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmer:innen und könnten sich auf Unfallursachen, -abläufe und -folgen auswirken.

In der aktuellen wissenschaftlichen Diskussion stehen insbesondere Fragen zur Unfallhäufigkeit, zur Schwere von Kollisionen, zur strukturellen und funktionalen Sicherheit der Hochvoltbatterie sowie zu den Einflüssen technischer und menschlicher Faktoren im Fokus. Während sich einzelne Studien bereits mit spezifischen Teilaspekten, etwa dem Bremsverhalten, der Fahrzeugkompatibilität bei Kollisionen oder dem Einfluss künstlicher Fahrgeräusche (z. B. Acoustic Vehicle Alerting Systems, AVAS), auseinandersetzen, fehlt bislang eine systematische und umfassende vergleichende Analyse des realen Unfallgeschehens von Elektrofahrzeugen und Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor auf Basis belastbarer empirischer Daten. Insbesondere die Auswirkungen von BEVs auf andere Verkehrsteilnehmer:innen, vor allem auf ungeschützte Gruppen wie Fußgänger:innen und Radfahrer:innen, sind bislang nur unzureichend erforscht.

Der vorliegende Forschungsbericht dokumentiert die Ergebnisse einer wissenschaftlichen Untersuchung zur Frage, ob sich das Unfallgeschehen von batterieelektrischen Fahrzeugen signifikant von dem konventionell angetriebener Pkw unterscheidet. Hierzu wurde zunächst auf Grundlage der Unfalldatenbank der Versicherer (UDB) eine umfassende In-Depth-Analyse des Unfallgeschehens beider

Antriebsarten durchgeführt. Für diesen Zweck wurden jeweils rund 250 Unfälle mit batterieelektrischen Fahrzeugen beziehungsweise mit Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor gezielt ausgewählt, detailliert erhoben und in die UDB integriert. In einem anschließenden Schritt erfolgte eine vergleichende Analyse der beiden Unfallkollektive unter Berücksichtigung verschiedener Unfall- und Fahrzeugmerkmale.

Ergänzend zur Unfallanalyse wurde eine umfangreiche Nutzerbefragung durchgeführt, in deren Rahmen sowohl Fahrer:innen von batterieelektrischen Fahrzeugen als auch Fahrer:innen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor zu ihrem Fahrverhalten, ihren Wahrnehmungen sowie zu ihren Handlungsmotiven befragt wurden. Die Ergebnisse der Befragung wurden anschließend mit den Erkenntnissen aus der Unfallanalyse zusammengeführt und vergleichend ausgewertet, um mögliche Zusammenhänge zwischen subjektivem Verhalten und objektivem Unfallgeschehen zu identifizieren.

Abschließend werden die zentralen Ergebnisse der Untersuchung zusammengefasst, kritisch bewertet und in den bestehenden Forschungskontext eingeordnet. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen als Grundlage für weiterführende Forschungsarbeiten, die erforderlich sind, um offene Fragestellungen im Bereich der Verkehrssicherheit batterieelektrischer Fahrzeuge vertieft zu untersuchen und daraus gegebenenfalls geeignete Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit abzuleiten.

2. Stand der Forschung und Technik

In diesem Kapitel wird der aktuelle Wissensstand zum Unfallgeschehen von Elektrofahrzeugen dargestellt. Berücksichtigt werden sowohl allgemeine Erkenntnisse als auch Themenfelder, die im Zusammenhang mit dieser Antriebsart wiederholt diskutiert werden. Zunächst werden aktuelle Zulassungszahlen von Elektrofahrzeugen denen konventioneller Fahrzeuge gegenübergestellt. Darauf aufbauend erfolgt ein Vergleich spezifischer Fahrzeugparameter, insbesondere hinsichtlich Masse und Leistung. Anschließend werden bisher vorliegende Untersuchungen zum Unfallgeschehen erläutert, die Elektrofahrzeuge explizit in den Fokus stellen.

Während einige Themen bereits zu Projektbeginn im Bewusstsein waren und entsprechend gezielt berücksichtigt wurden – etwa die häufig thematisierte vermeintliche Brandgefahr von Elektrofahrzeugen –, ergaben sich weitere inhaltliche Schwerpunkte erst im Verlauf des Projekts. Diese entwickelten sich aus der detaillierten Analyse der Unfalldaten sowie aus Befragungen von Nutzer:innen von Elektrofahrzeugen. Ein Beispiel hierfür ist das potenziell erhöhte Risiko von Pedalfehlbedienungen.

2.1. Vergleich von Zulassungen, Leergewicht und Antriebsleistung

Die Datengrundlage der Analyse basiert auf den Neuzulassungszahlen des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA), die für den Zeitraum 2017 bis 2024 herangezogen wurden. Diese Zahlen bilden die Grundlage für die Auswahl der betrachteten Fahrzeugmodelle und deren jeweiligen Marktanteile. In den vergangenen Jahren hat die Zahl der neu zugelassenen Elektrofahrzeuge in Deutschland deutlich zugenommen. Während im Jahr 2017 lediglich rund 25.000 Elektrofahrzeuge neu zugelassen wurden, lag die Zahl im Jahr 2023 bereits bei über 520.000 Fahrzeugen (siehe Abbildung 1). Damit hat sich der Anteil batterieelektrischer Fahrzeuge an den Neuzulassungen innerhalb von sieben Jahren mehr als verzwanzigfach. Dieser Anstieg spiegelt sowohl den technologischen Wandel als auch die politisch-ökonomische Förderung der Elektromobilität wider. Der Anteil lag 2020 bereits bei knapp 7 % aller Neuzulassungen, 2022 bei etwa 18 %, bevor 2023 der bisherige Höchstwert erreicht wurde. Damit verschiebt sich die Struktur des deutschen Fahrzeugmarkts langsam in Richtung hybrider und rein elektrischer Antriebe.

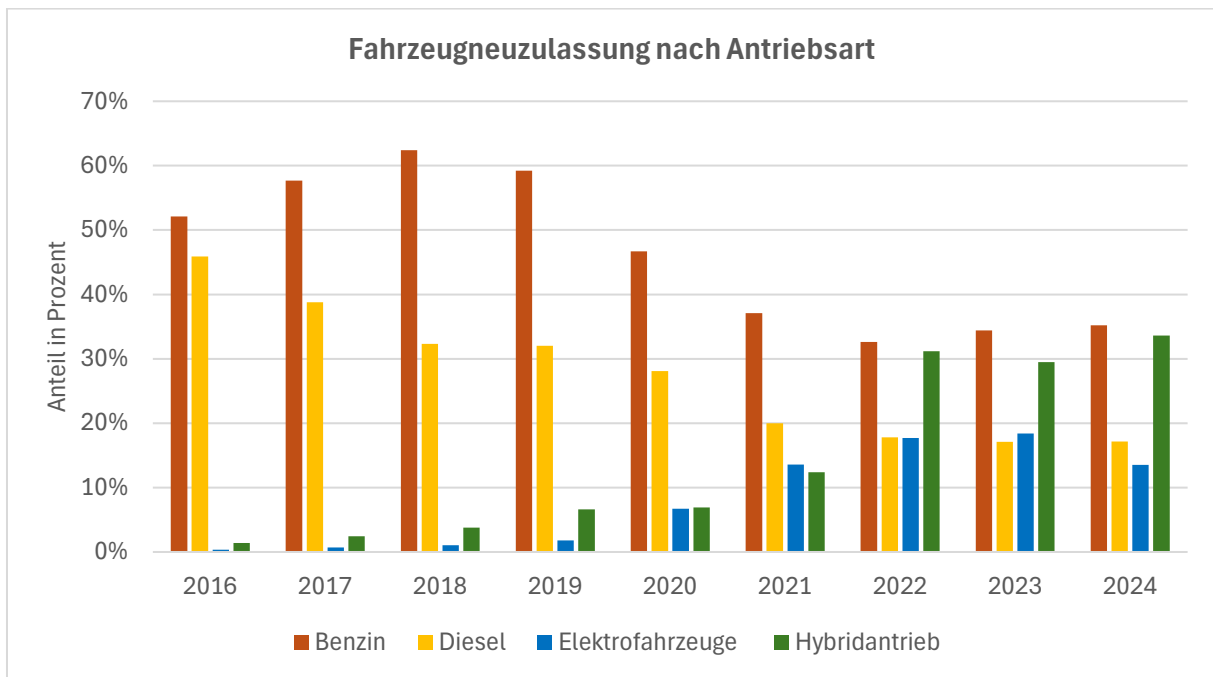


Abbildung 1: Entwicklung der Neuzulassungen für verschiedene Antriebsarten

Entsprechend zeigt sich für den Gesamtbestand ebenfalls, dass der Anteil batterieelektrischer Fahrzeuge weiter steigt (Abbildung 2). Dieser betrug Ende 2024 bereits 3 %.

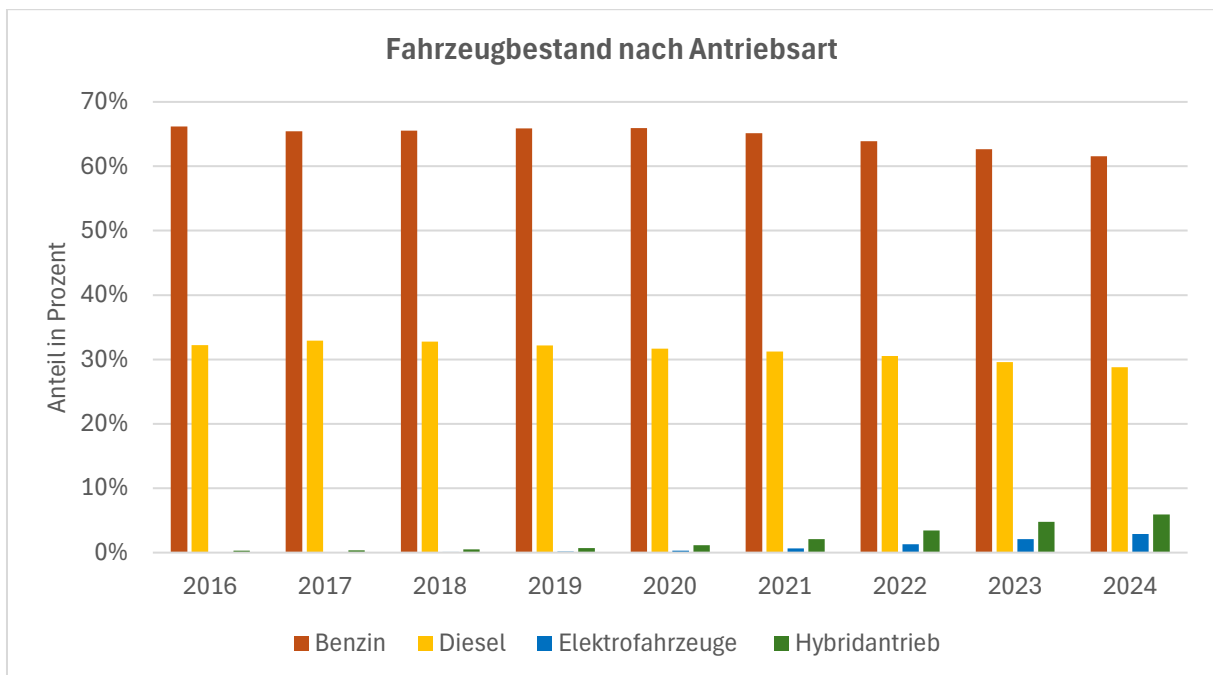


Abbildung 2: Entwicklung des Fahrzeugbestands für verschiedene Antriebsarten

Neben der Marktentwicklung zeigen sich auch deutliche technische Unterschiede und Trends zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen. Besonders auffällig ist die Entwicklung des durchschnittlichen Fahrzeuggewichts (Abbildung 3). Während für Verbrennerfahrzeuge die Betrachtung der Top-10-Modelle¹ eine ausreichend hohe Marktabdeckung gewährleistet, ist diese Vorgehensweise bei Elektrofahrzeugen nicht gleichermaßen geeignet. Aufgrund der im Vergleich geringeren und stärker fragmentierten Zulassungszahlen würden die Top-10-Elektrofahrzeuge nur einen deutlich kleineren Anteil des Gesamtmarktes abbilden. Um eine vergleichbare Repräsentativität der betrachteten Fahrzeugkollektive zu erreichen, wurden für Elektrofahrzeuge daher die Top-20-Modelle herangezogen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass ein ähnlich großer Anteil der Neuzulassungen in die Analyse einfließt und Verzerrungen durch eine zu geringe Stichprobenabdeckung vermieden werden. Das Gewicht der Top-10-Verbrennerfahrzeuge bleibt im Zeitraum 2017 bis 2024 relativ stabil zwischen etwa 1.440 kg und 1.510 kg, während die Top-20-Elektrofahrzeuge eine deutliche Gewichtszunahme von rund 1.500 kg im Jahr 2017 auf knapp 2.000 kg im Jahr 2024 verzeichnen. Dieser Trend resultiert vor allem aus den großen Traktionsbatterien, verstärkten Karosseriestrukturen und umfangreichen Sicherheits- und Komfortsystemen, die das Gesamtgewicht signifikant erhöhen (Larsson et al., 2017).

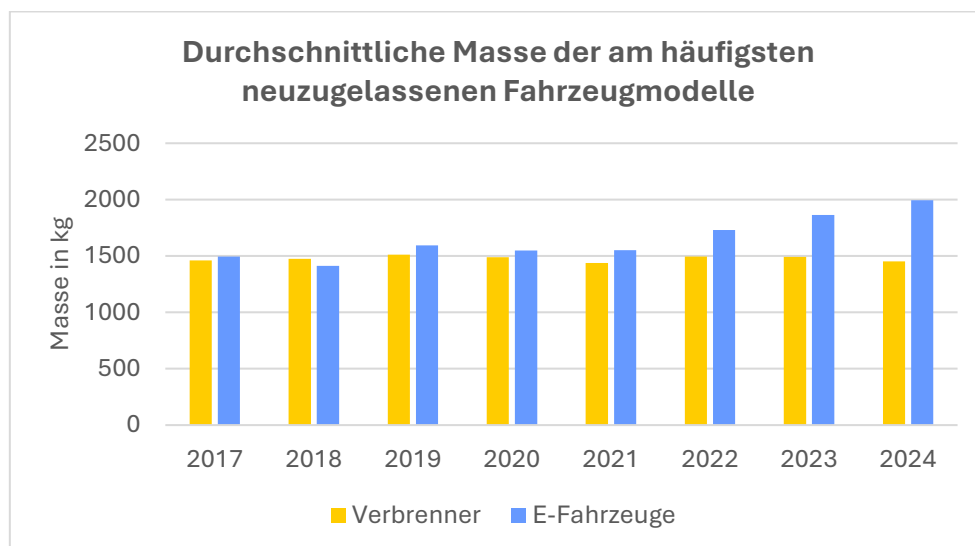


Abbildung 3: Durchschnittliche Fahrzeugmasse neuzugelassener Modelle

Zur Ermittlung der Fahrzeuggewichte wurden ergänzende in den jeweiligen technischen Datenblättern der Hersteller durchgeführt. Da sich das Leergewicht eines

¹ die zehn meist zugelassenen Modelle

Modells in Abhängigkeit von Motorisierung, Ausstattung und Antriebskonfiguration unterscheidet, wurde jeweils ein Mittelwert der angegebenen Gewichtsspannen gebildet, um ein repräsentatives Durchschnittsgewicht der Modellreihe für das Jahr 2024 zu erhalten.

Das gleiche Vorgehen wurde bei der Leistungsangabe angewendet. Da die Leistung je nach Modellvariante und Ausstattung variiert, wurde der mittlere Leistungswert der Modellreihe berücksichtigt. Bei Elektrofahrzeugen ist dabei zu beachten, dass sich die im Datenblatt angegebene Spitzenleistung von der sogenannten Nenndauerleistung unterscheidet. Während die Spitzenleistung die kurzfristig abrufbare Maximalleistung des Antriebs beschreibt, kennzeichnet die Nenndauerleistung den über längere Zeiträume verfügbaren Leistungswert. Da verlässliche Nenndauerleistungsangaben nicht für alle Modelle verfügbar sind, wurde in dieser Analyse die Spitzenleistung als Vergleichsgröße verwendet, um eine einheitliche Datengrundlage zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen zu gewährleisten.

Auch bei der Leistungsentwicklung zeigt sich ein klarer Unterschied. Während sich die durchschnittliche Motorleistung der meistverkauften Verbrennerfahrzeuge seit 2017 nur geringfügig verändert hat (rund 110 kW \pm 7 kW // 150 PS \pm 10 PS), stieg die Leistung der Top-20-Elektrofahrzeuge im selben Zeitraum deutlich an, von etwa 123 kW (167 PS) im Jahr 2017 auf fast 213 kW (290 PS) im Jahr 2024 (Abbildung 4).

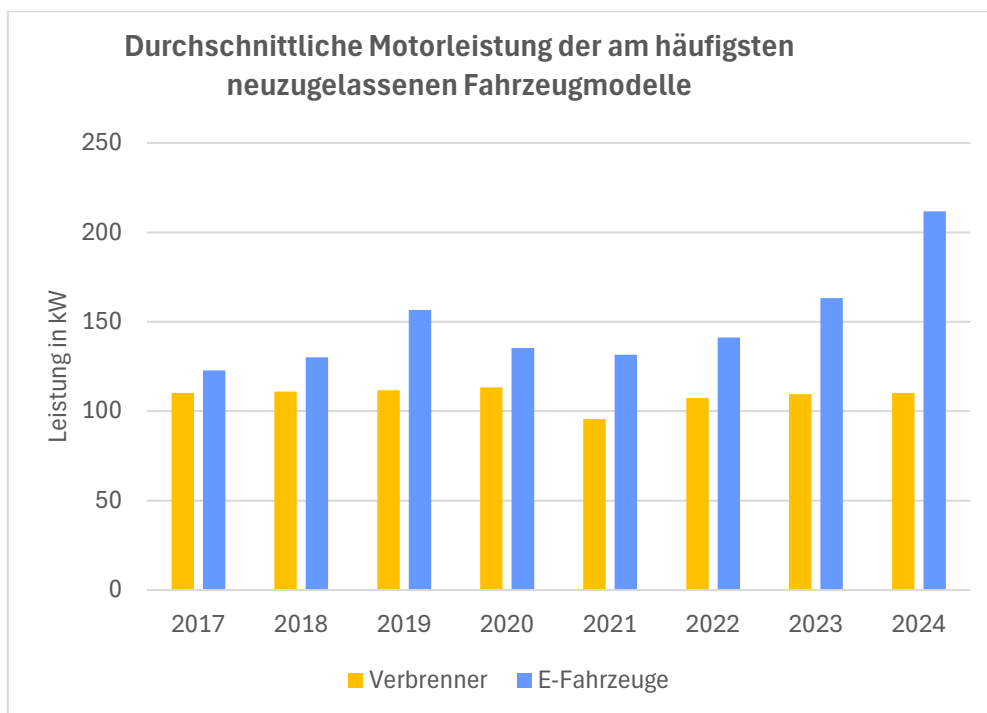


Abbildung 4: Mittlere Motor-Spitzenleistung neuzugelassener Fahrzeugmodelle

Die Berechnung des gewichteten Durchschnittsgewichts und der Durchschnittsleistung erfolgte anschließend auf Basis des jeweiligen Modellanteils an den Gesamtzulassungen. Hierzu wurde das Produkt aus Zulassungszahl und Mittelwert (Gewicht bzw. Leistung) jedes Modells gebildet und durch die Summe aller betrachteten Neuzulassungen dividiert. Auf diese Weise ergibt sich ein zulassungsgewichteter Mittelwert, der die Marktstruktur realistischer abbildet als ein ungewichteter Durchschnitt.

Die Auswertung der Zulassungs- und Fahrzeugdaten zeigt deutlich, dass sich der Fahrzeugmarkt in Deutschland in den vergangenen Jahren spürbar in Richtung Elektromobilität verschoben hat. Elektrofahrzeuge haben ihren Anteil an den Neuzulassungen innerhalb weniger Jahre vervielfacht und sind damit längst zu einem relevanten Bestandteil des Straßenverkehrs geworden. Mit dieser Entwicklung gehen jedoch auch signifikante technische Veränderungen einher, die mittel und langfristig Auswirkungen auf das Unfallgeschehen und die Verkehrssicherheit haben können. So weisen die aktuellen Trends darauf hin, dass Elektrofahrzeuge im Durchschnitt deutlich schwerer und leistungstärker sind als vergleichbare Verbrennerfahrzeuge. Ein Trend, der sich auch in den USA bestätigt (Galvin, 2022). Diese Entwicklung ist technisch nachvollziehbar, sie resultiert aus den hohen Batteriegewichten sowie dem Effizienz- und Beschleunigungsvorteil elektrischer Antriebe, sie verändert jedoch auch die physikalischen und fahrdynamischen Eigenschaften der Fahrzeuge. Höhere Massen und höheren Kollisionsenergien, während hohe Leistungsreserven und unmittelbare Drehmomententfaltung neue Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme und das Fahrverhalten stellen.

Insgesamt verdeutlichen die vorliegenden Trends, dass die zunehmende Elektrifizierung des Fahrzeugbestands nicht nur eine technologische, sondern auch eine sicherheitsrelevante Transformation darstellt. Für eine fundierte Bewertung zukünftiger Unfallrisiken ist es daher entscheidend, die beobachteten Veränderungen in Fahrzeuggewicht, Leistung und Nutzungskontext systematisch in die Verkehrssicherheitsforschung einzubeziehen. Dies gilt insbesondere für die Analyse realer Unfallstatistiken, um zu prüfen, ob und in welchem Umfang sich diese technischen Unterschiede in veränderten Unfallmustern oder Folgen widerspiegeln.

2.2. Allgemeine Untersuchungen zum Risiko von E-Fahrzeugen im Unfallgeschehen

Die wissenschaftliche Beschäftigung mit Sicherheitsaspekten von Elektrofahrzeugen hat in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. Im Zentrum steht die Frage, ob Elektrofahrzeuge ein verändertes oder erhöhtes Unfall- bzw. Gefährdungspotenzial aufweisen. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei Themenfeldern wie Brandverhalten, Batterieschutz und allgemeiner Verkehrssicherheit. Im Folgenden wird der aktuelle Forschungsstand zu diesen Aspekten zusammengefasst.

2.2.1. Brandverhalten

Das Brandverhalten von Elektrofahrzeugen gehört zu den am intensivsten untersuchten Themenbereichen der sicherheitsrelevanten Elektromobilitätsforschung. Dies ist insbesondere auf die Hochvoltbatterie zurückzuführen, die neue technische Risiken sowie erhöhte Anforderungen an den strukturellen Schutz stellt. In (Höhne et al., 2012) wird betont, dass die grundlegenden Sicherheitsprinzipien von Elektrofahrzeugen durch spezifische Normen und technische Standards abgesichert werden müssen, insbesondere mit Blick auf Hochvoltbatterien und elektrische Sicherheitssysteme. Klare regulatorische Vorgaben werden dabei als wesentlicher Beitrag zur Minimierung technischer Fehlfunktionen und zur Stärkung des Nutzervertrauens bewertet.

Bei (Larsson et al., 2017) werden die strukturellen Sicherheitsaspekte untersucht und es zeigt sich, dass die Integration der Batterie neue Herausforderungen für den Crash- und den Feuerschutz mit sich bringt. Relevante Einflussfaktoren umfassen externe Deformationen, interne Kurzschlüsse sowie Über- und Unterladung. Die Autor:innen weisen zugleich darauf hin, dass zum Zeitpunkt ihrer Untersuchung nur wenige statistische Daten zu Brandereignissen bei Elektrofahrzeugen verfügbar waren und Daten insbesondere zu Alterungseffekten von Batterien und Leistungselektronik vollständig fehlten. Auch Studien aus den Jahren 2015 bis 2020 bestätigen die weiterhin eingeschränkte Datenlage (Chen et al., 2015; Sun, Bisschop, Niu & Huang, 2020).

Trotz der begrenzten statistischen Grundlage zeigen einzelne Fahrzeuganalysen – etwa am Beispiel des Nissan Leaf – ein teilweise geringeres Brandpotenzial von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor (Larsson et al.,

2017). Nach aktueller Datenlage kann diese Tendenz bestätigt werden: Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV, 2024) kommt zu dem Ergebnis, dass Elektrofahrzeuge keine erhöhte Brandgefahr im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen aufweisen.

In der öffentlichen und medialen Diskussion standen lange Zeit potenzielle Brandrisiken im Vordergrund, häufig in Verbindung mit Berichten über vermeintlich spontane Fahrzeugbrände. Mittlerweile hat sich jedoch ein faktenbasierter Konsens etabliert, dem zufolge Elektrofahrzeuge kein höheres Brandrisiko darstellen als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor.

2.2.2. Batterieschutz

Ein zentraler Aspekt im Zusammenhang mit der Brandgefahr von Elektrofahrzeugen ist der Schutz der Hochvoltbatterie. Als energetisches Kernsystem des Fahrzeugs stellt die Batterie zugleich eine potenzielle Gefahrenquelle dar, insbesondere wenn sie mechanisch beschädigt, thermisch überlastet oder elektrisch fehlgesteuert wird. Solche Einwirkungen können zu einem sogenannten Thermal Runaway führen, bei dem eine Kettenreaktion innerhalb einzelner Batteriezellen eine unkontrollierte Wärmeentwicklung auslöst und im Extremfall zu Bränden oder Explosionen führt (Sun et al., 2020).

Vor diesem Hintergrund konzentriert sich ein wesentlicher Teil der sicherheitsbezogenen Forschung auf präventive Schutzmaßnahmen im Aufbau und Management von Batteriesystemen. Dazu zählen mechanische Schutzstrukturen des Batteriegehäuses, die das Eindringen von Fremdkörpern oder Deformationen infolge von Kollisionen verhindern sollen, sowie thermische Schutzkonzepte, die die Ausbreitung lokaler Überhitzungen zwischen Zellen begrenzen (Fraunhofer IFF, 2021). Ergänzend werden fortschrittliche Batteriemanagementsysteme (BMS) entwickelt, die Parameter wie Zellspannung, Temperatur und Stromfluss kontinuierlich überwachen und bei detektierten Anomalien automatische Abschalt- oder Schutzmaßnahmen einleiten.

Aktuelle Forschungsarbeiten zeigen, dass die technologischen Fortschritte im Bereich des Batterieschutzes erheblich sind, die Implementierungen jedoch je nach Fahrzeugarchitektur und Zellchemie variieren (Pöppel-Decker et al., 2021). Der Schwerpunkt vieler bisheriger Studien liegt auf experimentellen Brandversuchen und

materialwissenschaftlichen Analysen, während empirische Erkenntnisse aus realen Verkehrsunfällen bislang nur in begrenztem Umfang vorliegen.

2.2.3. Unfälle mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern

Mit der zunehmenden Verbreitung von Elektrofahrzeugen rückt die Sicherheit vulnerabler Verkehrsteilnehmer:innen, insbesondere von Fußgänger:innen und Radfahrer:innen, verstärkt in den Fokus. Die im Vergleich zu Verbrennerfahrzeugen deutlich geringere Geräuscentwicklung führt zu veränderten Wahrnehmungsbedingungen im Straßenverkehr und stellt neue Herausforderungen für die Interaktion zwischen Fahrzeugen und ungeschützten Verkehrsteilnehmenden dar. In Großbritannien wurde für den Zeitraum 2013 bis 2017 ein bis zu dreifach erhöhtes Unfallrisiko von Hybridfahrzeugen im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor festgestellt; reine Elektrofahrzeuge konnten aufgrund unzureichender Daten nicht berücksichtigt werden (Edwards, Moore & Higgins, 2024). Ähnliche Ergebnisse zeigt eine Untersuchung der United States National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), nach der Elektrofahrzeuge zu 37 % häufiger an Unfällen mit Fußgänger:innen beteiligt sind (Chen et al., 2015).

Ergänzend liefern Befragungsstudien Hinweise auf Wahrnehmungsdefizite im Alltag: In einer Untersuchung mit mehr als 400 befragten Fußgänger:innen in Mumbai gaben über 80 % an, Elektrofahrzeuge nur schwer akustisch wahrnehmen zu können; mehr als 70 % sprachen sich für ein eindeutiges akustisches Warnsignal aus (Patil & Khairnar, 2021). Eine vergleichbare Studie in Málaga kam zu ähnlichen Ergebnissen (Pardo-Ferreira et al., 2020). Die berichteten Risikosituationen traten überwiegend bei niedrigen Geschwindigkeiten im innerstädtischen Bereich sowie beim Queren von Straßen oder Parkflächen auf. Bereits in diesen Studien wird darauf hingewiesen, dass die Wirksamkeit bestehender akustischer Warnsysteme überprüft werden sollte. Dies deutet darauf hin, dass entsprechende Systeme zu diesem Zeitpunkt bereits in ersten Elektrofahrzeugen verfügbar waren.

Zur Kompensation akustischer Defizite wurden akustische Warnsysteme wie das Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS) eingeführt. Die EU-Verordnung Nr. 540/2014 definiert AVAS als ein akustisches Warnsystem für Hybrid- und Elektrofahrzeuge, das andere Verkehrsteilnehmende auf die Fahrzeugannäherung aufmerksam machen soll. Besonders im Geschwindigkeitsbereich bis etwa 30 km/h, in dem Verbrennerfahrzeuge überwiegend durch Antriebsgeräusche wahrgenommen werden,

fehlen diese Reize bei Elektrofahrzeugen weitgehend. Dies betrifft insbesondere blinde und sehbehinderte Personen, für die akustische Signale eine zentrale Orientierungsfunktion erfüllen. Seit Juli 2021 besteht für Hersteller die Verpflichtung, neue Hybrid- und Elektrofahrzeuge mit AVAS auszustatten, das den Anforderungen der EU-Verordnung Nr. 540/2014 sowie der UNECE-Regelung Nr. 138 entspricht. Ein Warnsignal im Stillstand ist nach UNECE R 138 nicht verpflichtend; zudem entfällt die Pflicht zur Installation, wenn das Fahrzeug bereits ein definiertes Mindestgeräuschniveau überschreitet. Auch besteht keine Nachrüstpflicht für Fahrzeuge mit älterer Typgenehmigung.

Automobilhersteller können die klangliche Ausgestaltung des AVAS innerhalb bestimmter regulatorischer Rahmenbedingungen frei gestalten. Für die Bewertung der Wirksamkeit von AVAS ist daher entscheidend, Studien in ihrem zeitlichen Kontext zur schrittweisen Einführung der Systeme zu betrachten. Ein aktueller Bericht der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen weist für den Zeitraum 2019 bis 2021 weiterhin ein erhöhtes Unfallrisiko von Elektrofahrzeugen im Zusammenhang mit vulnerablen Verkehrsteilnehmer:innen im innerstädtischen Bereich aus (Pöppel-Decker et al., 2021). Zur Bewertung der Wirksamkeit von Acoustic Vehicle Alerting Systems (AVAS) sind sowohl Analysen realer Unfalldaten als auch kontrollierte Proband:innenstudien auf Basis realitätsnaher Versuchsaufbauten erforderlich. Einen wichtigen Beitrag in diesem Kontext leistete eine vom GDV Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV, 2022) durchgeführte Studie, in der erstmals mithilfe eines audiovisuellen Virtual-Reality-Systems die Wahrnehmung von Elektrofahrzeugen mit und ohne AVAS aus der Perspektive von Fußgänger:innen untersucht wurde. Im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor konnten dabei visuelle und akustische Reize realitätsnah simuliert und systematisch variiert werden, um deren Einfluss auf die Einschätzung von Annäherung und Fahrzeugdynamik in Straßenüberquerungssituationen zu analysieren.

Bei Fahrzeugen mit konstanter Geschwindigkeit zeigten sich kaum Unterschiede zwischen den Antriebsarten. Die Kontaktzeitschätzungen der Fußgänger:innen waren in allen Fällen vergleichbar und weitgehend korrekt, ebenso das Querungsverhalten. Unterschiede in den Fahrgeräuschen spielten in diesen Situationen keine wesentliche Rolle.

Deutliche Unterschiede traten jedoch bei beschleunigenden Fahrzeugen auf. Elektrofahrzeuge wurden hinsichtlich ihrer Kontaktzeit signifikant überschätzt, während die Einschätzungen beim Fahrzeug mit Verbrennungsmotor deutlich präziser ausfielen. Diese Fehleinschätzung führte dazu, dass Fußgänger:innen vor beschleunigenden Elektrofahrzeugen sowohl mit als auch ohne AVAS häufiger riskante Querungsentscheidungen trafen. Die Kollisionswahrscheinlichkeit lag bei hoher Beschleunigung um bis zu zehn Prozent höher als beim Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. Zwar reduzierte ein AVAS diese Effekte, erreichte jedoch nicht das Sicherheitsniveau des Verbrennerfahrzeugs.

Insgesamt zeigt die Forschung, dass sich die Diskussion zunehmend von der Frage der Einführung akustischer Warnsysteme hin zu deren optimaler Ausgestaltung verlagert hat. Dabei rücken Aspekte wie Geräuschcharakteristik, psychoakustische Erkennbarkeit, Umgebungsgeräuschpegel und die Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmenden in den Mittelpunkt (Fiebig, 2020; GDV, 2022; Pöppel-Decker et al., 2021). Die bislang vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass die bloße technische Präsenz eines AVAS nicht zwangsläufig eine erhöhte Verkehrssicherheit gewährleistet. Entscheidend sind vielmehr die situative Wahrnehmbarkeit, die intuitive Interpretierbarkeit der Signale sowie deren Integration in komplexe urbane Geräuschumgebungen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Sicherheitsforschung zu Elektrofahrzeugen ein multidimensionales Bild zeichnet. Während technische Schutzkonzepte – etwa im Bereich der Batterie- und Systemauslegung – weit entwickelt sind, eröffnen Unterschiede im Fahrverhalten, in der Fahrzeugmasse und insbesondere in der akustischen Wahrnehmbarkeit neue Risikodimensionen. Die wissenschaftliche Diskussion fokussiert sich zunehmend auf die Frage, wie technologische Innovationen wie AVAS oder Fahrerassistenzsysteme nicht nur technische, sondern auch interaktionsbezogene Sicherheit gewährleisten können. Die aktuelle Studienlage bietet noch weitere, sehr spezifische Forschungen im Bereich der Elektromobilität, die für dieses Forschungsprojekt jedoch nicht relevant sind.

2.2.4. Unfallstatistiken

Ein wesentlicher Teil der bisherigen Forschung zur Verkehrssicherheit von Elektrofahrzeugen basiert auf modellgestützten Analysen, Simulationen und Befragungen, während empirische Untersuchungen auf Grundlage realer Unfalldaten

bislang nur begrenzt vorliegen. Nur wenige Arbeiten – darunter (Chen et al., 2015) oder (Edwards et al., 2024) – greifen auf repräsentative nationale Unfallstatistiken zurück. Diese Studien sind besonders bedeutsam, weil sie auf tatsächlich beobachteten Ereignissen beruhen und damit ein wesentlich belastbareres Bild des Unfallgeschehens vermitteln als subjektive Einschätzungen oder rein explorative Untersuchungen.

Der Zugang zu konsistenten und fallzahlstarken Unfallstatistiken mit spezifischem Fokus auf Elektrofahrzeuge stellt weiterhin eine zentrale methodische Herausforderung dar. Elektrofahrzeuge sind im Gesamtbestand nach wie vor unterrepräsentiert, was zu geringen Fallzahlen und eingeschränkter statistischer Aussagekraft führt. Zudem erfassen viele amtliche Datenquellen die Antriebsart nicht systematisch, was eine eindeutige Identifikation von Elektrofahrzeugen erschwert. Diese Einschränkungen führen dazu, dass zahlreiche Studien auf Wahrnehmungsdaten und Befragungen zurückgreifen, um Sicherheitsaspekte zu beurteilen. Solche Ansätze unterliegen jedoch potenziellen Verzerrungen, da sie individuelle Einschätzungen und Erfahrungen abbilden und nicht notwendigerweise das reale Unfallgeschehen reflektieren. Sie müssen daher stets in Verbindung mit empirischen Daten interpretiert werden.

Wie bereits hervorgehoben, ist die Studienlage auf Basis realer Unfalldaten weiterhin begrenzt. Eine der wenigen umfassenden empirischen Arbeiten stammt von (McDonnell et al., 2023), die auf Grundlage umfangreicher Telematik- und Versicherungsdaten von 14.642 Fahrzeugen aus den Niederlanden Unfallrisiken von Elektro-, Hybrid- und Verbrennerfahrzeugen systematisch verglichen. Die Autor:innen identifizieren Hinweise auf eine erhöhte Häufigkeit selbstverschuldeter Unfälle bei Elektrofahrzeugen, obwohl diese tendenziell weniger abrupt beschleunigen und bremsen und eine geringere durchschnittlichen Fahrleistung aufweisen. Es zeigt sich, dass das Fahrerverhalten von Elektrofahrzeugen insgesamt defensiver ist, die Unfallwahrscheinlichkeit jedoch trotzdem höher ist als bei Verbrennerfahrzeugen. Zusätzlich liegen die Reparaturkosten bei Elektrofahrzeugen durchschnittlich 6,7 % höher als bei Verbrennerfahrzeugen. Die Studie liefert damit einen wichtigen Beitrag, da sie reale Schadensdaten berücksichtigt und fahrerverhaltensbezogene Variablen explizit einbezieht. Trotzdem kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die klassischen Fahrverhaltensindikatoren allein nicht ausreichen, um das erhöhte Unfallrisiko von Elektrofahrzeugen zu erklären.

Weiterhin ist die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse begrenzt. Da die Datenbasis von (McDonnell et al., 2023) auf niederländischen Flotten- und Infrastrukturbedingungen beruht, lassen sich die Befunde nicht unmittelbar auf Deutschland übertragen. Deutschland-spezifische empirische Untersuchungen liegen unter anderem im BAST-Bericht M 346 (Unfalldaten 2019 bis 2021) vor, der auf amtlichen Unfallstatistiken basiert.

2.2.5. Pedal Fehlbedienung

Elektrofahrzeuge unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihres elektrischen Antriebs, sondern auch durch spezifische Konzepte des Energiemanagements. Ein zentraler Bestandteil der Gesamteffizienz ist die Rekuperation, also die Rückgewinnung kinetischer Energie während des Bremsvorgangs, die anschließend in der Hochvoltbatterie gespeichert wird. Dieser Prozess verbessert die Energieeffizienz erheblich und kann die Reichweite des Fahrzeugs steigern. Die potenziell erzielbare Rekuperationsleistung wird jedoch durch den zusätzlich erforderlichen Einsatz der Reibungsbremse begrenzt (Wang et al., 2015). Vor diesem Hintergrund wurde das Konzept des One-Pedal-Driving (OPD) entwickelt, um sowohl Effizienz als auch Fahrkomfort zu erhöhen.

Beim One-Pedal-Driving führt das Loslassen des Fahrpedals zu einer ausgeprägten Verzögerung. Die Stärke dieser Verzögerung variiert je nach Hersteller, Fahrmodus, Batterieladestand und Betriebstemperatur (Rieger, 2022). Bei einigen Systemauslegungen kann der Vorgang bis zum vollständigen Stillstand des Fahrzeugs führen, sodass das Bremspedal in vielen Verkehrssituationen nicht mehr aktiv benötigt wird. Die durch OPD erzielte Verzögerung kann bis zu $2,0 \text{ m/s}^2$ erreichen und liegt damit deutlich über der Motorbremswirkung konventioneller Fahrzeuge. (Rieger, 2022) berichtet für den VW up! von Ausrollverzögerungen um $0,5 \text{ m/s}^2$; eigene Messungen zeigen für einen VW Passat (Schaltgetriebe, 3. Gang) durchschnittlich $0,5 \text{ m/s}^2$ und für einen Ford B-Max mit Automatikgetriebe etwa $0,2 \text{ m/s}^2$. Die rekuperationsbasierte Verzögerung ist damit bis zu dreimal höher als die Motorbremswirkung herkömmlicher Antriebe. Um bei hohen Fahrzeugverzögerungen insbesondere bei E-Fahrzeugen den nachfolgenden Verkehr entsprechend zu warnen, ist in der ECE-R 13 festgelegt, dass bei einer Verzögerung von mehr als $1,3 \text{ m/s}^2$ die Bremslichter aufleuchten müssen und dass diese unterhalb dieser Verzögerung aufleuchten können. Tritt die

Fahrzeugverzögerung allerdings nur aufgrund des Motorschleppmoments ein, darf das Bremslicht nicht leuchten. (ECE-R 13, 2015)

Diese veränderte Verzögerungscharakteristik hat neben technischen auch verhaltensrelevante und sicherheitsbezogene Implikationen. In der Forschung wird diskutiert, inwieweit OPD-Fahrverhalten, Reaktionszeit und Verkehrssicherheit beeinflusst. Einerseits ermöglicht die unmittelbare Verzögerung über das Fahrpedal ein früheres Abbremsen und kann zu einer gleichmäßigeren und energieeffizienteren Fahrweise beitragen (Saito & Raksincharoensak, 2021). Andererseits zeigen Simulatorstudien und empirische Analysen, dass in Gefahrensituationen verlängerte Reaktionszeiten auftreten können (Ma et al., 2025; Rieger, 2022).

Regulatorische Entwicklungen spiegeln diese Sicherheitsbedenken wider. Im Mai 2023 rief Tesla rund 1,1 Mio. Fahrzeuge zurück, um Nutzer:innen die Möglichkeit einzuräumen, den One-Pedal-Modus zu deaktivieren, da diese Option zuvor nicht vorgesehen war (State Administration for Market Regulation of China, zitiert nach He, 2023). 2024 folgte China mit einer regulatorischen Einschränkung: Im Entwurf der Technical Requirements and Test Methods for Passenger Vehicle Braking Systems des MIIT (2024) wird gefordert, dass das Loslassen des Fahrpedals im Rekuperationsmodus nicht zum vollständigen Stillstand führen darf. Grundlage dieser Vorgaben sind erhöhte Unfallraten sowie anhaltende Debatten über die verkehrssicherheitsrelevanten Risiken des OPD-Modus.

Die bisherige Forschung stützt sich überwiegend auf Erfahrungsberichte und Simulatoruntersuchungen, die bereits auf die Relevanz des Themas hinweisen. Angesichts des wachsenden Bestands an Elektrofahrzeugen ist davon auszugehen, dass entsprechende Zusammenhänge künftig auch in realen Unfallstatistiken sichtbar werden. Chinesische Unfalldaten, die teilweise bereits verfügbar sind, standen für die vorliegende Untersuchung nicht zur Verfügung und wären aufgrund unterschiedlicher infrastruktureller, regulatorischer und verkehrskultureller Bedingungen nur eingeschränkt auf deutsche Verhältnisse übertragbar.

Euro NCAP integriert das Thema der Pedalfehlbedienung zunehmend in seine Sicherheitsbewertung, insbesondere im Zuge der umfassenden Überarbeitung der Testprotokolle ab dem Jahr 2026. Die Verbraucherschutzorganisation verortet dieses Phänomen vor allem im Kontext der Unfallvermeidung sowie von Kollisionen bei niedrigen Geschwindigkeiten. Ziel ist es, sicherheitsrelevante Szenarien stärker zu

berücksichtigen, die bislang in standardisierten Crashtests nur unzureichend abgebildet wurden.

Unter dem Begriff „pedal misapplication“ werden Situationen zusammengefasst, in denen Fahrende irrtümlich das Gaspedal anstelle des Bremspedals betätigen. Diese Fehlbedienung tritt typischerweise bei sehr niedrigen Geschwindigkeiten auf, etwa beim Anfahren, Rangieren oder Einparken, und kann zu ungewollten Beschleunigungsvorgängen führen. Gerade in diesen Situationen besteht ein erhöhtes Risiko für Sachschäden sowie für Verletzungen von ungeschützten Verkehrsteilnehmenden.

Im Rahmen der für 2026 geplanten Neustrukturierung seiner Testprotokolle verfolgt Euro NCAP das Ziel, reale Verkehrssituationen und moderne Risikofaktoren stärker abzubilden. Dazu zählt auch die systematische Berücksichtigung von Pedalfehlbedienungen als Teil der aktiven Sicherheitsbewertung. Entsprechend werden künftig Technologien positiv bewertet, die das Risiko solcher Fehlbedienungen erkennen und deren Folgen mindern können.

Diese Bewertung erfolgt im Rahmen der neu eingeführten oder erweiterten „Low Speed Collision“-Tests. Systeme zur Erkennung und Korrektur von Fehlbedienungen, häufig unter dem Begriff „Accelerator Control for Pedal Error“ (ACPE) zusammengefasst, umfassen beispielsweise Funktionen, die eine unbeabsichtigte starke Beschleunigung erkennen und automatisch begrenzen oder bei stehenden Hindernissen trotz Gaspedalbetätigung eine Bremsung einleiten. Der Einsatz solcher Systeme kann zu einer Verbesserung der Gesamtbewertung führen und damit auch Einfluss auf das Erreichen der Fünf-Sterne-Klassifizierung haben.

Mit der Integration dieses Aspekts verfolgt Euro NCAP zwei zentrale Zielsetzungen. Zum einen sollen Fahrzeughersteller einen Anreiz erhalten, technische Lösungen zur Reduktion von Fehlbedienungsunfällen zu entwickeln und serienmäßig zu implementieren. Zum anderen soll das Bewertungssystem insgesamt realitätsnäher gestaltet werden, indem neben klassischen Kollisionsszenarien auch Aspekte der Mensch-Maschine-Interaktion, der Bedienelementergonomie und alltäglicher Fehlbedienungsrisiken berücksichtigt werden. Die Aufnahme der Pedalfehlbedienung in das Testprogramm verdeutlicht somit, dass Euro NCAP das menschliche Bedienverhalten zunehmend als integralen Bestandteil der Fahrzeugsicherheit begreift. (Euro NCAP, 2025)

Handlungstheoretische Hintergründe

Die Erklärung von Fehlreaktionen im Zusammenhang mit OPD erfordert eine Analyse grundlegender kognitiver Prozesse. In plötzlich auftretenden Gefahrensituationen müssen Fahrerinnen und Fahrer die Situation wahrnehmen, interpretieren und eine motorische Reaktion ausführen (Bélanger et al., 2010). Bereits geringfügige Verzögerungen in diesen Prozessen können das Unfallrisiko erhöhen. Kognitive Faktoren spielen insbesondere in Pre-Crash-Phasen eine zentrale Rolle, da hier die Fähigkeit zu einer korrekten Pedalreaktion entscheidend ist. Freund et al. (2008) zeigen, dass Einschränkungen der Informationsverarbeitung – etwa verlangsamte Verarbeitungsgeschwindigkeit oder beeinträchtigte exekutive Funktionen – Fehlbedienungen wie Pedalverwechslungen begünstigen können. Ein erhöhtes Risiko zeigt sich zwar tendenziell bei älteren Personen, grundsätzlich können jedoch Verkehrsteilnehmende aller Altersgruppen betroffen sein.

Typische Fehlreaktionen umfassen:

- Fehlkonzeption des Pedalschemas, etwa die Verwechslung von Gas- und Bremspedal bei ungewohnter Pedalcharakteristik.
- Verzögerte oder ausbleibende Ausführung des Wechsels vom Gas- zum Bremspedal in hochdynamischen Situationen, beispielsweise bei plötzlich auftretenden Hindernissen.

Solche Fehlreaktionen entstehen vor dem Hintergrund stabiler mentaler Modelle und Handlungsschemata, die sich bei Fahrerinnen und Fahrern im Laufe der Fahrpraxis ausbilden. Im konventionellen Schema bewirkt das Loslassen des Gaspedals lediglich eine geringe Motorbremswirkung während für eine Bremsung das aktive Betätigen des Bremspedals erfordert. Das Wirkprinzip dahinter ist eine Physikanalogie, die wir als Sinneserfahrung sehr früh erwerben und die unsere Handlung intuitiv steuert: Je größer die Bremswirkung sein soll, desto stärker muss das Bremspedal gedrückt werden. Je schwächer die Bremswirkung, desto sanfter muss gedrückt werden. Bei Elektrofahrzeugen mit starker Rekuperationsverzögerung ändert sich diese Funktionslogik grundlegend: Bereits das Loslassen des Fahrpedals führt zu einer deutlichen Verzögerung und kann bis zum Stillstand des Fahrzeugs ausreichen. Im normalen Fahrgeschehen macht dieser Effekt ein vorausschauendes Fahren sehr bequem, da der Fuß seltener bis gar nicht umgesetzt werden muss. Fahrer:innen von

Elektrofahrzeugen gewöhnen sich daran, sanfte Bremswirkungen zunehmend über eine Wegnahme des Gaspedals zu erzielen.

In Notfallsituationen kann es allerdings zu kritischen Konflikten in der korrekten Auswahl und Ausführung von Handlungsmustern führen. Falls in einer überraschenden Situation eine schnelle, starke Bremsung erforderlich ist, kann das konventionell gelernte Handlungsmuster „Je mehr Wirkung, desto stärker muss ich durchdrücken“ die Wahrnehmung überschreiben, dass sich der Fuß noch auf dem Gaspedal befindet und zunächst auf die Bremse umgesetzt werden muss, sodass in Folge statt einer Bremsung das Gegenteil, nämlich eine positive Beschleunigung ausgelöst wird. Die potenzielle funktionale Überlagerung beider Pedale verstärkt dieses Risiko zusätzlich: Das Gaspedal übernimmt im OPD-Modus Aufgaben, die bislang ausschließlich dem Bremspedal zugeordnet waren. Unter Zeitdruck und Stress steigt die Wahrscheinlichkeit kognitiver Fehlreaktionen signifikant.

Insgesamt zeigt sich, dass Fehlreaktionen im Kontext des One-Pedal-Driving nicht allein technisch begründet sind, sondern wesentlich durch das Zusammenspiel kognitiver Prozesse, erlernter Handlungsschemata und der spezifischen Pedalcharakteristik beeinflusst werden. Eine fundierte Analyse möglicher Unfallursachen muss daher sowohl technische als auch psychologische Faktoren berücksichtigen.

2.2.6. Crash-Kompatibilität

Ein zentraler Aspekt bei der Bewertung der Verkehrssicherheit von Elektrofahrzeugen betrifft die Crashkompatibilität, also die Frage, wie unterschiedliche Fahrzeugtypen in Kollisionen miteinander interagieren. Dies gewinnt an Bedeutung, da Elektrofahrzeuge in den vergangenen Jahren ein deutlich höheres Durchschnittsgewicht aufweisen als vergleichbare Verbrennerfahrzeuge (vgl. Abbildung 3). In (Galvin, 2022) wird gezeigt, dass dieser Gewichtszuwachs maßgeblich auf größere Batteriekapazitäten zurückzuführen ist und physikalisch sowohl den Energieverbrauch als auch das Unfallgeschehen beeinflussen kann. Der zunehmende Massenunterschied zwischen batterieelektrischen und konventionellen Fahrzeugen wirft sicherheitsrelevante Fragen auf, insbesondere im Hinblick auf die Kollisionskompatibilität. Während eine höhere Fahrzeugmasse den Insassenschutz verbessern kann, erhöht die damit verbundene größere Bewegungsenergie das Verletzungsrisiko für leichtere Unfallgegner und ungeschützte Verkehrsteilnehmende.

Elektrofahrzeuge weisen zudem konstruktionsbedingt andere Crashstrukturen der Front auf (Żuchowski, 2018). Der Schutz der Hochvoltbatterie erfordert verstärkte und teilweise neu ausgelegte Strukturen im Unterboden und in den vorderen Crashzonen (Audi AG, o. J.). Diese konstruktiven Anpassungen beeinflussen möglicherweise die Kraftverteilung und den Energieabbau im Kollisionsfall.

Experimentelle Befunde stützen diese Annahmen. In (Żuchowski, 2018) werden Crashtests eines Ford Focus in zwei Varianten analysiert – einmal mit Verbrennungsmotor, einmal als batterieelektrisches Fahrzeug. Bei identischen Abmessungen wog das Elektrofahrzeug 1821 kg und damit deutlich mehr als die Verbrennerversion (1515 kg). Die Ergebnisse zeigten Unterschiede in der Deformation der Vorderstruktur sowie eine abweichende Lastverteilung. Aufgrund einer etwa 30 % geringeren Verzögerung beim BEV ergaben sich niedrigere Belastungswerte für Kopf, Hals und Oberkörper der Dummies, was auf eine modifizierte Auslegung der Fahrzeugfront schließen lässt (Żuchowski, 2018).

Neuere Untersuchungen nutzen Finite-Elemente-Simulationen, um komplexere Szenarien zu analysieren. In (Yücel, 2024) werden Kollisionen zweier vergleichbarer Fahrzeugmodelle mit einer Leitplanke bei unterschiedlichen Winkeln und Geschwindigkeiten simuliert. Die Ergebnisse zeigen, dass das steigende Fahrzeuggewicht von Elektrofahrzeugen die Kollisionsdynamik mit längsseitigen Schutzbarrieren direkt beeinflusst. Die höhere Fahrzeugmasse kann zu einer Reduktion von Aufprallschwere-Indikatoren wie dem ASI (Acceleration Severity Index) und dem THIV (Theoretical Head Impact Velocity) führen. Beide Kenngrößen stammen aus der Verkehrssicherheitsforschung, wobei der ASI die auf Fahrzeuginsass:innen wirkenden Beschleunigungsbelastungen während eines Aufpralls beschreibt und der THIV die theoretische Aufprallgeschwindigkeit des Kopfes im Fahrzeuginnenraum als Maß für das Verletzungsrisiko angibt. Eine Verringerung dieser Indikatoren kann somit zu einem verbesserten Insassenschutz beitragen. Gleichzeitig führt die größere Aufprallenergie zu veränderten Interaktionen mit den Schutzsystemen.

Die Simulationen verdeutlichen, dass Elektrofahrzeuge die Arbeitsbreite und die Länge der beschädigten Leitplankenabschnitte signifikant erhöhen. In einem Testmodell kam es zu einem vollständigen Versagen des Systems infolge eines Profilbruchs, verursacht durch die höhere kinetische Energie des Elektrofahrzeugs. Die visuellen

Analysen zeigten zudem ausgeprägtere Schäden sowohl an den Fahrzeugen als auch an den Barrieren, wenn Elektrofahrzeuge beteiligt waren.

Vergleichstests mit drei Fahrzeugmodellen gleicher Masse (900 kg) zeigten darüber hinaus, dass nicht nur das Gewicht, sondern auch fahrzeugspezifische Faktoren wie Fahrzeuglänge, -breite und Schwerpunktlage einen wesentlichen Einfluss auf die Barrierenperformance ausüben. Dies bestätigt die Ergebnisse von Żuchowski (2018) und unterstreicht, dass veränderte Fahrzeugarchitekturen elektrisch betriebener Fahrzeuge nicht allein aufgrund ihrer Masse, sondern auch aufgrund ihrer Geometrie und Struktur neue Anforderungen an die Auslegung passiver Schutzsysteme stellen. Bislang liegen keine empirischen Untersuchungen realen Unfallgeschehens vor; die Befundlage basiert überwiegend auf Einzelcrashversuchen und Simulationen.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass die strukturelle Gestaltung von Elektrofahrzeugen zur Sicherung der Hochvoltbatterie zu veränderten Verformungs- und Energieabsorptionsmustern führt. Dies kann die Crashkompatibilität mit anderen Fahrzeugen beeinflussen. Während Insassinnen und Insassen von Elektrofahrzeugen in bestimmten Szenarien profitieren könnten, bleibt offen, wie sich diese Unterschiede in realen Unfällen zwischen Fahrzeugen unterschiedlicher Masse auswirken.

2.2.7. Fahrerverhalten

Das Fahrerverhalten von Verkehrsteilnehmer:innen ist seit Jahrzehnten ein zentraler Forschungsgegenstand in der Verkehrspsychologie und Verkehrssicherheitsforschung. Themen wie Fahrfehler, Bremsreaktionen, Risikoverhalten, Fahren unter Alkohol- oder Drogeneinfluss sowie der Einfluss von Emotionen wie Ärger oder Stress sind umfangreich untersucht worden. Ein Großteil dieser Forschung behandelt jedoch allgemeine menschliche Verhaltensmuster im Straßenverkehr und unterscheidet dabei nur selten nach der Art des genutzten Fahrzeugantriebs. Diese fehlende Differenzierung war lange Zeit unproblematisch, da Verbrennerfahrzeuge das Verkehrsgeschehen dominierten und alternative Antriebsarten kaum verbreitet waren.

Mit dem technologischen Wandel hin zu Elektrofahrzeugen entstehen jedoch neue Fragestellungen. Elektrofahrzeuge weisen aufgrund ihrer technischen Grundlagen ein grundlegend anderes Eigenfahrverhalten auf. Dazu gehören unmittelbar verfügbare Drehmomente, veränderte Geräuschkulissen, andere Verzögerungscharakteristiken

sowie zusätzliche Technologien wie das One-Pedal-Drive-System. Diese technischen Unterschiede können sich auf das Verhalten der Fahrer:innen auswirken.

Ein klassisches Forschungsfeld betrifft den Einfluss psychophysiologischer Faktoren auf das Fahrverhalten. Die retrospektive Analyse von Blutalkoholuntersuchungen in Hamburg zeigte beispielsweise, dass insbesondere junge Fahrer:innen häufig Auffälligkeiten im Zusammenhang mit erhöhtem Alkoholkonsum aufweisen (Taaks, Wischhusen & Püchel, 1992). Solche Arbeiten bilden eine wichtige Grundlage, da sie verdeutlichen, wie individuelle biologische, emotionale oder kognitive Zustände das Fahrverhalten beeinflussen. Die Forschung zu weiteren psycho-physiologischen Einflussgrößen, etwa Müdigkeit, Ablenkung oder Vigilanz, ist ebenfalls sehr umfangreich und liegt in vielfältiger Ausarbeitung vor. Sie adressiert zunehmend auch moderne Zusammenhänge, etwa die Interaktion zwischen Müdigkeit, Fahrerassistenzsystemen und datenbasierten Müdigkeitserkennungsverfahren (Ayachi et al., 2021).

Auch emotionale Zustände, insbesondere Ärger oder Frustration während des Fahrens, häufig unter dem Begriff Driving Anger untersucht, sind ein bedeutender Forschungsschwerpunkt. In (Domínguez et al., 2023) werden physiologische Messungen (Herzfrequenz, galvanische Hautreaktion), Fahrsimulationen sowie die Modellierung eines Elektrofahrzeugs kombiniert, um zu analysieren, inwiefern aggressive Fahrstile die Reichweite beeinflussen. Die Ergebnisse zeigten eine Reduktion der Reichweite von bis zu 68 Prozent bei aggressivem im Vergleich zu ruhigem Fahrverhalten. Obwohl die Studie primär auf Effekte für die Reichweite abzielt, verdeutlicht sie zugleich, dass emotionale Zustände messbare Auswirkungen auf das Fahrverhalten haben und bei Elektrofahrzeugen ähnlich systematisch analysiert werden können wie bei Verbrennerfahrzeugen (z. B. über Emissionswerte). Darüber hinaus wird Driving Anger häufig im Zusammenhang mit demographischen Merkmalen betrachtet, insbesondere Geschlecht. Studien zeigen konsistent, dass Männer deutlich häufiger riskante Fahrhandlungen berichten und stärkere Ausprägungen von Driving Anger zeigen als Frauen (Bachoo et al., 2013; González-Iglesias et al., 2012).

Einen direkten Vergleich zwischen Verbrenner- und Elektrofahrzeugen im Hinblick auf das reale Fahrverhalten liefert die Studie von Helmbrecht et al. (2015), die in Auftrag von BMW durchgeführt wurde. Die Autor:innen untersuchten das Fahrverhalten von 40 Personen über einen Zeitraum von fünf Monaten und erfassten fahrdynamische

Größen wie Verzögerungs- und Beschleunigungswerte. Die Ergebnisse zeigen, dass Fahrer:innen von Elektrofahrzeugen nach einer Eingewöhnungsphase ein konstanteres Fahrverhalten entwickeln und signifikant weniger das Bremspedal einsetzen. Dies wird auch auf die Einbindung der Rekuperation und die Möglichkeit des One-Pedal-Drive zurückgeführt. So zeigen Telemetrie basierte Untersuchungen aus den Niederlanden ebenfalls, dass Elektrofahrzeuge im Durchschnitt weniger stark beschleunigt oder gebremst werden, obwohl in dieser Studie gleichzeitig eine höhere Unfallverursachung dokumentiert wurde (McDonnell et al., 2023). Über diese Studien hinaus existieren wenig Ansätze, die direkte Hinweise auf Unterschiede im Fahrverhalten zwischen Verbrenner- und Elektrofahrzeugen geben.

2.3. Zusammenfassung

Die Relevanz der Elektromobilität im deutschen Straßenverkehr hat in den vergangenen Jahren eine signifikante Transformation erfahren. Basierend auf Daten des KBA stiegen die Neuzulassungen von ca. 25.000 Einheiten im Jahr 2017 auf über 520.000 im Jahr 2023 an, was einer Verzwanzigfachung des Marktanteils entspricht. Diese Marktdurchdringung korreliert mit zwei zentralen technischen Trends: der Zunahme der Fahrzeugmasse und der Antriebsleistung.

Während konventionelle Verbrenner ein stabiles Gewichtsniveau aufweisen, stieg die Masse der Top-Elektromodelle im Zeitraum 2017–2024 auf durchschnittlich knapp 2.000 kg an. Parallel dazu gab es nahezu eine Verdoppelung bei der mittleren Spitzenleistung auf rund 210 kW. Diese Entwicklung wird primär durch schwere Traktionsbatterien sowie den Effizienzvorteil elektrischer Antriebe getrieben. Physikalisch resultiert daraus eine höhere kinetische Energie im Kollisionsfall, was neue Anforderungen an die Crashkompatibilität stellt.

Die häufig diskutierte Brandgefahr stellt sich nach aktueller wissenschaftlicher Datenlage nicht als erhöht dar. Das Brandrisiko von Elektrofahrzeugen ist eher geringer als das von Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben. Dennoch erfordert die Hochvoltbatterie spezifische Schutzkonzepte, um einen Thermal Runaway infolge mechanischer Deformationen oder thermischer Überlastung zu verhindern. Der Fokus der Forschung liegt hier auf verstärkten Gehäusestrukturen und dem Einsatz fortschrittlicher Batteriemanagementsysteme.

Ein spezifisches Risiko ergibt sich aus der geringen Geräuschemission von E-Fahrzeugen bei niedrigen Geschwindigkeiten. Studien (u. a. NHTSA, GDV) weisen auf ein erhöhtes Unfallrisiko mit Fußgänger:innen hin. Zur Kompensation wurden akustische Warnsysteme (AVAS) gesetzlich vorgeschrieben. Die Forschung konzentriert sich aktuell weniger auf die Notwendigkeit dieser Systeme als vielmehr auf deren optimale psychoakustische Gestaltung zur Sicherstellung der intuitiven Wahrnehmbarkeit in komplexen urbanen Räumen.

Eine wesentliche verhaltensrelevante Neuerung ist das One-Pedal-Driving (OPD) mittels starker Rekuperation. Die dadurch erzielten Verzögerungswerte (bis zu $2,0 \text{ m/s}^2$) übersteigen die Motorbremswirkung von Verbrennern um das Dreifache.

In Gefahrensituationen können etablierte Handlungsschemata ("Mentale Modelle") zu Fehlreaktionen führen. Da im OPD-Modus das Loslassen des Pedals zur Bremsung führt, besteht unter Stress das Risiko einer Pedalverwechslung: Der Fahrer drückt im Reflex das Gaspedal durch, in der Erwartung zu bremsen (Konflikt zwischen konventionellem Bremsschema und neuem OPD-Lernmodell).

Regulatorik: Erste Rückrufe (Tesla) und regulatorische Anpassungen (China, MIIT) deuten darauf hin, dass die Deaktivierbarkeit des OPD-Modus sowie die Begrenzung der Verzögerung bis zum Stillstand als sicherheitskritisch eingestuft werden.

Die erhöhte Masse und die modifizierte Frontstruktur (zum Schutz der Batterie) verändern das Deformationsverhalten. Während die Insassen schwerer Elektrofahrzeuge durch eine geringere Eigenverzögerung oft besser geschützt sind, steigt die Belastung für Unfallgegner und die Verkehrsinfrastruktur. Simulationen zeigen, dass die höhere kinetische Energie bei Kollisionen mit Leitplanken zu signifikant größeren Schäden und potenziellem Systemversagen der Barrieren führen kann.

3. Analyse der Unfalldaten der UDB

Eine zentrale Voraussetzung zur Beantwortung der Frage, ob sich das Unfallgeschehen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor im Vergleich zu Pkw mit Elektroantrieb unterscheidet, liegt in der systematischen Analyse geeigneter Unfalldaten. Je nach Qualität und Detailtiefe der verfügbaren Daten lassen sich differenzierte Aussagen darüber treffen, wie sich die beiden Fahrzeuggruppen im Unfallgeschehen verhalten. Bereits zu Projektbeginn war absehbar, dass eine Betrachtung auf aggregierter Ebene („aus großer Flughöhe“) hierfür nicht ausreichen würde. Vielmehr war eine vertiefte Analyse erforderlich, die es ermöglicht, ein detailliertes Verständnis sowohl der unfallauslösenden Randbedingungen als auch der Unfallfolgen zu gewinnen.

Daraus ergibt sich, dass großskalige Unfalldatenbanken wie die Elektronische Unfallsteckkarte (EUSKa) oder die amtliche Bundesstatistik für die Beantwortung der zugrunde liegenden Fragestellung nur bedingt geeignet sind. Zwar zeichnen sich diese Datenquellen durch eine hohe Fallzahl aus, sie bieten jedoch nur einen begrenzten Detaillierungsgrad hinsichtlich unfallrelevanter Informationen.

Im Rahmen dieses Projekts wurde daher auf die Unfalldatenbank (UDB) der Unfallforschung der Versicherer (UDV) zurückgegriffen. Die analysierte Stichprobe des realen Unfallgeschehens stellt eine Teilmenge aller dem Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) gemeldeten Kraftfahrzeug-Haftpflichtfälle dar. Ein Unfall wird in die Datenbank aufgenommen und mit ausführlichen Merkmalen dokumentiert, wenn der Schadenaufwand mindestens 15.000 Euro beträgt und ein Personenschaden vorliegt. Die daraus resultierende Stichprobe ist für alle Haftpflichtschäden mit diesen Kriterien in Deutschland repräsentativ.

Derzeit umfasst die UDB rund 10.500 Unfälle mit Pkw-Beteiligung. Die Struktur der Datensätze orientiert sich an der Bundesstatistik, weist jedoch eine deutlich höhere Informationsdichte auf. Sie enthält detaillierte Angaben zum Unfallgeschehen (u. a. Ablauf, Örtlichkeit, Zeitraum und besondere Merkmale der Unfallstelle), zu den beteiligten Fahrzeugen sowie zu den Fahrer:innen und Mitfahrenden. Sämtliche Informationen werden in Form anonymisierter und standardisierter Merkmalsausprägungen in der UDB gespeichert. (Bärwald, 2025)

3.1. Beschreibung der Datenlage

Für das vorliegende Forschungsprojekt wurden bereits im Jahr vor Projektbeginn gezielt Unfallakten gesammelt und in die Unfalldatenbank (UDB) integriert, die zur Beantwortung der Forschungsfragen von besonderer Relevanz sind. Ziel war es, für beide Antriebsarten – Verbrennungsmotor und Elektroantrieb – jeweils 250 vergleichbare Unfälle zu erfassen, die anschließend einer detaillierten Analyse unterzogen werden konnten.

Um die Vergleichbarkeit der beteiligten Fahrzeuge sicherzustellen, wurden fünf Untergruppen gebildet, in denen jeweils typische Fahrzeugmodelle ausgewählt wurden, die sich hinsichtlich Fahrzeuggröße und -gewicht weitgehend entsprechen.

Im Rahmen der Fallrecherche zeigte sich, dass nicht für alle Untergruppen in gleichem Maße geeignete Fälle verfügbar waren. Dennoch konnte eine hinreichend ausgewogene Verteilung der Fallzahlen über die einzelnen Fahrzeuggruppen erzielt werden, sodass eine belastbare Datengrundlage für die nachfolgenden Analysen gegeben ist (siehe Abbildung 5).

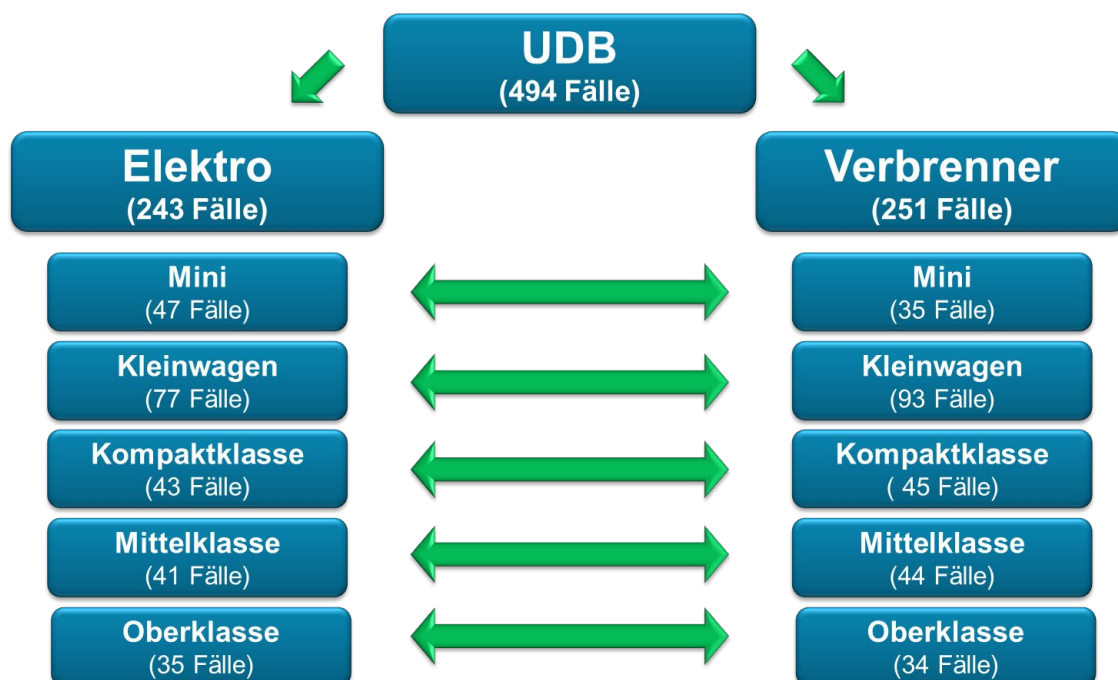


Abbildung 5: Gesamtheit aller Unfälle und ihre Aufteilung in verschiedene Fahrzeugklassen

Die Aufschlüsselung der Unfallgegner ist in Abbildung 6 dargestellt. Für alle hierin erfassten Unfälle gilt, dass mindestens ein Fahrzeug aus der zuvor definierten Fahrzeugliste beteiligt war. An dieser Stelle wurde jedoch nicht danach differenziert,

ob das betreffende Fahrzeug als Hauptverursacher oder als weiterer Beteiligter am Unfallgeschehen fungierte.

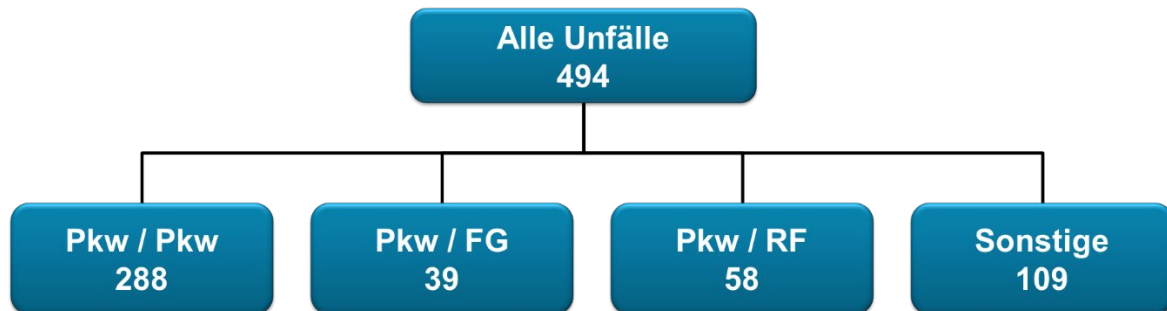


Abbildung 6: Verteilung der Kollisionsgegner für alle Unfälle

Mit 288 Fällen bilden Kollisionen zwischen zwei Pkw die größte Gruppe. Deutlich geringer ist die Zahl der Unfälle zwischen Pkw und Fußgänger:innen (39 Fälle) sowie zwischen Pkw und Radfahrenden (58 Fälle). Die übrigen Unfallkonstellationen sind unter der Kategorie „sonstige Kollisionen“ zusammengefasst und werden in Abbildung 7 detailliert aufgeführt.

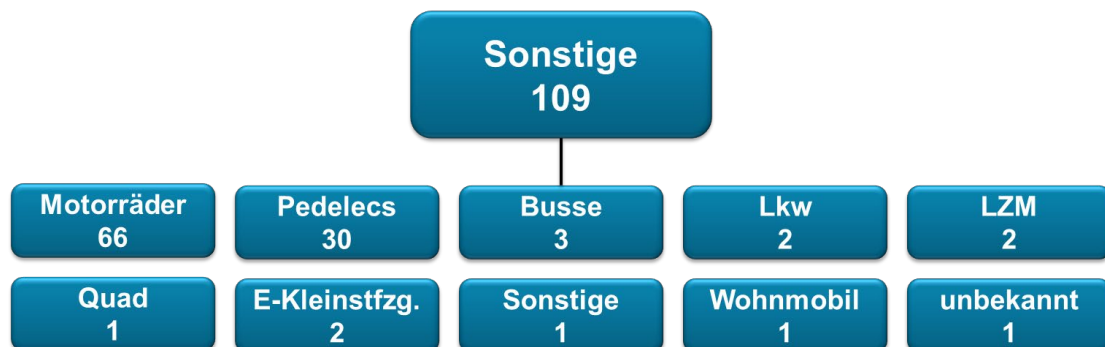


Abbildung 7: Verteilung sonstiger Kollisionspartner

3.2. Auswertung der Unfalldaten

Auf Grundlage der beschriebenen Datengrundlage wird im Folgenden zunächst eine allgemeine Auswertung der Unfalldaten vorgenommen. Diese dient dazu, einen grundlegenden Überblick über die verfügbaren Fälle zu gewinnen und zu prüfen, inwieweit das erfasste Unfallgeschehen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor und Elektroantrieb grundsätzlich vergleichbar ist. Im Anschluss daran erfolgt eine vertiefende Analyse ausgewählter Unfallkonstellationen, insbesondere der Kollisionen Pkw/Pkw, Pkw/Fußgänger und Pkw/Radfahrer.

Grundsätzlich ist bei allen folgenden Auswertungen zu berücksichtigen, dass weder das allgemeine Verkehrsgeschehen noch das gesamtdeutsche Unfallgeschehen

abgebildet wird. Vielmehr handelt es sich um eine gezielte, methodisch gut verteilte und weitgehend repräsentative Stichprobe von rund 500 Verkehrsunfällen, an denen jeweils ein Pkw aus der zuvor beschriebenen Fahrzeugliste beteiligt war. Daher wäre es nicht sachgerecht, aus den nachfolgenden Analysen unmittelbar Rückschlüsse auf allgemeine Verhaltensmuster im Straßenverkehr oder ursächliche Zusammenhänge zwischen Antriebsart und Unfallgeschehen zu ziehen. Etwaige Unterschiede zwischen den beiden Fahrzeuggruppen können vielmehr als erste Indizien für mögliche Differenzen im Unfallgeschehen interpretiert werden, die in weiteren Untersuchungen vertieft zu prüfen sind.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass nicht für alle Unfälle sämtliche Detailinformationen vollständig vorliegen. Infolgedessen kann die Zahl der in einzelnen Diagrammen oder Tabellen dargestellten Fälle von der Gesamtzahl aller erfassten Unfälle abweichen. Fehlende Angaben werden in den jeweiligen Darstellungen nicht als separate Kategorie („unbekannt“) ausgewiesen.

3.2.1. Allgemeine Auswertung der Unfalldaten

In diesem Abschnitt wird das Unfallgeschehen auf Grundlage aller ausgewählten Fälle ausgewertet. Dabei wird an dieser Stelle weder zwischen den jeweiligen Kollisionspartnern noch zwischen der Rolle des Pkw als Hauptverursacher oder weiterer Beteiligter differenziert.

Abbildung 8 zeigt die Verteilung des Unfallgeschehens nach der Ortslage. Es zeigt sich, dass der überwiegende Anteil der untersuchten Unfälle innerorts stattgefunden hat. Für beide Antriebsarten lag dieser Anteil bei über 60 %. Etwa ein Viertel der Unfälle ereignete sich außerorts, während nur ein vergleichsweise geringer Anteil auf Autobahnen stattfand.

Insgesamt ist die Verteilung zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen sehr ähnlich, was auf eine gute Vergleichbarkeit der beiden Datensätze hinweist. Im Detail fällt jedoch auf, dass in den vorliegenden Daten etwa doppelt so viele Autobahnunfälle mit Verbrennerfahrzeugen registriert wurden wie mit Elektrofahrzeugen. Dies könnte ein erstes Indiz dafür sein, dass die beiden Antriebsarten unterschiedlich genutzt werden – beispielsweise im Sinne eines häufigeren Einsatzes kleinerer Elektrofahrzeuge als Zweitwagen für innerstädtische Fahrten. Alternativ wäre auch

denkbar, dass Elektrofahrzeuge auf Autobahnen anders betrieben werden als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und dadurch ein geringeres Unfallrisiko aufweisen.

Beide Erklärungsansätze können auf Basis der vorliegenden Daten weder bestätigt noch widerlegt werden, sollten jedoch im Rahmen der nachfolgenden, detaillierten Analysen und insbesondere im Zusammenhang mit der Nutzerbefragung (Kapitel 4) weitergehend berücksichtigt werden.

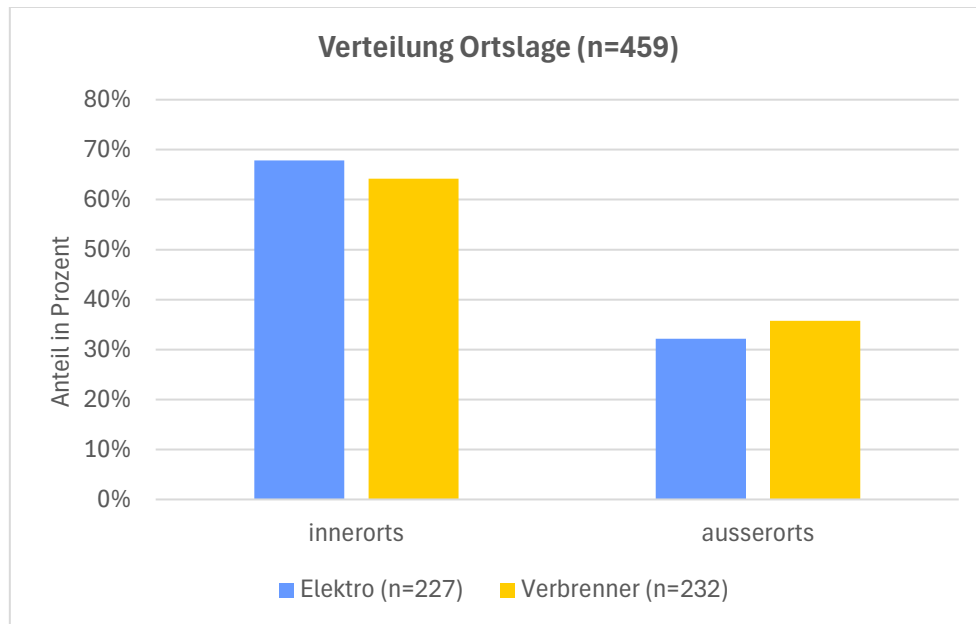


Abbildung 8: Verteilung der Ortschaft für alle Unfälle

Auch hinsichtlich des Straßenzustands zeigt sich eine ausgewogene Verteilung zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen. Der überwiegende Anteil der erfassten Unfälle – rund 80 % – ereignete sich auf trockener Fahrbahn. Abgesehen von zwei Fällen, in denen Verbrennerfahrzeuge auf verschneiter Fahrbahn verunglückten, traten sämtliche weiteren Unfälle auf nasser oder feuchter Fahrbahn auf (siehe Abbildung 9). Insgesamt bestätigt sich damit eine grundsätzlich gute Vergleichbarkeit der beiden Antriebsarten in Bezug auf die Straßenverhältnisse zum Unfallzeitpunkt.

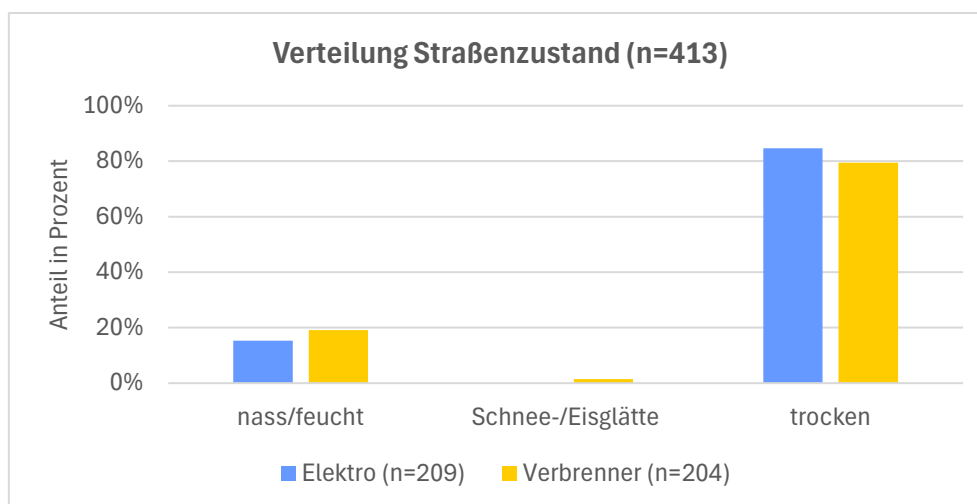


Abbildung 9: Verteilung des Straßenzustandes für alle Unfälle

Die Analyse der Verletzungsschwere stellt in der Unfallforschung einen zentralen Aspekt dar, da sie die unmittelbaren und relevanten Folgen eines Unfalls abbildet – insbesondere, ob und in welchem Ausmaß die beteiligten Personen verletzt wurden. In Abbildung 10 ist die Verteilung der Verletzungsschwere gemäß der polizeilichen Kodierung dargestellt. Berücksichtigt wurde dabei jeweils die schwerste Verletzung pro Unfall. Aufgrund der Methodik der Fallauswahl innerhalb der Unfalldatenbank (UDB) sind in der vorliegenden Stichprobe keine Fälle enthalten, bei denen ausschließlich unverletzte Beteiligte registriert wurden.

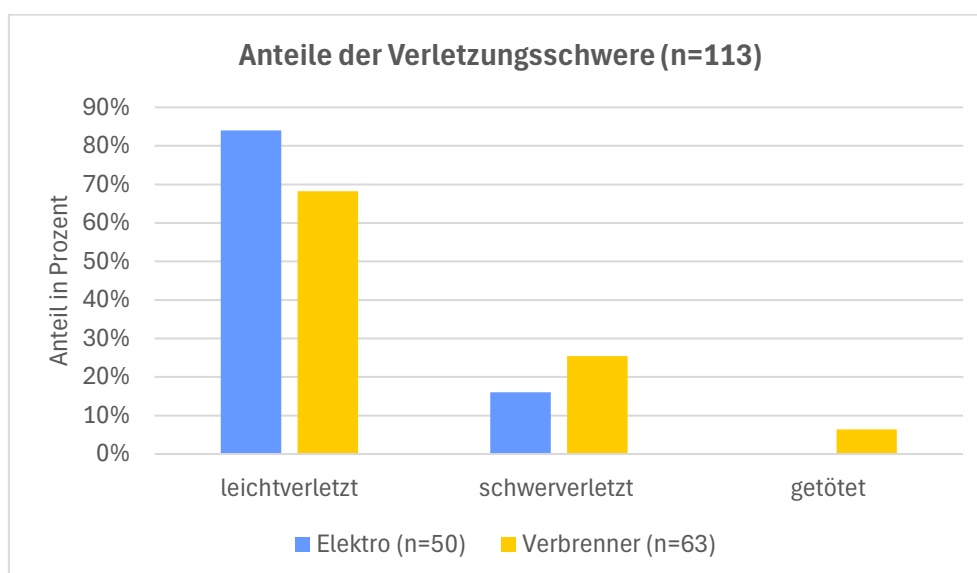


Abbildung 10: Verteilung der Verletzungsschwere für alle Unfälle

Wie bereits in den vorangegangenen Auswertungen zeigt sich auch hier eine grundsätzlich gute Vergleichbarkeit zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen. Auf

der betrachteten Auswertungsebene sind keine signifikanten Unterschiede in der Verletzungsschwere zwischen beiden Gruppen erkennbar.

Die in der polizeilichen Statistik übliche Einteilung in die Kategorien „leicht verletzt“, „schwer verletzt“ und „getötet“ erweist sich für eine detaillierte unfallanalytische Betrachtung jedoch als nur eingeschränkt aussagekräftig. Eine differenziertere und in der Unfallforschung weit verbreitete Methode zur Beschreibung der Verletzungsschwere ist die Abbreviated Injury Scale (AIS) (Johannsen, 2013). Diese Skala ordnet jeder Verletzung einen numerischen Wert zwischen 1 und 6 zu, der den Grad der Lebensbedrohlichkeit widerspiegelt.

In Abbildung 11 ist die Verteilung der Verletzungsschwere gemäß der AIS-Kodierung dargestellt. Berücksichtigt wurde jeweils die am schwersten verletzte Person eines Unfalls sowie deren schwerste Einzelverletzung. Da in der praktischen Anwendung eine trennscharfe Abgrenzung zwischen sehr leicht verletzt (AIS 1) und unverletzt (AIS 0) kaum möglich ist, wurden diese beiden Kategorien in der vorliegenden Analyse zur Gruppe AIS 0 bis 1 zusammengefasst. Diese umfasst somit alle Beteiligten, die nicht oder nur geringfügig verletzt wurden.

Am oberen Ende der Skala wurden alle Verletzten mit einer AIS-Klassifikation von 3 oder höher zur Gruppe AIS 3+ zusammengefasst. Diese Entscheidung beruht einerseits auf den geringen Fallzahlen in den höheren Schweregraden, die eine weitergehende Untergliederung statistisch wenig sinnvoll machen, und andererseits auf der gängigen Praxis in der Unfallforschung, Verletzungen ab AIS 3 als lebensbedrohlich zu klassifizieren. Die Zusammenfassung trägt somit zur methodischen Vergleichbarkeit der vorliegenden Ergebnisse mit anderen Studien bei.

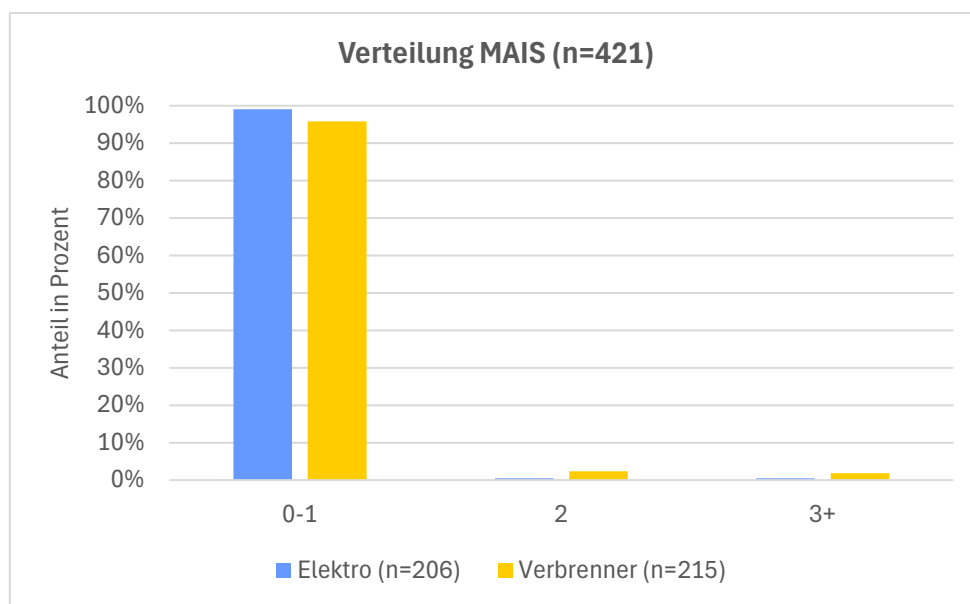


Abbildung 11: Verletzungsschwere gemäß AIS-Kodierung für alle Unfälle

Wie in nahezu allen allgemeinen Unfallanalysen zeigt sich auch in der vorliegenden Auswertung, dass der überwiegende Teil der Unfallbeteiligten unverletzt oder nur leicht verletzt einen Unfall übersteht. Verletzungen mit einer Schwere von AIS 2 oder höher treten lediglich in einer geringen Anzahl von Fällen auf. Diese Verteilung gilt für beide Vergleichsgruppen – Unfälle mit Elektrofahrzeugen und solche mit Verbrennerfahrzeugen – in gleicher Weise.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die hier dargestellte Auswertung der Verletzungsschwere eine breite Bandbreite unterschiedlicher Unfallkonstellationen umfasst. Neben Pkw–Pkw-Kollisionen sind darin auch Pkw–Fußgänger- und Pkw–Radfahrer-Unfälle enthalten. Aus diesem Grund wäre es auf dieser Ebene nicht zulässig, spezifische Aussagen über das Unfallverhalten von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu Verbrennerfahrzeugen abzuleiten. Dennoch lässt sich festhalten, dass die grundsätzliche Datenbasis beider Gruppen als gut vergleichbar einzuschätzen ist.

Abbildung 12 zeigt die Verteilung der häufigsten Unfalltypen für beide Vergleichsgruppen über alle erfassten Fälle. Der Unfalltyp beschreibt die Konfliktsituation, die zum Unfall führte, d.h. die Phase des Verkehrsgeschehens, in der ein Fehlverhalten oder eine sonstige Ursache den weiteren Ablauf nicht mehr kontrollierbar machte (GDV, 1998).

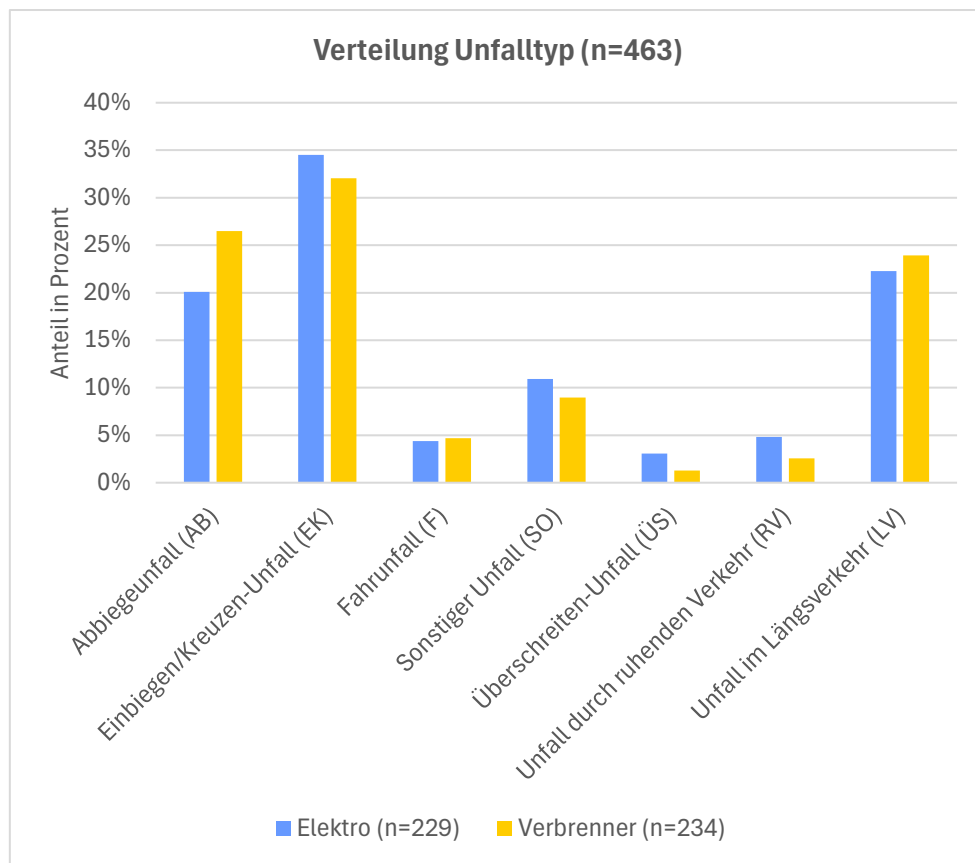


Abbildung 12: Verteilung des Unfalltyps für alle Unfälle

Auf dieser vergleichsweise allgemeinen Auswertungsebene sind keine grundlegenden Unterschiede zwischen Elektrofahrzeugen und Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor erkennbar. Die Verteilung über die verschiedenen Unfalltypen zeigt in beiden Gruppen ein ähnliches Muster. Im Detail lassen sich jedoch einzelne Verschiebungen zwischen den Antriebsarten beobachten, die im Rahmen der detaillierten Analysen spezifischer Kollisionsarten in den folgenden Kapiteln näher untersucht werden sollen.

Ein vergleichbares Bild ergibt sich bei der Auswertung der Unfallarten (siehe Abbildung 13). Die Unfallart beschreibt vom gesamten Unfallablauf die Bewegungsrichtung der beteiligten Fahrzeuge zueinander beim ersten Zusammenstoß auf der Fahrbahn oder, wenn es nicht zum Zusammenstoß gekommen ist, die erste mechanische Einwirkung auf einen Verkehrsteilnehmer (DESTATIS, 2022).

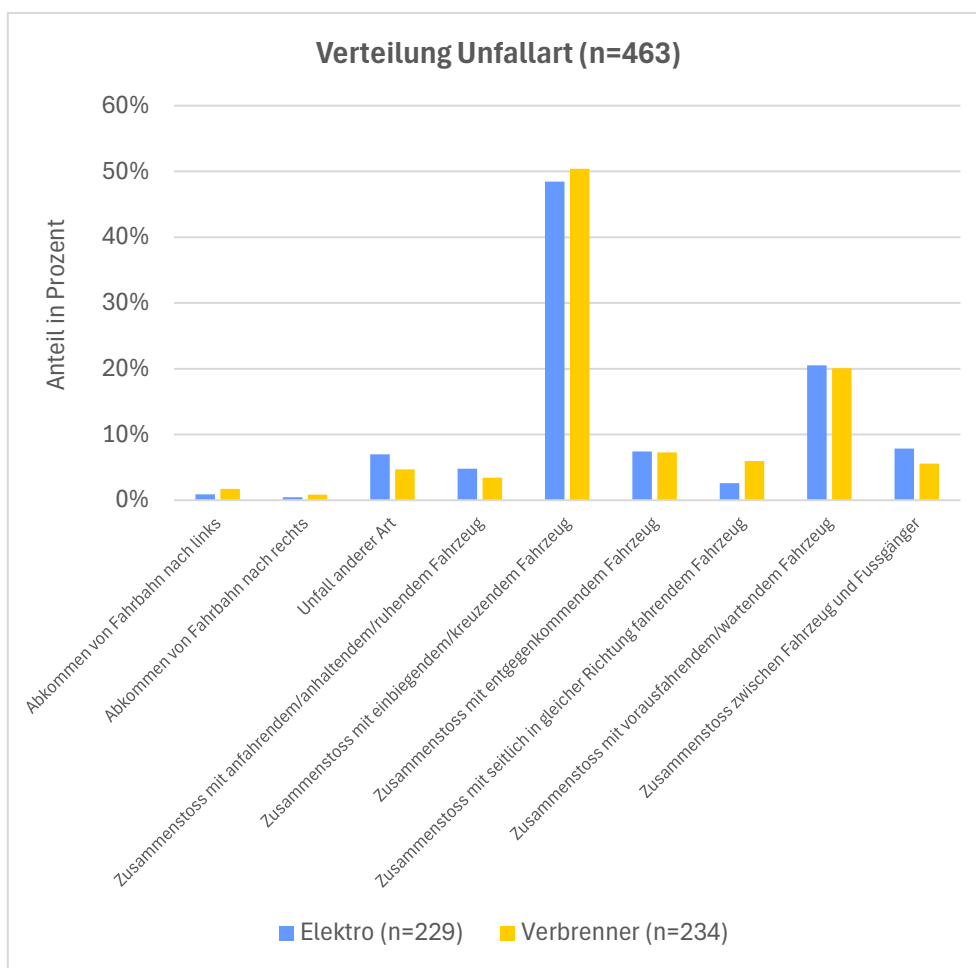


Abbildung 13: Verteilung der Unfallart für alle Unfälle

Wie bereits in den vorangegangenen Analysen dieses Abschnitts zeigt sich auch bei der Betrachtung der Unfallarten, dass die Verteilungen zwischen Elektrofahrzeugen und Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor weitgehend übereinstimmen. Insgesamt entspricht die beobachtete Verteilung den Ergebnissen früherer Unfallanalysen und spiegelt damit die allgemein bekannten Muster des Unfallgeschehens wider.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die bislang ausgewerteten Unfalldaten beider Fahrzeuggruppen hinsichtlich ihrer grundlegenden Merkmale eine hohe Vergleichbarkeit aufweisen. Die Datengrundlage kann somit als geeignet und belastbar für die Durchführung weiterer, detaillierter Analysen angesehen werden.

3.2.2. Detaillierte Unfallanalyse für ausgewählte Kollisionsszenarien

In diesem Abschnitt wird das Unfallgeschehen gezielt für die drei Kollisionskonstellationen – Pkw/Pkw, Pkw/Fußgänger und Pkw/Radfahrer – untersucht. Alle Fälle, die in Abbildung 7 unter der Kategorie „sonstige“

zusammengefasst sind, werden in den folgenden Analysen nicht berücksichtigt. Dabei handelt es sich um eine Vielzahl heterogener Unfallkonstellationen (z. B. mit Lkw, Bussen, Wohnmobilen u. a.), die aufgrund der geringen Fallzahlen einzelner Untergruppen keiner statistisch sinnvollen Auswertung zugänglich sind. In ihrer Gesamtheit sind diese Fälle zudem zu unspezifisch, um in einer gemeinsamen Analyse valide Erkenntnisse zu liefern.

Auch die Pkw–Motorrad-Kollisionen, die mit 66 Einzelfällen zwar in nennenswerter Zahl vertreten sind, wurden aus den weiteren Betrachtungen ausgeschlossen. Diese Entscheidung beruht einerseits auf der Erkenntnis, dass Motorradfahrende bei einer Kollision mit einem Pkw regelmäßig die stärker geschädigte Partei sind, sodass ein Vergleich zwischen Unfällen mit Elektro- und Verbrennerfahrzeugen nur einen begrenzten Erkenntnisgewinn erwarten ließe. Andererseits ließen sich im Vergleich der durchgeführten Analysen keine Unterschiede im Unfallmuster erkennen.

Die Verteilung der für die Analyse herangezogenen Fallzahlen ist in Abbildung 14 dargestellt.

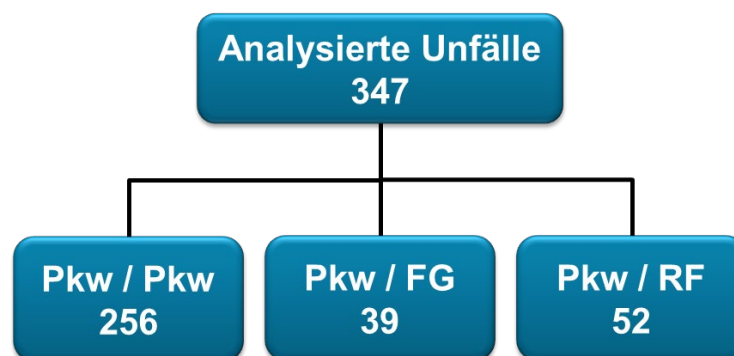


Abbildung 14: Anzahl der untersuchten Kollisionen für verschiedenen Kollisionspartner

Im Vergleich zur Ausgangsstichprobe (siehe Abbildung 6) ist eine Reduktion der Fallzahl zu verzeichnen. Die Abnahme der Pkw–Pkw-Kollisionen von 288 auf 256 Fälle resultiert daraus, dass in den nachfolgenden Analysen ausschließlich jene Unfälle berücksichtigt werden, bei denen das Fahrzeug des Hauptverursachers (Beteiligter 01) ein Elektrofahrzeug oder ein Verbrennerfahrzeug aus der definierten Fahrzeugliste ist. Fälle, in denen diese Fahrzeuge lediglich als weitere Beteiligte vorkommen, wurden ausgeschlossen. Durch diese Eingrenzung soll sichergestellt werden, dass die betrachteten Fahrzeuge im jeweiligen Unfall eine maßgebliche Rolle bei der Entstehung des Ereignisses gespielt haben und nicht lediglich zufällig in das Unfallgeschehen involviert waren. Nur unter dieser Voraussetzung lassen sich

belastbare Aussagen darüber treffen, ob und inwiefern Unterschiede im Unfallgeschehen zwischen beiden Antriebsarten bestehen.

Die Unfälle zwischen Pkw und Radfahrer:innen bzw. Fußgänger:innen wurden hingegen vollständig in die weiteren Analysen einbezogen. Da in diesen Konstellationen der Pkw-Fahrende in der Regel als Hauptverursacher identifiziert wird und die ungeschützten Verkehrsteilnehmenden typischerweise die schwereren Verletzungen erleiden, liegt der Fokus hier vor allem auf der Interaktion zwischen den beiden Verkehrsbeteiligten. Die Frage der Hauptverursachung spielt dabei eine untergeordnete Rolle.

Im Vergleich zum ursprünglichen Datensatz wurden zusätzlich sechs Pkw–Radfahrer-Kollisionen ausgeschlossen, da diese Fälle hinsichtlich Entstehung und Verlauf unspezifisch waren und sich somit nicht für die Bildung typischer Unfallmuster eigneten.

Der Vergleich des Straßenzustands für die drei untersuchten Kollisionskonstellationen ist in Abbildung 15 bis Abbildung 17 dargestellt. Insgesamt zeigt sich, dass die Verteilung zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen über alle Konstellationen hinweg sehr ähnlich ist. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Fallzahl bei Pkw–Pkw-Kollisionen deutlich höher ist als bei den Pkw–Fußgänger- und Pkw–Radfahrer-Unfällen. Folglich können bereits geringe absolute Unterschiede bei den kleineren Stichproben zu relativ großen prozentualen Abweichungen führen. So erscheint beispielsweise die vermeintlich ungleiche Verteilung beim Straßenzustand in der Gruppe der Pkw–Fußgänger-Unfälle lediglich deshalb markant, weil zwei Unfälle mehr mit Elektrofahrzeugen auf trockener Fahrbahn verzeichnet wurden. Aufgrund der insgesamt geringen Fallzahlen ergibt sich daraus ein rechnerischer Unterschied von rund 18 %, der statistisch jedoch nicht signifikant ist.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass keine systematischen Unterschiede im Unfallgeschehen zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen in Abhängigkeit vom Straßenzustand erkennbar sind.

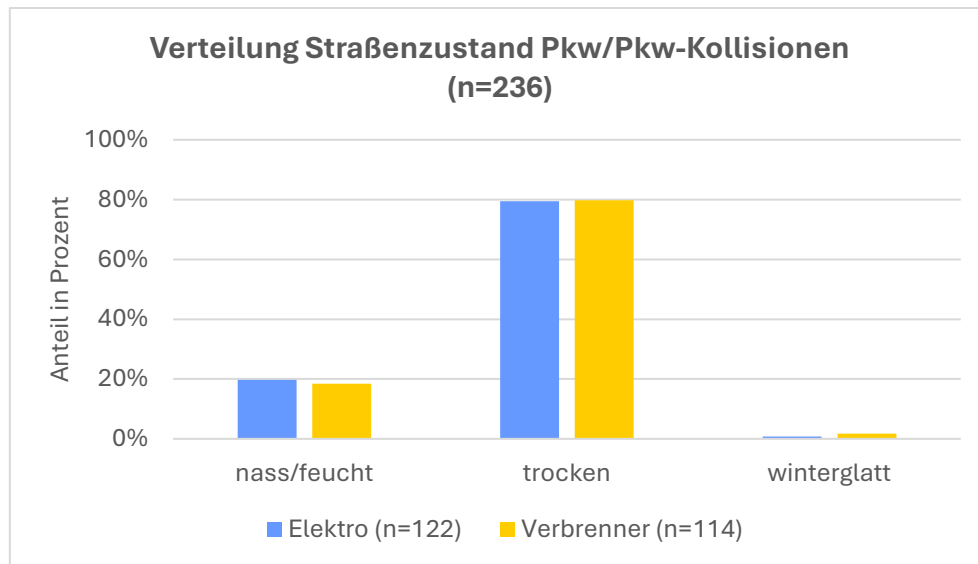


Abbildung 15: Verteilung des Straßenzustandes für Pkw/Pkw-Kollisionen

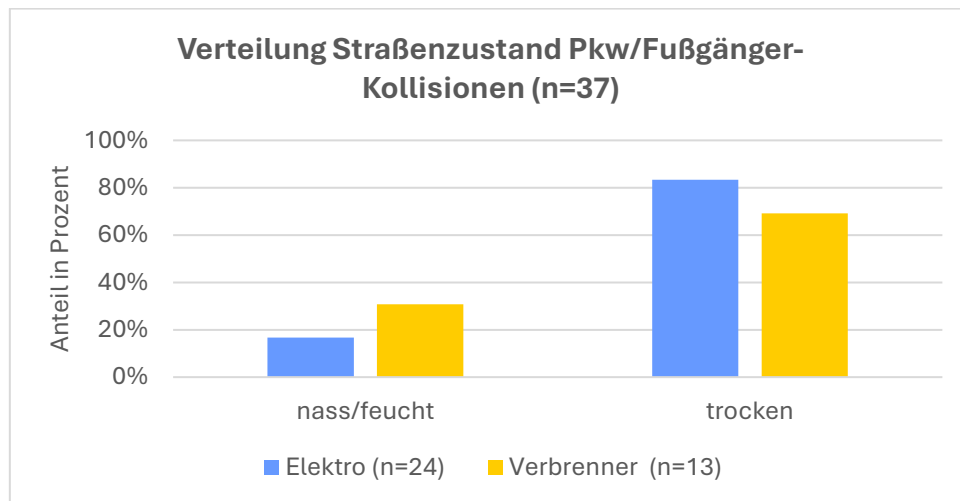


Abbildung 16: Verteilung des Straßenzustandes für Pkw/Fußgänger-Kollisionen

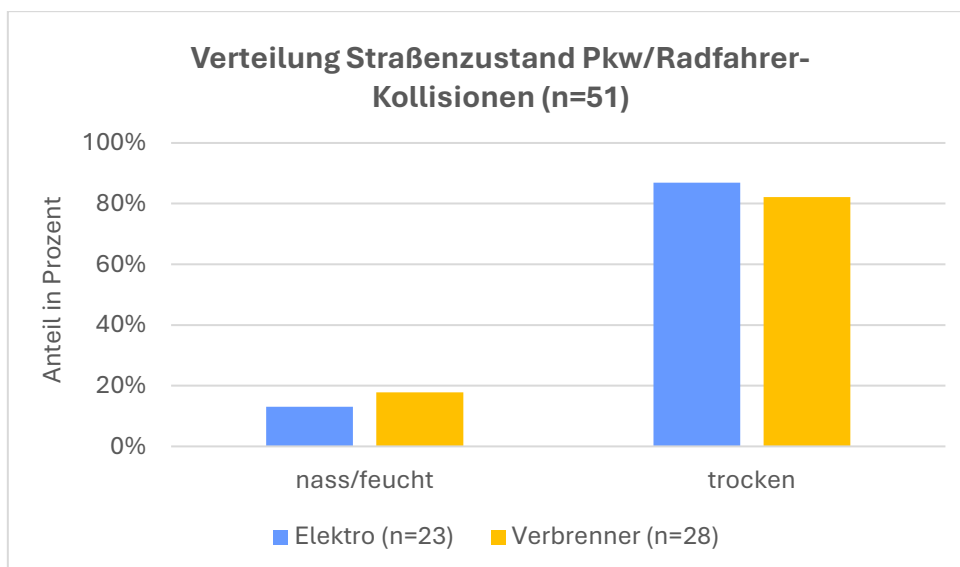


Abbildung 17: Verteilung des Straßenzustandes für Pkw/Radfahrer-Kollisionen

Die Verteilung der Unfälle auf die Ortslage ist in den folgenden Diagrammen dargestellt (siehe Abbildung 18 bis Abbildung 20).

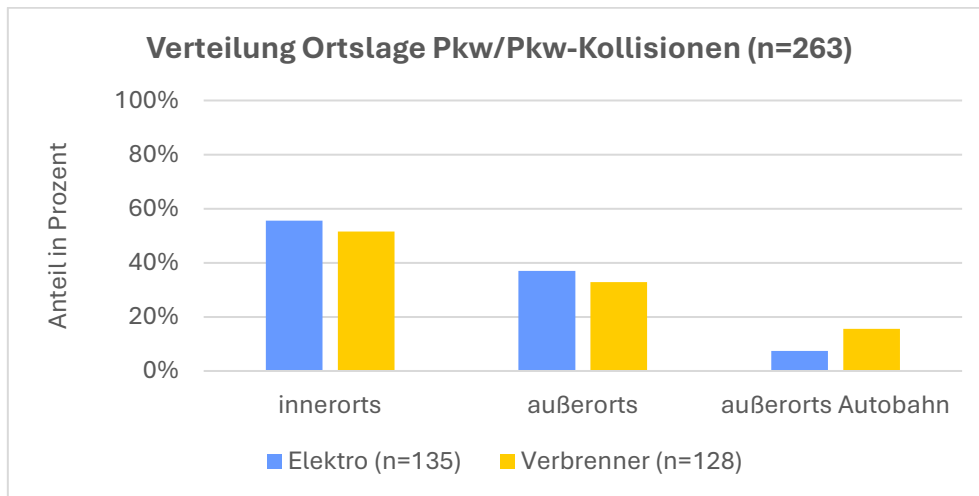


Abbildung 18: Verteilung der Ortslage für Pkw/Pkw-Kollisionen

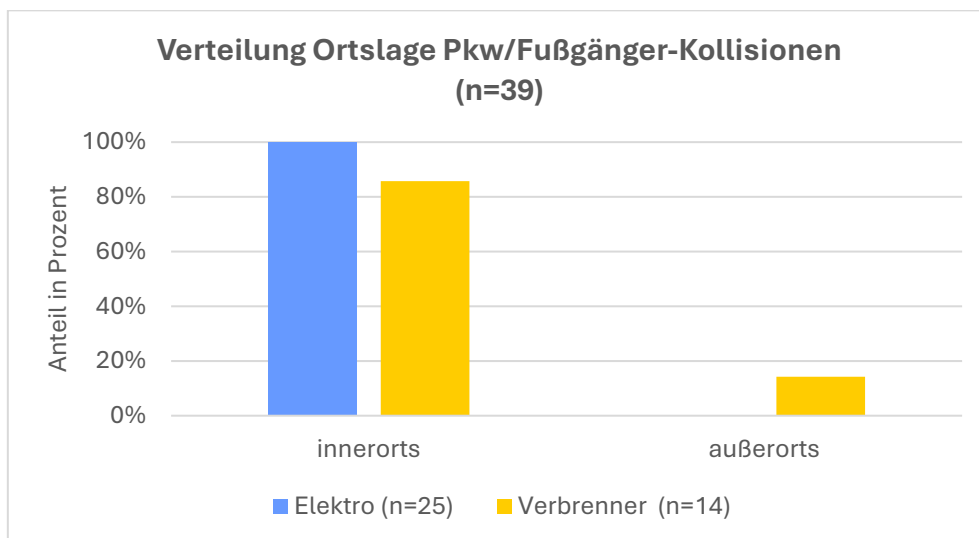


Abbildung 19: Verteilung der Ortslage für Pkw/Fußgänger-Kollisionen

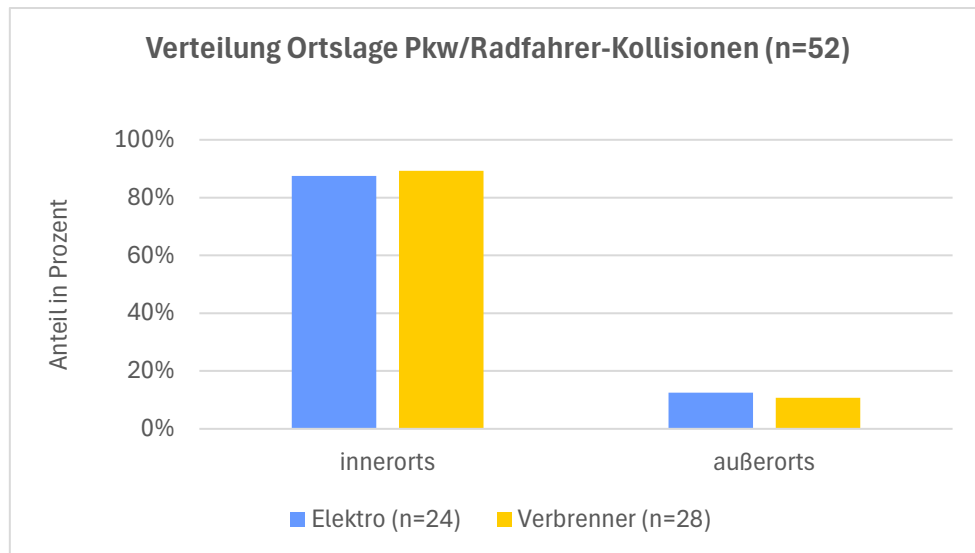


Abbildung 20: Verteilung der Ortslage für Pkw/Radfahrer-Kollisionen

Während die Verteilungen bei Fußgänger- und Radfahrerunfällen weitgehend übereinstimmen – es wurden lediglich zwei Pkw–Fußgänger-Unfälle mehr im außerörtlichen Bereich registriert – zeigen sich bei den Pkw–Pkw-Kollisionen deutliche Unterschiede zwischen den beiden Antriebssystemen. Trotz einer vergleichsweise großen Fallzahl ist eine Verschiebung hin zu mehr Autobahnunfällen bei Verbrennerfahrzeugen im Vergleich zu Elektrofahrzeugen erkennbar.

An dieser Stelle kann lediglich spekuliert werden, ob sich das Unfallgeschehen auf Autobahnen grundsätzlich unterscheidet oder ob die geringere Zahl von Autobahnunfällen mit Elektrofahrzeugen auf nutzerspezifische Unterschiede im Fahrverhalten bzw. in der Fahrzeugnutzung zurückzuführen ist – etwa auf einen insgesamt selteneren Einsatz von Elektrofahrzeugen auf Autobahnen. Unabhängig davon sollte dieser Befund in weiteren Detailanalysen sowie insbesondere in den nutzerspezifischen Erhebungen (siehe Kapitel 4) vertieft betrachtet und, soweit möglich, erläutert werden.

Die Auswertung der Unfalltypen für die drei Kollisionskonstellationen (siehe Abbildung 21 bis Abbildung 23) zeigt für Pkw–Pkw-Unfälle eine sehr ähnliche Verteilung zwischen Verbrenner- und Elektrofahrzeugen. Auch bei Pkw–Radfahrer-Kollisionen sind kleinere Unterschiede in der Verteilung eher auf statistische Schwankungen zurückzuführen. Auffälliger sind hingegen die Unterschiede bei den Pkw–Fußgänger-Unfällen. Zwar kann aufgrund der vergleichsweise geringen Fallzahlen nicht ausgeschlossen werden, dass das zum Teil doppelt so häufige Auftreten bestimmter Unfalltypen auf Zufallseffekten beruht, dennoch erscheint eine vertiefte Analyse einzelner

Fallbeschreibungen sinnvoll, um das jeweilige Unfallgeschehen genauer zu verstehen. Diese Detailbetrachtung wird in Kapitel 3.4.1 näher beschrieben.

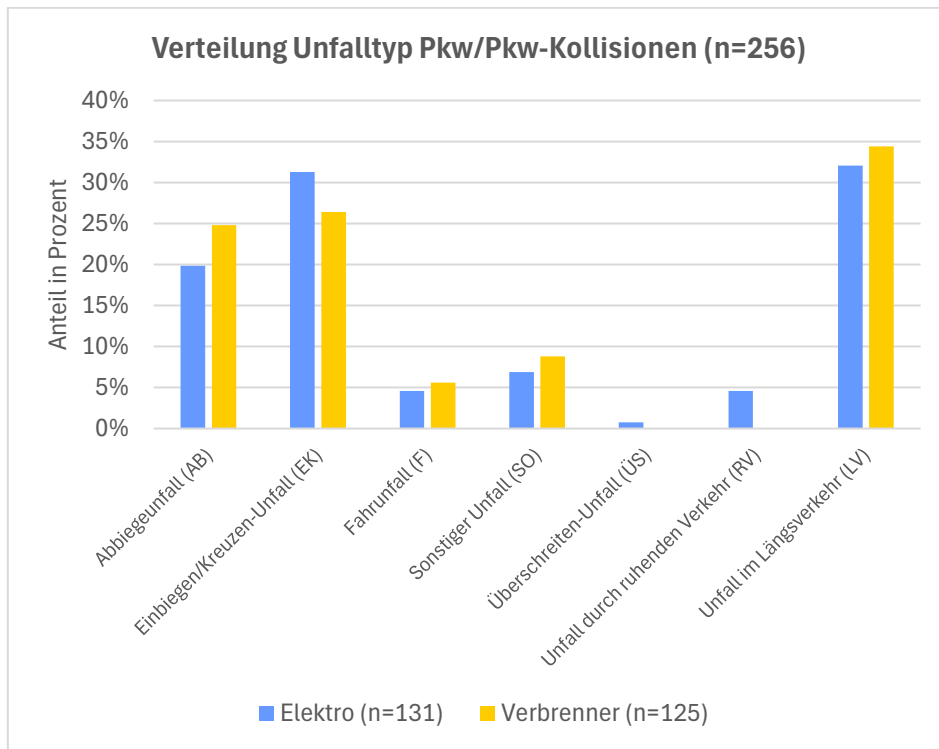


Abbildung 21: Verteilung des Unfalltyps für Pkw/Pkw-Kollisionen

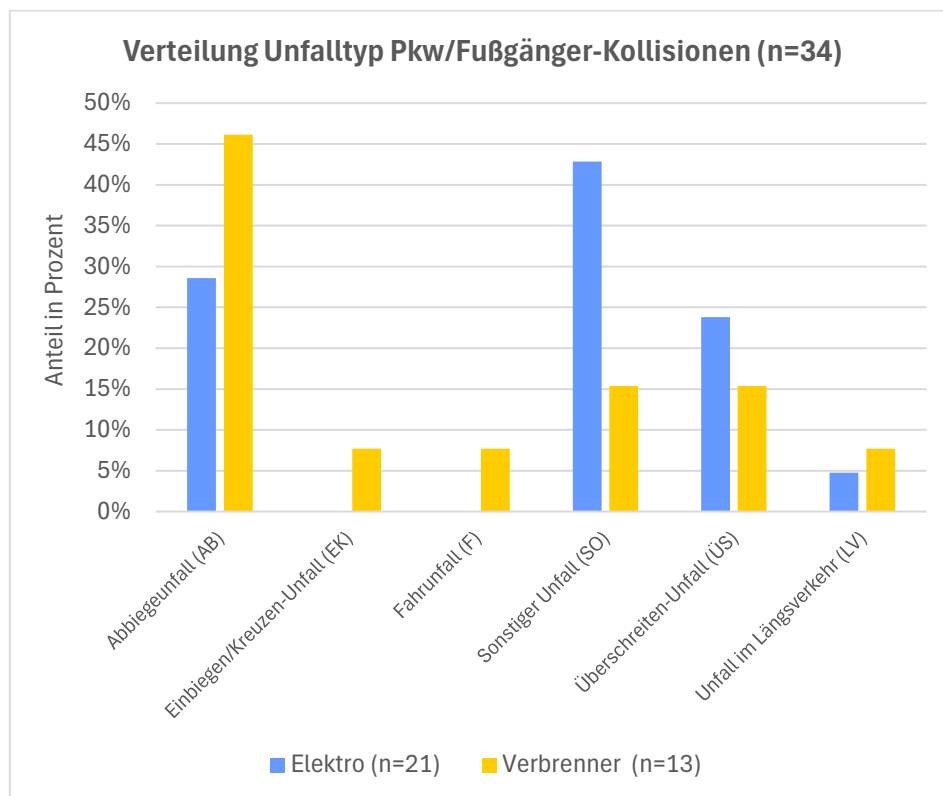


Abbildung 22: Verteilung des Unfalltyps für Pkw/Fußgänger-Kollisionen

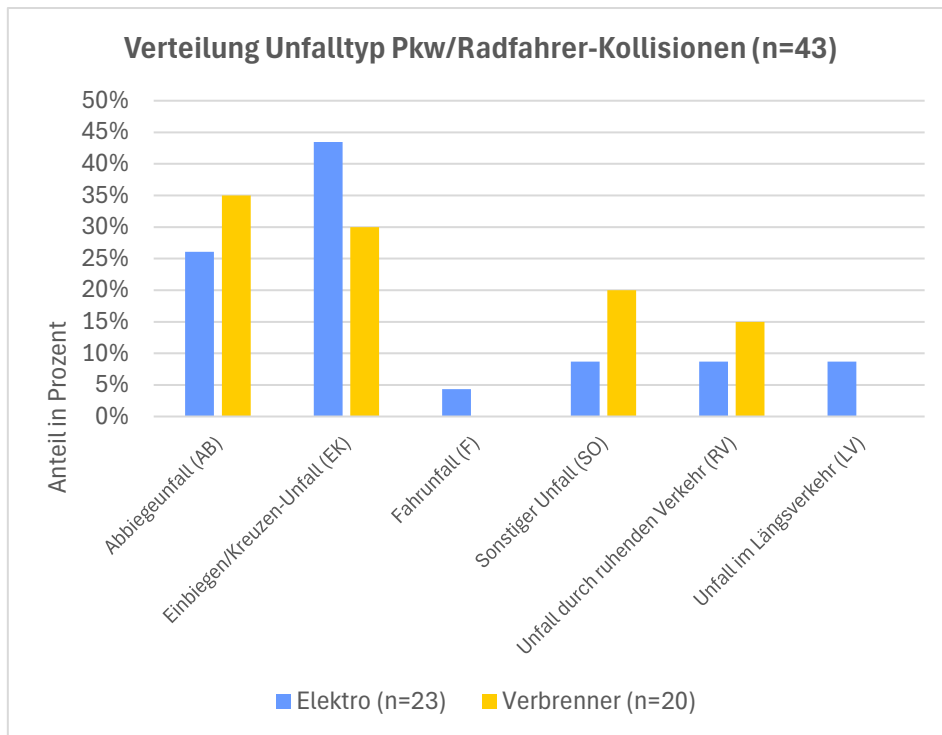


Abbildung 23: Verteilung des Unfalltyps für Pkw/Radfahrer-Kollisionen

Analog zur vorhergehenden Gesamtbetrachtung wurde auch für die drei hier analysierten Kollisionskonstellationen die Unfallart ausgewertet. Im Vergleich zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen zeigen sich dabei keine erkennbaren Unterschiede in der Verteilung der Unfallarten (siehe Abbildung 24 bis Abbildung 26).

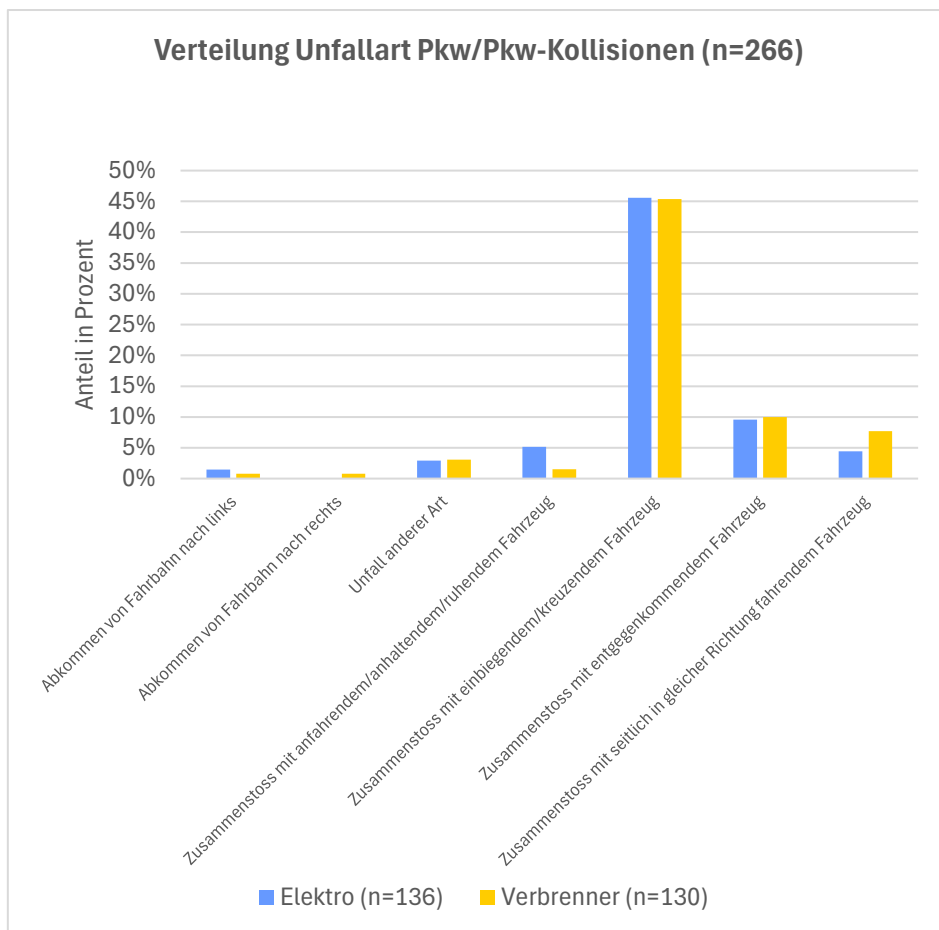


Abbildung 24: Verteilung der Unfallart für Pkw/Pkw-Kollisionen

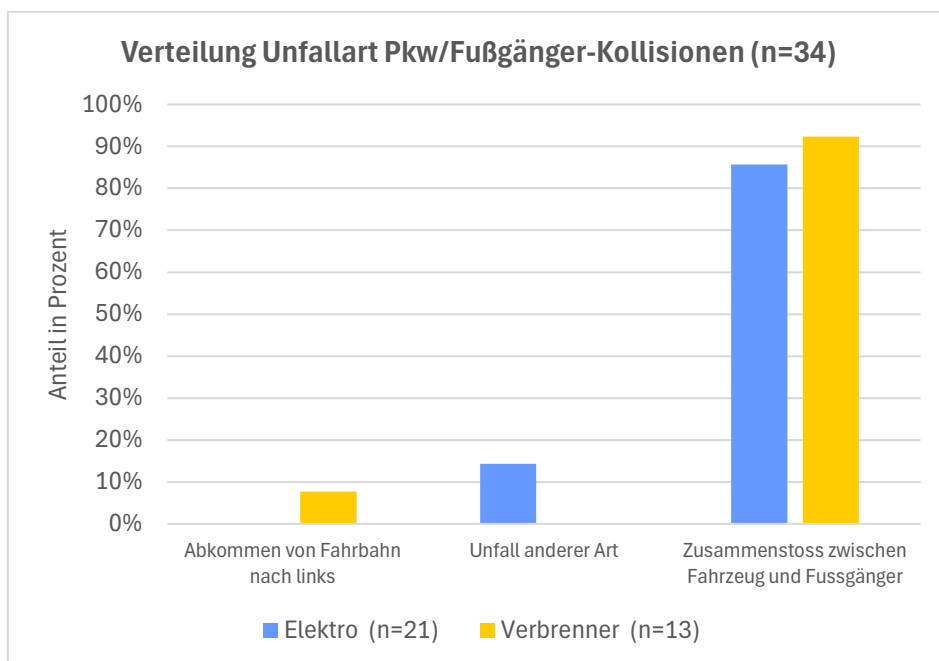


Abbildung 25: Verteilung der Unfallart für Pkw/Fußgänger-Kollisionen

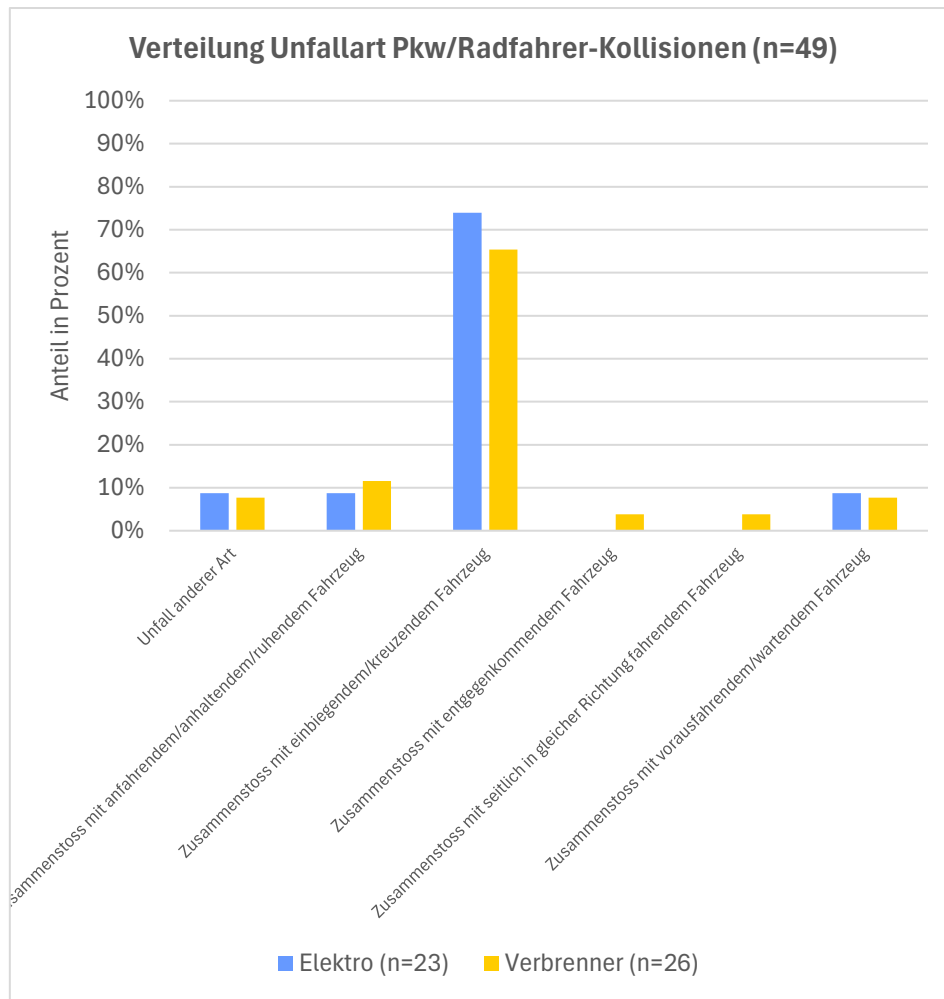


Abbildung 26: Verteilung der Unfallart für Pkw/Radfahrer-Kollisionen

Die Charakteristik der Unfallstelle beschreibt, welche Merkmale und Eigenschaften am Unfallort ggf. vorhanden waren. Im Vergleich der beiden Antriebsformen zeigt sich auch hier zunächst kein auffälliger Unterschied (Abbildung 27 bis Abbildung 29). Allerdings fällt für die Fahrrad-Kollisionen auf, dass auffällig viele Unfälle an Grundstücksein- und Ausfahrten passieren (Abbildung 29). Eine detaillierte Analyse der sieben Einzelfälle lässt jedoch kein eindeutiges Muster im Unfallgeschehen zwischen Pkw und Radfahrer:innen erkennen. Dies zeigt sich insbesondere bei der Betrachtung zusätzlicher Merkmale, wie etwa der Unfallursachen. Zu den festgestellten Ursachen bei Unfällen an Grundstücksein- und -ausfahrten zählen unter anderem Vorfahrtsmissachtungen, Fehler beim Abbiegen und Wenden, das Fahren unter Alkoholeinfluss sowie verkehrswidriges Verhalten beim Be- und Entladen.

Als gemeinsame Charakteristik dieser Unfälle lässt sich insgesamt eine wenig umsichtige beziehungsweise vorausschauende Fahrweise feststellen, die aufgrund

der deutlich höheren Fallzahlen überwiegend zulasten von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor fällt.

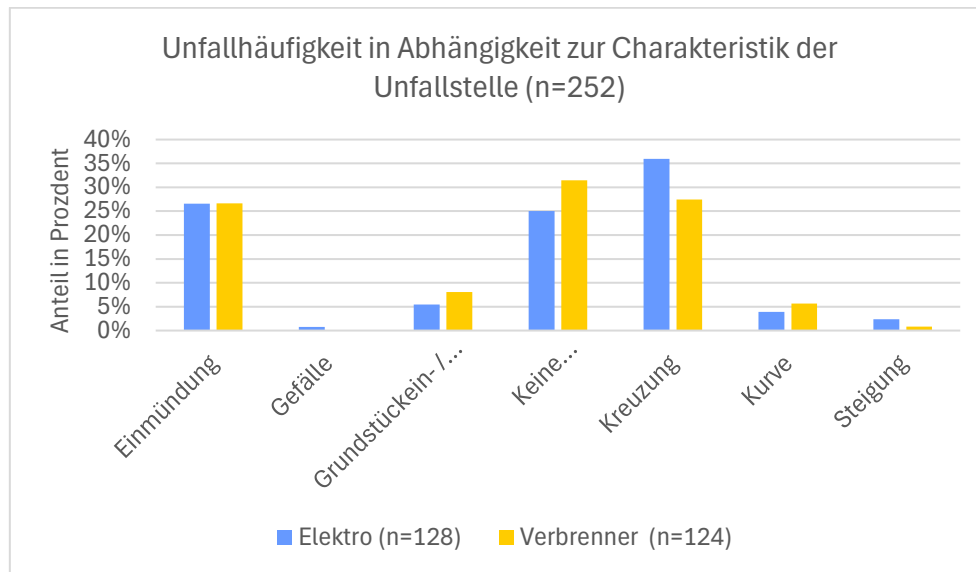


Abbildung 27: Verteilung der Charakteristik der Unfallstelle für Pkw/Pkw-Kollisionen

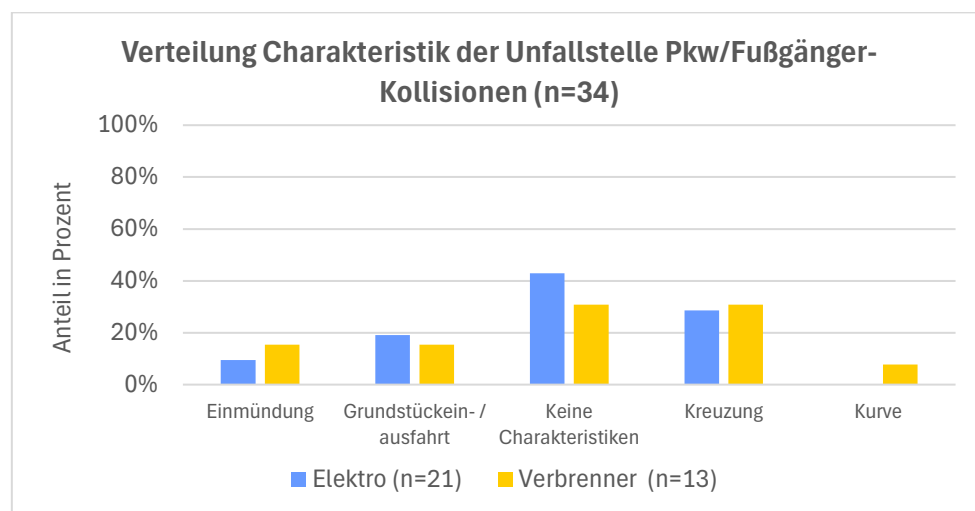


Abbildung 28: Verteilung der Charakteristik der Unfallstelle für Pkw/Fußgänger-Kollisionen

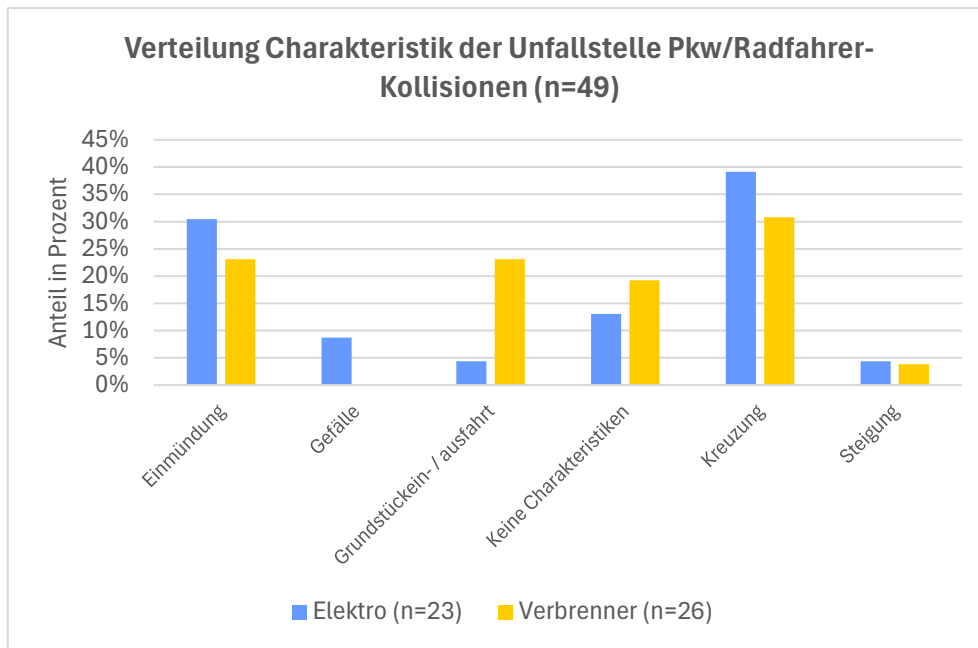


Abbildung 29: Verteilung der Charakteristik der Unfallstelle für Pkw/Radfahrer-Kollisionen

Ein zentraler Bestandteil der Unfallanalyse ist die Bewertung der Verletzungsschwere der am Unfall beteiligten Personen. In diesem Abschnitt wird hierfür ausschließlich die bereits im vorherigen Kapitel beschriebene Einteilung nach der AIS-Kodierung herangezogen.

Grundsätzlich zeigt sich für alle drei betrachteten Kollisionskonstellationen, dass keine signifikanten Unterschiede in der Verteilung der Verletzungsschwere zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen erkennbar sind. Eine abweichende Tendenz lässt sich lediglich bei Pkw–Fahrrad-Kollisionen beobachten, wo Zusammenstöße mit Elektrofahrzeugen häufiger mit schwereren Verletzungen einhergehen (siehe Abbildung 30 bis Abbildung 32).

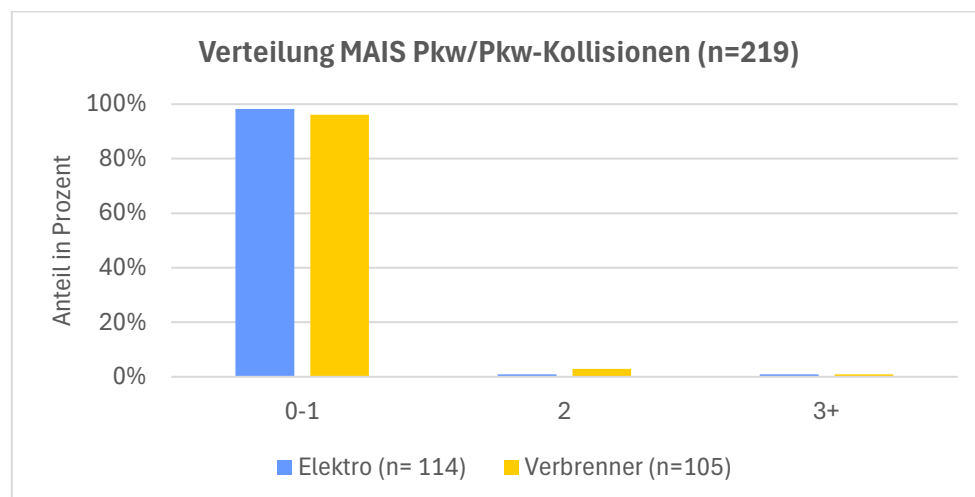


Abbildung 30: Verteilung MAIS für Pkw/Pkw-Kollisionen

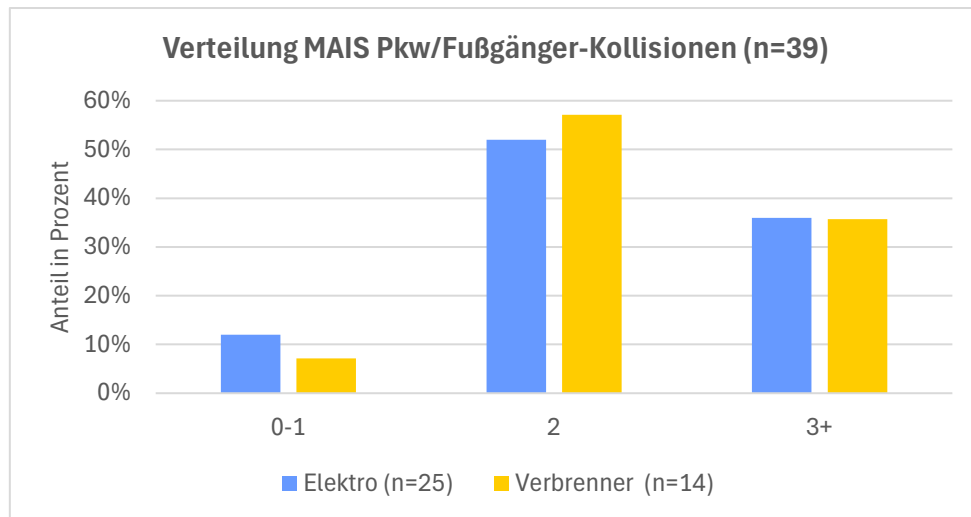


Abbildung 31 Verteilung MAIS für Pkw/Fußgänger-Kollisionen

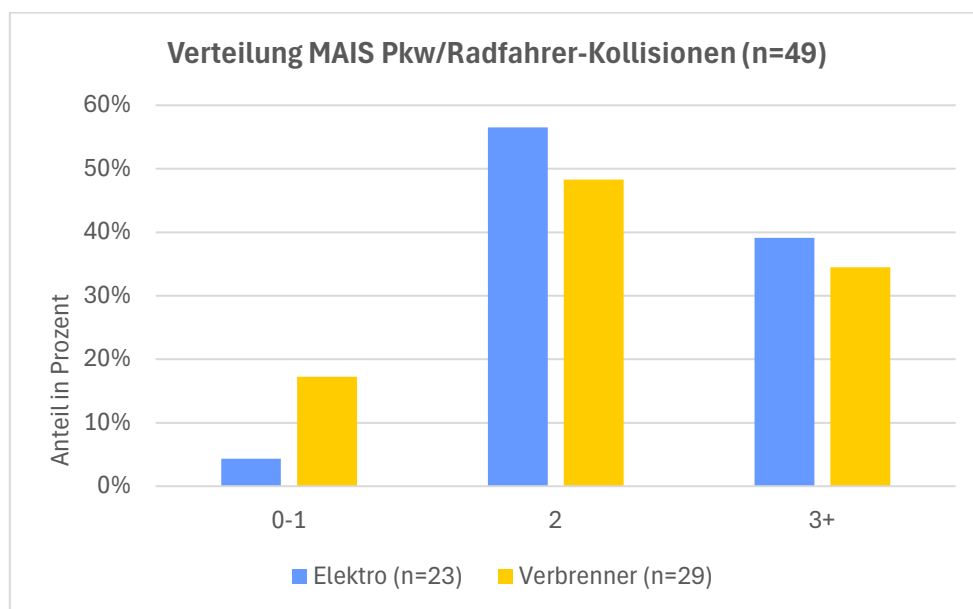


Abbildung 32: Verteilung MAIS für Pkw/Radfahrer-Kollisionen

Eine detaillierte Untersuchung der Einzelfälle von Pkw-Fahrrad-Kollisionen zeigte allerdings keine systematischen Auffälligkeiten, aus denen sich besondere Risiken durch Elektrofahrzeuge für Radfahrer:innen ableiten ließen. Vielmehr ergab eine Untersuchung des Fußgängerschutzes gemäß Euro NCAP (und hier insbesondere dem Kopfaufpralltest) für alle hier untersuchten Fahrzeugmodelle, dass es zwischen Elektrofahrzeugen und Verbrennern keinerlei Unterschiede gibt. Die Annahme, dass die Haubenstruktur oder andere Bauteile des Fahrzeugvorbaus bei E-Fahrzeugen strukturell anders und vor allem derart gestaltet sind, dass davon für den Fußgänger oder Radfahrer eine andere Verletzungsgefährdung als bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen ausgeht, lässt sich nicht bestätigen. In Abbildung 33 ist für

13 E-Fahrzeuge und für 11 Verbrenner aus den hier zugrundeliegenden Fahrzeugliste die jeweilige Punktezahl für den Kopfaufprall dargestellt, wobei Unterschiede zwischen beiden Gruppen nicht zu erkennen sind.

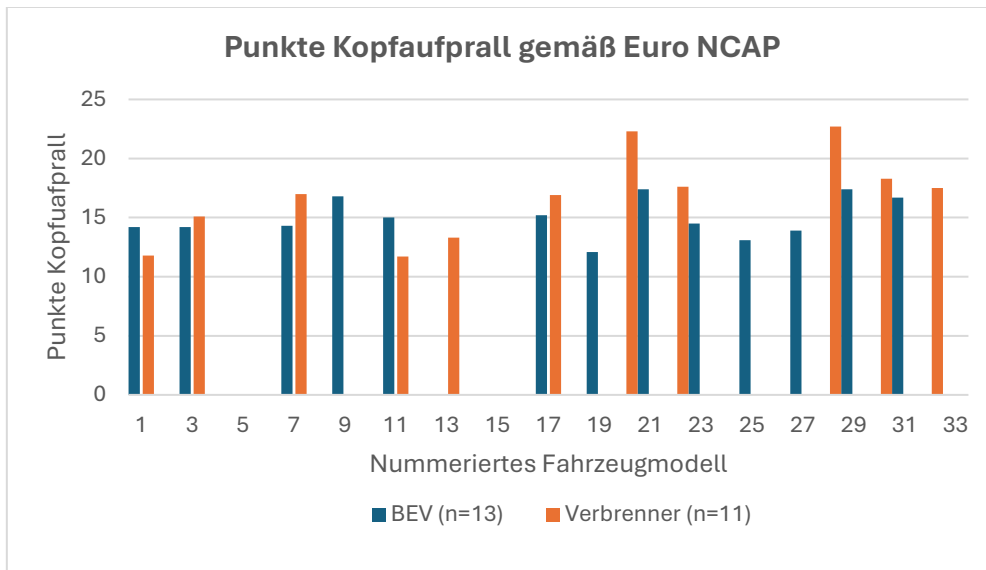


Abbildung 33: Verteilung der Punkte für den Kopfaufpralltest gemäß Euro NCAP

Bei der Analyse der Haltereigenschaft der Fahrzeugführer:innen zeigt sich eine leichte Verschiebung zugunsten der Elektrofahrzeuge (siehe Abbildung 34). Offensichtlich werden Elektrofahrzeuge häufiger von ihren Haltern – die in der Regel zugleich auch die Eigentümer sind – selbst geführt als konventionell angetriebene Fahrzeuge. Ob es sich bei den Verbrennerfahrzeugen im Einzelfall um innerhalb der Familie genutzte beziehungsweise verliehene Fahrzeuge oder um Firmenfahrzeuge handelt, kann auf Grundlage der vorliegenden Daten nicht bestimmt werden. Es ist jedoch naheliegend, dass gruppenspezifische Unterschiede in der Fahrzeugnutzung bestehen. Diese sollten insbesondere bei den Auswertungen der Nutzerbefragung in Kapitel 4 berücksichtigt werden.

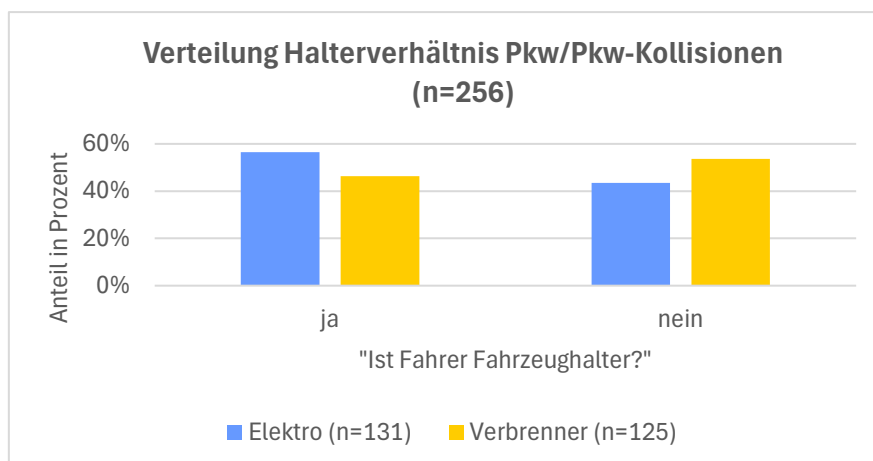


Abbildung 34: Verteilung des Halterverhältnis' für Pkw/Pkw-Kollisionen

Hinsichtlich der Geschlechterverteilung kann von einer nahezu vollständigen Gleichverteilung zwischen beiden Fahrzeuggruppen ausgegangen werden (siehe Abbildung 35). In Bezug auf die Altersstruktur zeigt sich jedoch, dass Elektrofahrzeuge überwiegend von Personen mittleren und höheren Alters geführt werden, während jüngere Fahrende häufiger mit Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor unterwegs sind (siehe Abbildung 36). Dieses Muster lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass Elektrofahrzeuge im Durchschnitt höhere Anschaffungskosten aufweisen als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und jüngere Personen tendenziell preisgünstigere Fahrzeuge nutzen. Zudem ist der Gebrauchtwagenmarkt für Elektrofahrzeuge derzeit noch deutlich weniger ausgeprägt, da entsprechende Modelle erst seit vergleichsweise kurzer Zeit in größerer Zahl verfügbar sind. Folglich liegen auch die Preise für gebrauchte Elektrofahrzeuge im Mittel über denen konventionell angetriebener Pkw.

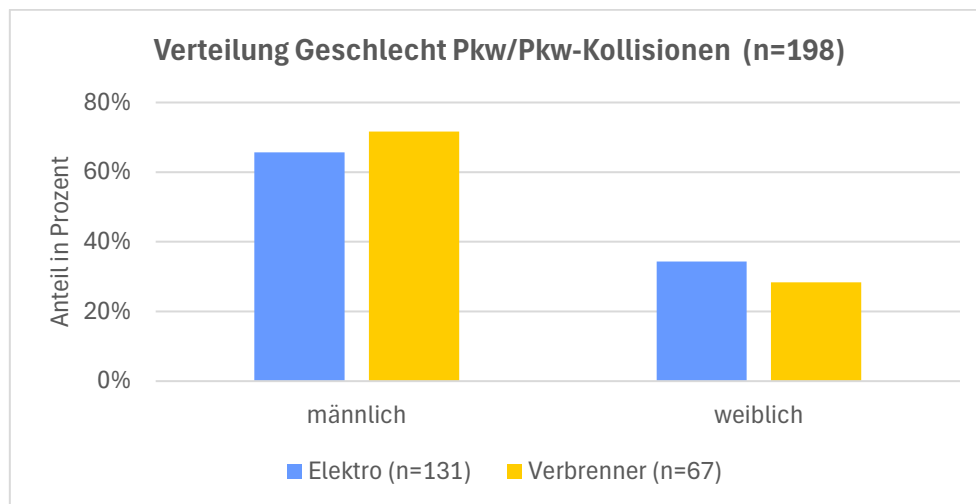


Abbildung 35: Verteilung Geschlecht für Pkw/Pkw-Kollisionen

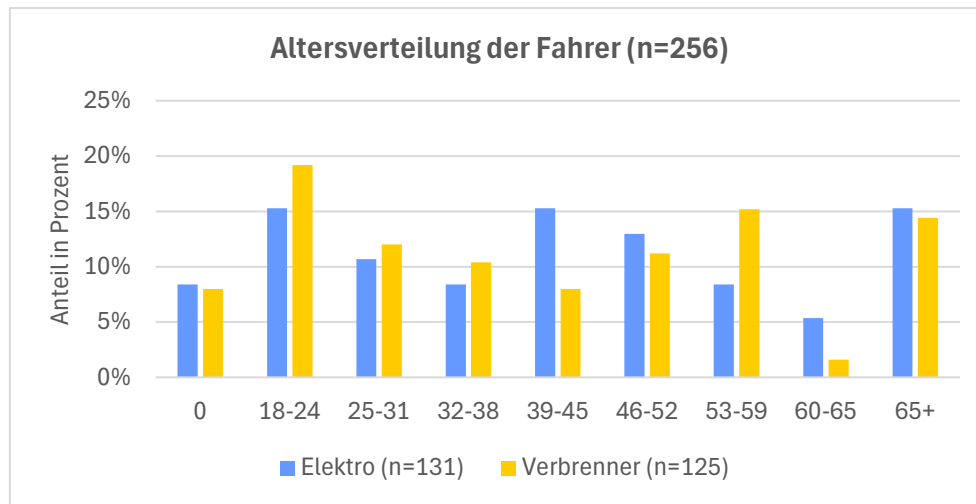


Abbildung 36: Altersverteilung für Pkw/Pkw-Kollisionen

Die zuvor formulierten Annahmen werden durch die nachfolgende Abbildung (Abbildung 37) gestützt, welche das Jahr der Erstzulassung für beide untersuchten Fahrzeuggruppen darstellt. Demnach sind die Elektrofahrzeuge im vorliegenden Datensatz im Durchschnitt deutlich jünger als die Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Während 39 % der Elektrofahrzeuge im Jahr 2019 oder früher zugelassen wurden, trifft dies auf 78 % der Verbrennerfahrzeuge zu. Daraus lässt sich ableiten, dass sich die Elektrofahrzeuge insgesamt auf einem höheren beziehungsweise neueren technischen Stand befinden. Dies betrifft auch Aspekte der aktiven und passiven Fahrzeugsicherheit, die nicht nur durch fortschreitende technische Innovationen, sondern ebenso durch zunehmend strengere Anforderungen – insbesondere seitens der Verbraucherschutzorganisationen – beeinflusst werden.

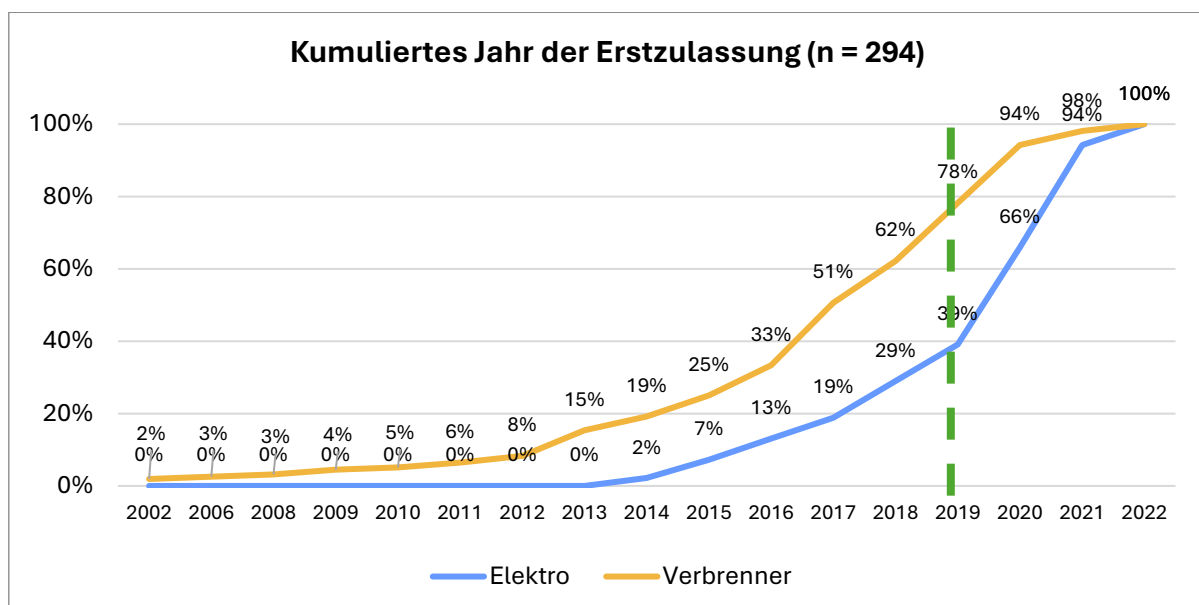


Abbildung 37: Vergleich des kumulierten Jahres der Erstzulassung

Abbildung 38 zeigt den mittleren Schadenaufwand, der sich aus der Summe der Schadenzahlungen und der Schadenrückstellungen ergibt. Die Auswertung wurde für alle drei relevanten Unfallkonstellationen – Pkw/Pkw-, Pkw/Fußgänger- und Pkw/Radfahrer-Kollisionen – durchgeführt und in einer gemeinsamen Darstellung zusammengeführt. Beim Vergleich der beiden Antriebsarten fällt auf, dass der Schadenaufwand bei Unfällen, die von Elektrofahrzeugen verursacht wurden, deutlich höher ausfällt als in der Vergleichsgruppe der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor.

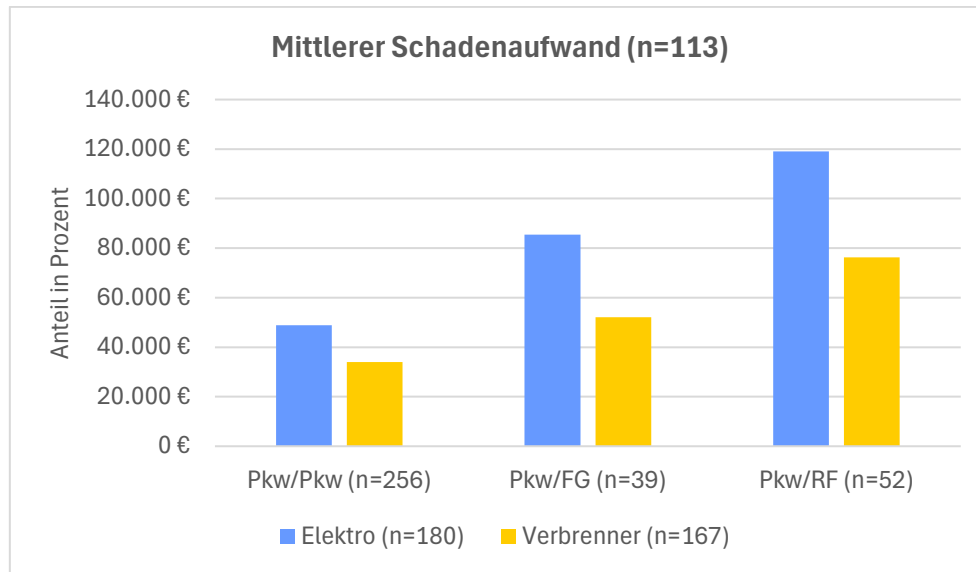


Abbildung 38: Mittlerer Schadenaufwand für verschiedene Kollisionsszenarien

Angesichts dieser auffälligen Unterschiede wurde eine vertiefende Analyse der Unfalldaten vorgenommen. Es zeigt sich, dass die Höhe der Schadenrückstellung – als Hauptkomponente des gesamten Schadenaufwands – insbesondere bei Schadenssummen oberhalb von etwa 100.000 Euro maßgeblich durch die Schwere der Verletzungen sowie die daraus resultierenden medizinischen Behandlungen, Ausfallzeiten und langfristigen Beeinträchtigungen beeinflusst wird. Ab dieser Schwelle treten deutliche Unterschiede zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen auf, vor allem bei Unfällen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmenden.

So wurde bei Fußgängerunfällen ein höherer Anteil schwerer Schadensereignisse (Schadenaufwand > 100.000 €) für Elektrofahrzeuge (28 %) als für Verbrenner (19 %) festgestellt. Zudem ereigneten sich bei Elektrofahrzeugen häufiger Unfälle mit mehreren betroffenen Fußgänger:innen, teilweise mit tödlichem Ausgang.

Darüber hinaus fällt eine signifikant höhere mittlere Kollisionsgeschwindigkeit auf: Sie lag bei Elektrofahrzeugen bei rund 20 km/h, während sie bei Verbrennerfahrzeugen im Mittel unter 10 km/h betrug.

Diese detaillierte Betrachtung der Unfalldaten weist somit auf deutliche Unterschiede im Unfallgeschehen und möglicherweise auch im Fahr- beziehungsweise Nutzerverhalten zwischen beiden Fahrzeuggruppen hin. Der höhere Schadenaufwand gegenüber Verbrennern zeigt sich zunächst deutlich und betrifft nicht nur Pkw, sondern auch ungeschützte Verkehrsteilnehmer. Während sich für Pkw-Unfälle stimmige Erklärungsmuster in dargestellten Unfallanalysen finden lassen, können diese derzeit nicht für VRU-Unfälle gefunden werden. Hier erscheint zukünftig eine weitere, detaillierte Datenanalyse notwendig zu sein.

Abschließend wurde untersucht, in wie vielen Fällen ein Fahrzeug infolge eines Unfalls in Brand geraten ist. Mit Ausnahme eines einzelnen Ereignisses, das ein Elektrofahrzeug betraf, trat in keinem der analysierten Unfälle ein Fahrzeugbrand auf. Damit bestätigen die vorliegenden Ergebnisse die Erkenntnisse aus der Literatur zum Brandverhalten von Fahrzeugen insofern, als auch in diesem Datensatz keine signifikanten Unterschiede zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen festzustellen sind. Erst recht konnte keine erhöhte Brandhäufigkeit bei Elektrofahrzeugen nachgewiesen werden.

Die bisherigen Auswertungen der Unfalldaten zeigen eine gute Vergleichbarkeit der beiden Datensätze von Elektrofahrzeugen und Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Obwohl die Analysen bislang auf einer relativ aggregierten Ebene durchgeführt wurden, lassen sich bereits erste Unterschiede in der Fahrzeugnutzung erkennen, beispielsweise im Hinblick auf das Unfallgeschehen auf Autobahnen sowie im Vergleich der Fahrzeughalterstrukturen. Zudem deuten die Daten auf erste Differenzen in der Verletzungsschwere ungeschützter Verkehrsteilnehmer (VRUs) hin. Eine weitere zentrale Erkenntnis ist, dass die untersuchten Elektrofahrzeuge im Vergleich zu den konventionell angetriebenen Pkw durchgehend einen jüngeren Fahrzeugbestand repräsentieren.

3.3. Detaillierte Auswertung von Pkw-Pkw-Unfällen

In den bisherigen Analysen dieses Kapitels wurden die Unfalldaten zunächst auf einer übergeordneten, deskriptiven Ebene untersucht und die Ergebnisse für

Elektrofahrzeuge und Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor miteinander verglichen. Dabei zeigte sich einerseits eine grundsätzlich gute Vergleichbarkeit beider Gruppen, andererseits wurden bereits erste Unterschiede in verschiedenen Aspekten des Unfallgeschehens deutlich.

Im nun folgenden Abschnitt soll untersucht werden, inwieweit sich Elektro- und Verbrennerfahrzeuge bei Pkw–Pkw-Kollisionen unterscheiden. Bereits die Literaturrecherche (vgl. Kapitel 2) hat gezeigt, dass Elektrofahrzeuge im Durchschnitt ein höheres Fahrzeuggewicht aufweisen als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und dass sich dieser Massenunterschied in den letzten Jahren zunehmend verstärkt hat (vgl. Abbildung 3). Daraus lässt sich die Hypothese ableiten, dass sich die höhere Fahrzeugmasse von Elektrofahrzeugen auch im Unfallgeschehen niederschlagen könnte.

Darüber hinaus zeigen die bisherigen Analysen, dass die im Datensatz enthaltenen Elektrofahrzeuge im Mittel jünger und damit technologisch moderner sind als die konventionell angetriebenen Pkw (vgl. Abbildung 37). Es ist daher anzunehmen, dass sich dieser technologische Fortschritt insbesondere im Bereich der passiven Sicherheit und des Insassenschutzes bemerkbar macht.

Diese und weitere Annahmen werden im Folgenden anhand vertiefender Datenauswertungen überprüft. Die Analysen erfolgen sowohl für den gesamten Fahrzeugbestand als auch differenziert nach den einzelnen Fahrzeugsegmenten, um potenzielle Unterschiede im Unfallverhalten und in den Unfallfolgen zwischen den beiden Antriebsarten präziser herauszuarbeiten.

3.3.1. Analysen zur Unfallfolgeschwere bei älteren und modernen Fahrzeugen

In den vorangegangenen Analysen konnte bereits gezeigt werden, dass die im betrachteten Datensatz enthaltenen Elektrofahrzeuge im Mittel deutlich jünger sind als die konventionell angetriebenen Fahrzeuge. Diese Beobachtung lässt sich auch auf die Gesamtfahrzeugflotte übertragen, wie anhand der in Kapitel 2.1 dargestellten Zulassungszahlen nachvollzogen werden kann. Daraus ergibt sich die Annahme, dass neuere Fahrzeuge aufgrund ihres fortgeschrittenen technischen Entwicklungsstands und verbesserter Sicherheitsarchitekturen den Fahrzeuginsassen einen höheren

Insassenschutz bieten. Diese Hypothese sollte sich in der Gesamtheit der in der Unfall-Datenbank (UDB) erfassten Unfälle widerspiegeln.

Für die nachfolgende Untersuchung wurden 2.491 Unfälle analysiert, die die folgenden Kriterien erfüllen: Es handelt sich um Frontalkollisionen mit einer Überdeckung von mindestens 50 % gegen ein anderes zweispuriges Fahrzeug, bei einem Beschädigungsgrad (BG) zwischen 2 und 3. Der Beschädigungsgrad beschreibt das Ausmaß der strukturellen Deformation des eigenen Fahrzeugs (siehe Abbildung 39). Fälle mit BG = 1 (geringe Deformationen) sowie BG = 4+ (starke Deformation der Fahrzeugfront mit Intrusion in die Fahrgastzelle) wurden zur Verbesserung der Vergleichbarkeit ausgeschlossen.



Abbildung 39: Beispiele für Beschädigungsgrade von 2 bis 4 beim Frontalaufprall (UDV)

Die Auswertung der maximalen Verletzungsschwere (MAIS) in Abhängigkeit vom Fahrzeugalter zeigt (Tabelle 1), dass die Verletzungsschwere mit zunehmendem Fahrzeugalter signifikant zunimmt. Bei Fahrzeugen mit Erstzulassung zwischen 1990 und 2000 lag der Anteil der Insassen mit Verletzungen der Kategorie AIS 2+ noch bei 29 %, während dieser Anteil bei Fahrzeugen mit Erstzulassung ab 2011 auf 10 % sank.

Tabelle 1: MAIS in Abhängigkeit vom Jahr der Erstzulassung, für Unfälle mit Frontalaufprall mit Überdeckung von 1/2 bis 1 und mit Beschädigungsgrad 2 bis 3

Erstzulassung MAIS alle Insassen	1990-2000		2001-2010		ab 2011	
	n	%	n	%	n	%
MAIS 0-1	578	71	901	82	518	90
MAIS 2	170	21	148	13	40	7
MAIS 3+	68	8	51	5	17	3
Gesamt	816	100	1100	100	575	100

Ein vergleichbares Ergebnis ergibt sich für Pkw-Frontalkollisionen mit Lkw (Front-, Seiten- oder Heckaufprall), die in Tabelle 2 dargestellt sind. Auch hier wurden ausschließlich Fälle mit einem Beschädigungsgrad von 2 bis 3 berücksichtigt. Der Anteil der Insassen mit AIS 2+-Verletzungen reduzierte sich von 45 % bei Fahrzeugen mit Erstzulassung zwischen 1990 und 2000 auf 16 % bei Fahrzeugen ab 2011.

Tabelle 2: MAIS in Abhängigkeit vom Jahr der Erstzulassung, für Unfälle gegen Lkw (Front, Seite, Heck) mit Beschädigungsgrad 2 bis 3

Erstzulassung MAIS alle Insassen	1990-2000		2001-2010		ab 2011	
	n	%	n	%	n	%
MAIS 0-1	57	55	107	69	36	84
MAIS 2	33	32	37	24	3	7
MAIS 3+	13	13	10	6	4	9
Gesamt	103	100	154	100	43	100

Die in Tabelle 2 dargestellten Ergebnisse zum Rückgang der Verletzungsschwere für neuere Fahrzeuge beim Pkw-Frontalaufprall gegen einen Lkw sind mit $\chi^2(2)=61,740$; $p<.001$ statistisch signifikant.

Ergänzende Analysen zeigen, dass Unfälle mit einem Beschädigungsgrad 4, also solche, die in den vorangegangenen Tabellen nicht berücksichtigt wurden, bei neueren Fahrzeugen deutlich seltener auftreten. Abbildung 40 illustriert die Häufigkeit von BG = 4-Fällen für Frontalkollisionen zwischen Pkw und Lkw. Die Ergebnisse belegen, dass schwere Strukturschäden bei neueren Fahrzeugen erheblich seltener sind.

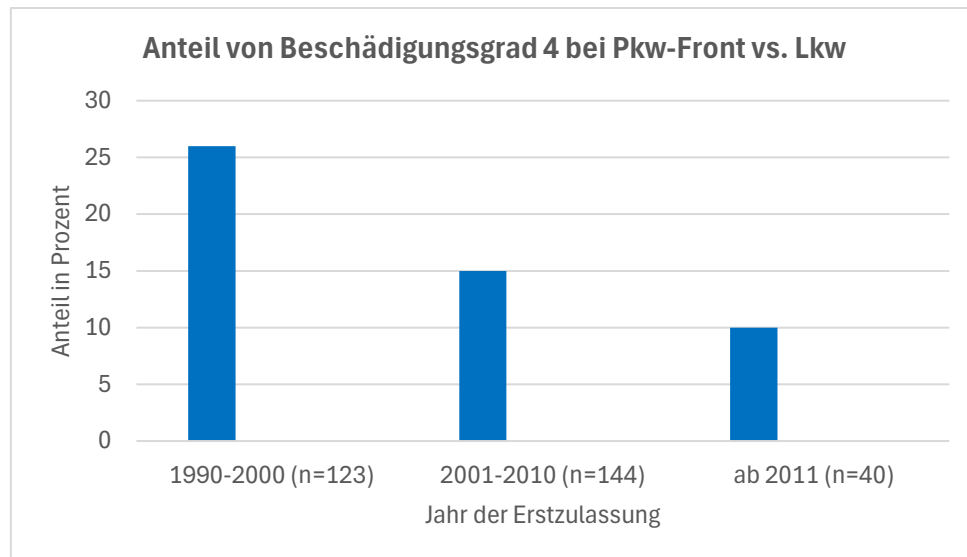


Abbildung 40: Verteilung Beschädigungsgrad 4 für gruppierte Neuzulassungen

Abschließend wurde die Analyse der Verletzungsschwere für Kollisionen zwischen Lkw-Front und Pkw-Seite durchgeführt (Tabelle 3). Diese Konstellation stellt aufgrund der geringen Crashstruktur an der Fahrzeugseite und der hohen Massendifferenz zwischen Lkw und Pkw besonders hohe Anforderungen an den passiven Insassenschutz. Während bei Fahrzeugen mit Erstzulassung zwischen 1990 und 2000 noch mehr als die Hälfte der Insassen MAIS 2+-Verletzungen erlitten, sank dieser Anteil bei Fahrzeugen ab 2011 auf 16 %.

Tabelle 3: MAIS in Abhängigkeit vom Jahr der Erstzulassung, für Unfälle Pkw Seite (rechts oder links) gegen Lkw Front mit Beschädigungsgrad 2 bis 3

Erstzulassung	1990-2000		2001-2010		ab 2011	
	n	%	n	%	N	%
MAIS 0-1	25	41	39	70	11	85
MAIS 2	14	23	7	13	1	8
MAIS 3+	22	36	10	18	1	8
Gesamt	61	100	56	100	13	100

Die in Tabelle 3 dargestellten Ergebnisse zum Rückgang der Verletzungsschwere für neuere Fahrzeuge beim Pkw-Seiten- oder -Heckaufprall sind mit $\chi^2(2)=33,306$; $p<.001$ statistisch signifikant.

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass sich die passive Sicherheit von Pkw in den vergangenen zwei Jahrzehnten signifikant verbessert hat und sich mittlerweile auf

einem hohen Niveau befindet. Von diesen Fortschritten profitieren sowohl Fahrzeuge mit Verbrennungs- als auch mit Elektroantrieb gleichermaßen.

Da Elektrofahrzeuge im untersuchten Datensatz im Durchschnitt neuer sind als die konventionellen Vergleichsfahrzeuge, kann also davon ausgegangen werden, dass sie ihren Insassen grundsätzlich ein höheres Schutzniveau bieten. Hinzu kommt allerdings, dass Elektrofahrzeuge – wie bereits in Kapitel 2 gezeigt – eine höhere Fahrzeugmasse aufweisen (Abbildung 3). Dieser Massevorteil wirkt sich, nach allen bisherigen Erkenntnissen zur Massenkompabilität, im Kollisionsgeschehen tendenziell positiv auf die Insassensicherheit von Elektrofahrzeugen aus und sollte sich entsprechend auch hier in den Unfalldaten darstellen.

3.3.2. Vergleich von Beschädigungsgraden

Um zu überprüfen, ob Elektrofahrzeuge ihre Insassen besser schützen als konventionell angetriebene Fahrzeuge, wurde im nächsten Analyseschritt der Beschädigungsgrad beider Fahrzeuggruppen miteinander verglichen. Hierzu wurden alle Pkw-Pkw-Kollisionen aus dem vorliegenden Datenpool berücksichtigt, bei denen ein Frontalzusammenstoß vorlag. Die Verteilung der Beschädigungsgrade ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Verteilung des Beschädigungsgrads für Insassen von E-Fahrzeugen und Verbrennern

Beschädigungsgrad bei Hauptanstoß=Primäranstoß=vorn, alle beteiligten Fahrzeuge	Elektro		Verbrenner	
	n	%	n	%
leichte Beschädigung (BG2)	65	72	68	68
mittlere Beschädigung (BG3)	22	24	30	30
starke Beschädigung (BG4)	3	3	2	2
Gesamt	90	100	100	100

Die Gesamtfallzahl ist in beiden Gruppen nahezu identisch und somit gut vergleichbar. Hinsichtlich des Beschädigungsgrads zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen. In beiden Gruppen treten überwiegend leichte Beschädigungen (BG = 2) auf, mit Anteilen von 72 % bei Elektrofahrzeugen und 68 % bei Verbrennern. Mittlere Beschädigungen (BG = 3) sind mit 24 % bzw. 30 %

seltener, und schwere Beschädigungen mit Intrusionen hinter die A-Säule (BG = 4) treten nur in 3 % der Fälle bei Elektrofahrzeugen bzw. 2 % bei Verbrennern auf.

Auf Basis dieser Ergebnisse kann somit zunächst keine bessere Schutzwirkung von Elektrofahrzeugen gegenüber Verbrennerfahrzeugen bestätigt werden.

3.3.3. Vergleich von Verletzungsschweren

Zur weiteren Beurteilung des Insassenschutzes bei Pkw-Pkw-Kollisionen beider Antriebsarten wurde anschließend die Verletzungsschwere der Insassen analysiert. Grundlage bildet hierbei die jeweils höchste Verletzung eines Insassen (MAIS). Die Fälle wurden analog zu vorherigen Auswertungen in drei Kategorien unterteilt: MAIS 0–1 (unverletzt oder leicht verletzt), MAIS 2 (mittlere Verletzungen) und MAIS 3+ (schwer verletzt). Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 dargestellt. Ausgewertet wurden dabei alle Pkw-Pkw-Kollisionen unabhängig von der Anstoßart.

Tabelle 5: Verteilung der Verletzungsschwere für Insassen von E-Fahrzeugen und Verbrennern

Alle Insassen, alle Anstoßarten	Elektro		Verbrenner	
	n	%	n	%
MAIS 0-1	129	97	179	94
MAIS 2	2	2	8	4
MAIS 3+	2	2	4	2
Gesamt	133	100	191	100

Auch in Bezug auf die Verletzungsschwere zeigt sich keine signifikante Differenz zwischen den beiden Antriebsarten. Über 90 % der Insassen beider Gruppen blieben unverletzt oder erlitten nur leichte Verletzungen. Schwere Verletzungen traten in beiden Gruppen nur in einem sehr geringen und vergleichbaren Anteil auf.

Da weder beim Beschädigungsgrad noch bei der Verletzungsschwere signifikante Unterschiede zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen festgestellt wurden, erscheint es sinnvoll, die Analyse im nächsten Schritt differenziert nach Fahrzeugsegmenten durchzuführen.

3.3.4. Vergleich des Beschädigungsgrads nach Fahrzeugsegmenten

Im Folgenden wird der Beschädigungsgrad getrennt nach den in Kapitel 3.1 definierten Fahrzeugsegmenten analysiert. Im Gegensatz zum Vergleich über alle Fahrzeuge wurde bei dieser Segmentierung darauf geachtet, dass nur Fahrzeuge ähnlicher Größe und Bauform miteinander verglichen werden. So werden beispielsweise Kleinwagen ausschließlich mit Kleinwagen und Oberklassefahrzeuge nur mit Fahrzeugen derselben Kategorie verglichen.

Analog zur Auswertung in Kapitel 3.3.2 wurde der Beschädigungsgrad für die Stufen BG = 2 bis BG = 4 untersucht. Berücksichtigt wurden ausschließlich Frontalkollisionen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 41 dargestellt. Die segmentierte Analyse zeigt tendenzielle Unterschiede zwischen Verbrenner- und Elektrofahrzeugen. Zwar ist die Fallzahl innerhalb der einzelnen Segmente begrenzt, sodass Unterschiede in den Verteilungen mit Vorsicht zu interpretieren sind, dennoch lassen sich gewisse Trends erkennen.

Für die beiden Segmente Mini und Kleinwagen – also die eher leichten Fahrzeugklassen – zeigt sich, dass Verbrennerfahrzeuge häufiger Beschädigungen ab Stufe 2 oder höher aufweisen als die vergleichbaren Elektrofahrzeuge. Diese Tendenz gilt für die Segmente Kompaktklasse, Mittelklasse und Oberklasse nicht. In diesen Klassen ist der Beschädigungsgrad zwischen den beiden Antriebsarten weitgehend gleich verteilt. Für Fahrzeuge der Oberklasse deutet sich sogar eine gegenläufige Entwicklung an: Elektrofahrzeuge weisen hier tendenziell höhere Beschädigungsgrade auf als Verbrennerfahrzeuge.

Insgesamt deutet sich somit an, dass kleinere und leichtere Elektrofahrzeuge im Unfallgeschehen weniger stark beschädigt werden als vergleichbare Fahrzeuge mit konventionellem Antrieb. Dieser Effekt nimmt mit zunehmender Fahrzeuggröße ab und kehrt sich in der Oberklasse möglicherweise um.

Eine plausible Erklärung hierfür liegt in den relativen Massenunterschieden zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen. Wie in Kapitel 2.1 gezeigt wurde, besitzen Elektrofahrzeuge im Durchschnitt eine höhere Fahrzeugmasse, was ihnen in Kollisionssituationen einen prinzipiellen Vorteil verschafft. Leichte Fahrzeuge hingegen

haben einen massenbedingten Nachteil, den kleine Elektrofahrzeuge durch den hohen Anteil des Traktionsakkus am Gesamtgewicht offenbar kompensieren können.

Darüber hinaus führt die höhere Fahrzeugmasse zu einer insgesamt steiferen Auslegung der Fahrzeugstruktur, um das Mehrgewicht aufzunehmen. Das kann zu einer höheren strukturellen Robustheit insbesondere bei kleineren Fahrzeugen beitragen. Für größere Fahrzeugklassen verliert dieser Effekt an Bedeutung, da der relative Anteil des Akkus am Gesamtgewicht sinkt. In diesen Fällen treten fahrzeugspezifische Unterschiede stärker in den Vordergrund, die vermutlich nicht unmittelbar mit der Antriebsart zusammenhängen. Außerdem ist es vorstellbar, dass sich das Unfallgeschehen von schweren Fahrzeugen generell von dem von leichteren Fahrzeugen unterscheidet. An dieser Stelle kann darüber allerdings nur gemutmaßt werden. Für belastbare Aussagen wären detailliertere Untersuchungen dazu notwendig.

Aufgrund der geringen Fallzahlen in den jeweiligen Gruppen ergibt ein Chi-Quadrat-Test für alle Vergleiche der Beschädigungsgrade, dass diese statistisch nicht signifikant sind.

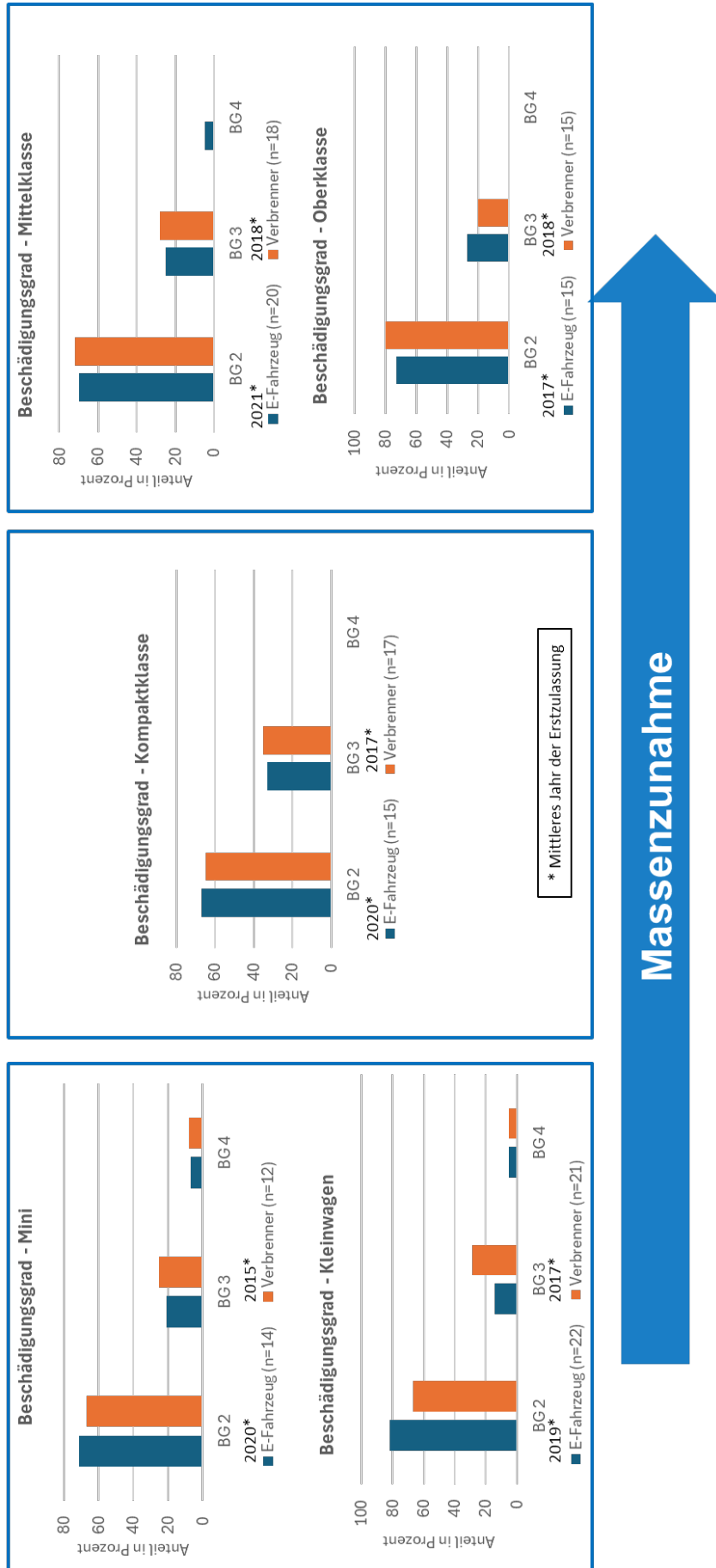


Abbildung 41: Vergleich des Beschädigungsgrads für verschiedene Fahrzeugsegmente

3.3.5. Vergleich der Verletzungsschwere nach Fahrzeugsegmenten

Analog zum vorherigen Abschnitt wird im Folgenden die Verletzungsschwere der Insassen getrennt nach den in Kapitel 3.1 definierten Fahrzeugsegmenten analysiert. Berücksichtigt wurden alle Insassen aus Pkw-Pkw-Kollisionen, unabhängig von der Anstoßart. Die Ergebnisse sind in Abbildung 42 dargestellt.

Wie bereits bei der Analyse des Beschädigungsgrads ist auch hier die Fallzahl innerhalb der einzelnen Fahrzeugsegmente begrenzt. Entsprechend sind die dargestellten Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren.

Das Gesamtbild ähnelt der zuvor beobachteten Verteilung der Beschädigungsgrade. In den Segmenten „Mini“ und „Kleinwagen“ zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den beiden Antriebsarten. Insassen von Verbrennerfahrzeugen sind hier häufiger von Verletzungen betroffen. In der Fahrzeugklasse Mini traten bei Elektrofahrzeugen keine Verletzungen mit AIS 2 oder höher auf, während bei Verbrennerfahrzeugen ein Anteil von 12 % erreicht wurde. In der Kategorie Kleinwagen lag der Anteil der AIS 2+-Verletzungen bei 6 % für Elektrofahrzeuge und bei 10 % für Verbrenner. Für die Kompaktklasse ergibt sich ein ähnlicher, wenn auch weniger ausgeprägter Unterschied (0 % gegenüber 6 %).

In den Fahrzeugsegmenten Mittelklasse und Oberklasse zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen. In diesen größeren und schwereren Fahrzeugklassen treten insgesamt nur noch sehr wenige AIS 2+-Verletzungen auf.

Die Ergebnisse der segmentierten Auswertung der Verletzungsschwere bestätigen somit die Tendenzen, die bereits bei der Analyse des Beschädigungsgrads erkennbar waren. Vor allem kleinere Fahrzeuge scheinen von der höheren Masse und der damit verbundenen steiferen Struktur von Elektrofahrzeugen zu profitieren. Dieser strukturelle Vorteil verliert mit zunehmender Fahrzeuggröße an Bedeutung.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Flotte der Elektrofahrzeuge im Durchschnitt neuer ist als die der Verbrennerfahrzeuge. Daraus ergibt sich ein grundsätzlich höheres Niveau der passiven Sicherheit, das sich unmittelbar auf die Verletzungsschwere auswirken sollte. Da dieser Effekt jedoch für alle Fahrzeugsegmente gleichermaßen gilt, ist davon auszugehen, dass die hier

beobachteten Unterschiede im Wesentlichen auf die höheren Fahrzeugmassen und die daraus resultierenden strukturellen Unterschiede zurückzuführen sind oder anders ausgedrückt, dass unabhängig vom Alter besonders kleine Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb von ihrer hohen Massen immer Vergleich zu vergleichbaren Verbrennern beim Insassenschutz profitieren.

Jedoch zeigt ein Chi-Quadrat-Test auch hier, dass aufgrund der geringen Fallzahlen in den jeweiligen Gruppen für alle Vergleiche der Verletzungsschwere die Unterschiede statistisch nicht signifikant sind.

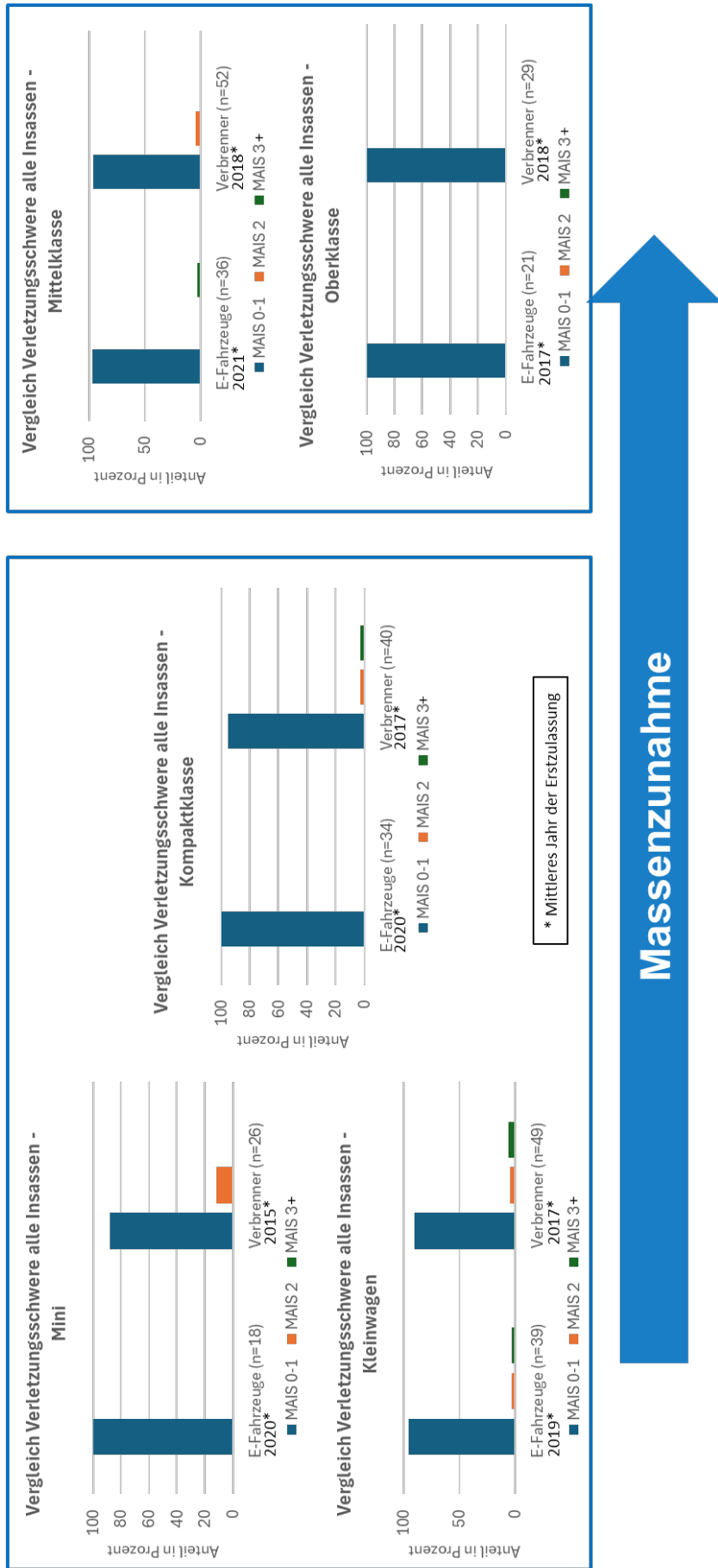


Abbildung 42: Vergleich der Verletzungsschwere für verschiedene Fahrzeugsegmente

3.3.6. Analyse des Partnerschutzes bei Pkw-Pkw-Kollisionen

Zur Vervollständigung des Bildes der Pkw-Pkw-Kollisionen wurde untersucht, wie sich die beiden Antriebsarten im Hinblick auf den Partnerschutz verhalten, d. h. welches Verletzungsrisiko von ihnen für den Unfallgegner ausgeht. Analysiert wurden drei Kollisionsarten: Frontal-, Seiten- und Heckanstoß. Berücksichtigt wurden jeweils Unfälle, bei denen entweder ein Elektrofahrzeug oder ein Verbrenner mit einem konventionell angetriebenen Fahrzeug kollidierte. Untersucht wurde die Verletzungsschwere des Fahrers des getroffenen Verbrennerfahrzeugs (Beteiligter 02). Dadurch lässt sich die Verletzungsschwere der Verbrennerfahrer:innen in Abhängigkeit davon vergleichen, ob der Anstoß durch ein Elektro- oder ein Verbrennerfahrzeug verursacht wurde.

Frontalaufprall

Abbildung 43 zeigt den Vergleich der Frontalaufpralle zwischen Elektro-Verbrenner- und Verbrenner-Verbrenner-Kollisionen. In die Analyse gingen 24 Unfälle mit batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) und 16 Unfälle mit ausschließlich konventionell angetriebenen Fahrzeugen ein. Die Elektrofahrzeuge wiesen im Mittel eine um etwa 500 kg höhere Masse auf. Zudem lag die durchschnittliche relative Kollisionsgeschwindigkeit der Unfallgegner mit 120 km/h bei Elektrofahrzeugen deutlich über jener der Verbrenner-Verbrenner-Kollisionen (100 km/h).

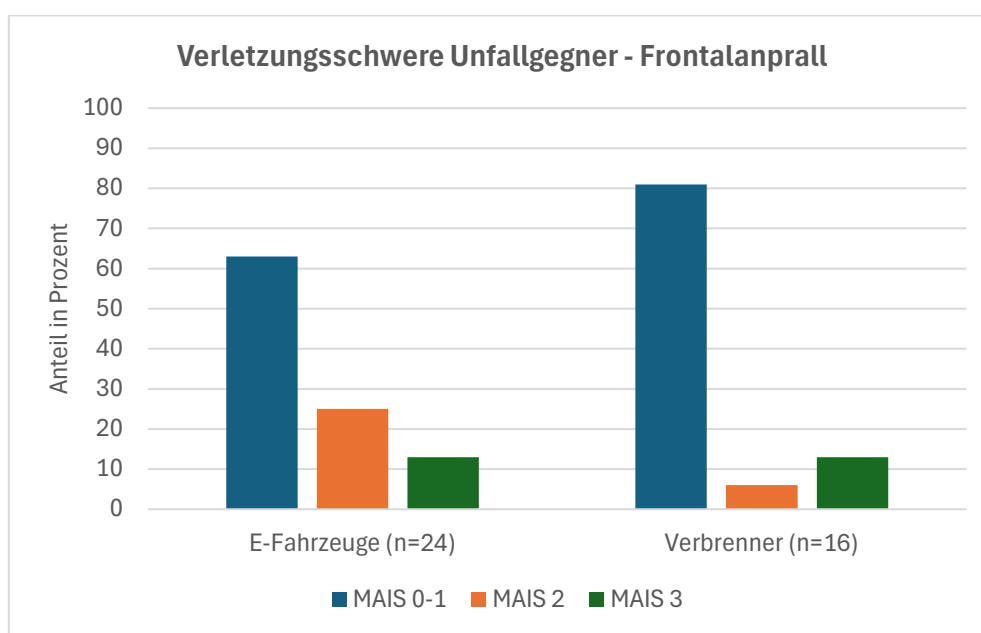


Abbildung 43: Verteilung der Verletzungsschwere des Fahrers beim Unfallgegner beim Frontalanprall

Ein Chi-Quadratstest für die dargestellten Verletzungsschweren beim Frontalaufprall ergab mit $\chi^2(2)=2,411$; $p=.30$, dass die Unterschiede für beide Gruppen statistisch nicht signifikant sind.

Die Auswertung zeigt, dass Fahrer von Verbrennerfahrzeugen, die von Elektrofahrzeugen getroffen wurden, häufiger schwere Verletzungen erlitten. Bei Elektro-Verbrenner-Kollisionen wiesen über zwei Drittel der betroffenen Verbrennerfahrer:innen Verletzungen mit AIS 2 oder höher auf, während dieser Anteil bei Verbrenner-Verbrenner-Kollisionen unter 20 % lag. Auch beim Beschädigungsgrad zeigt sich ein deutlicher Unterschied: In 13 % der Elektro-Verbrenner-Unfälle traten Beschädigungen der Stufe 4 (BG = 4) auf, während dieser Anteil bei Verbrenner-Verbrenner-Kollisionen nur 7 % betrug.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass von Elektrofahrzeugen aufgrund ihrer höheren Masse und strukturellen Steifigkeit ein erhöhtes Risiko für den Unfallgegner ausgeht. Ob die schwereren Verletzungen ausschließlich auf das höhere Fahrzeuggewicht oder teilweise auch auf die höhere Kollisionsgeschwindigkeit zurückzuführen sind, lässt sich auf Basis der vorliegenden Daten nicht abschließend beurteilen. Weiterführend wäre zu klären, ob die höheren Anstoßgeschwindigkeiten auf ein unterschiedliches Fahrverhalten von Fahrern von Elektrofahrzeugen oder auf zufällige Verteilungen innerhalb der Stichprobe zurückzuführen sind.

Seitenaufprall

Für die Seitenkollisionen wurde analog vorgegangen. Auch hier wurde die Verletzungsschwere der Fahrer konventioneller Fahrzeuge untersucht, die entweder von einem Elektrofahrzeug oder von einem Verbrenner getroffen wurden (Abbildung 44). Die durchschnittliche Kollisionsgeschwindigkeit betrug bei Elektrofahrzeugen 40 km/h und bei Verbrennern 30 km/h.

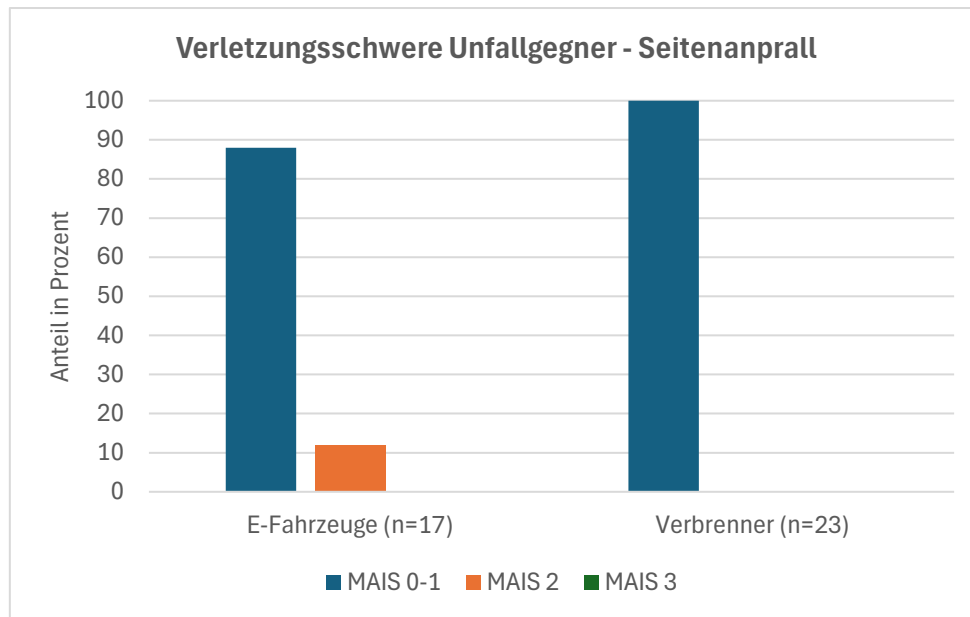


Abbildung 44: Verteilung der Verletzungsschwere des Fahrers beim Unfallgegner beim Seitenanprall

Ein Chi-Quadratstest für die dargestellten Verletzungsschweren beim Seitenaufprall ergab mit $\chi^2(2)=2,848$; $p=.091$, dass die Unterschiede für beide Gruppen tendenziell statistisch signifikant sind.

Das Ergebnis zeigt auch hier eine höhere Verletzungsschwere bei Kollisionen mit Elektrofahrzeugen. Während bei Verbrenner-Verbrenner-Kollisionen kein einziger Fahrer des getroffenen Fahrzeugs eine AIS 2+-Verletzung erlitt, traten bei Elektro-Verbrenner-Kollisionen in 12 % der Fälle AIS 2-Verletzungen auf. Dieses Muster legt nahe, dass das höhere Fahrzeuggewicht und die größere strukturelle Steifigkeit von Elektrofahrzeugen auch bei Seitenaufprallen eine entscheidende Rolle für die Schwere der Unfallfolgen spielen.

Heckaufprall

Abschließend wurden Heckkollisionen nach demselben Schema analysiert (Abbildung 45). Elektrofahrzeuge waren im Mittel etwa 300 kg schwerer als die konventionellen Fahrzeuge. In diesem Fall lag die durchschnittliche Kollisionsgeschwindigkeit jedoch bei Verbrenner-Verbrenner-Unfällen mit 50 km/h höher als bei Elektro-Verbrenner-Kollisionen, die im Mittel mit 30 km/h auftraten.

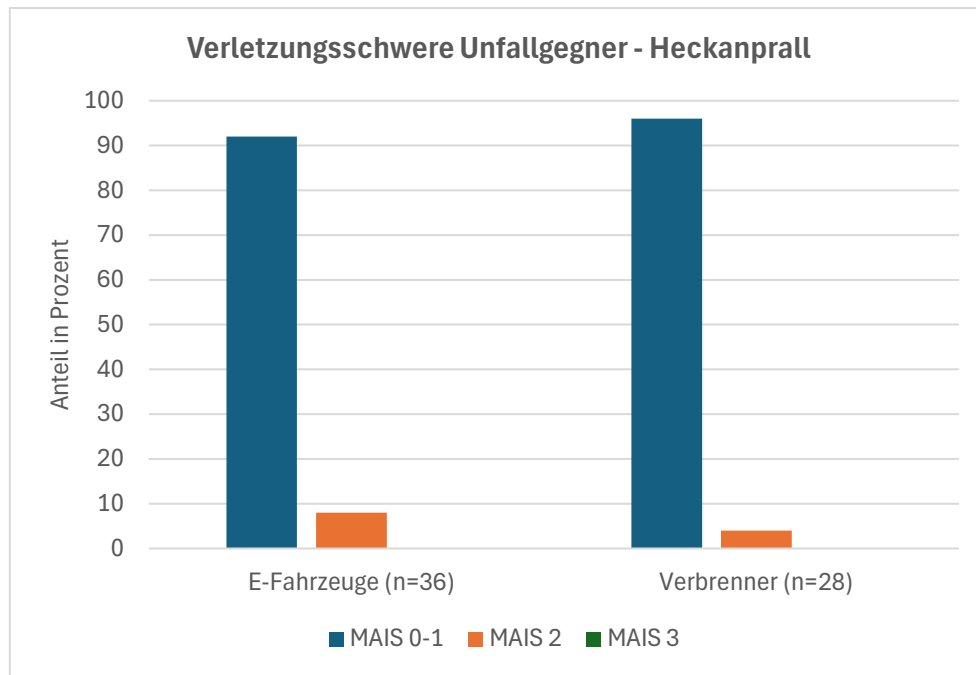


Abbildung 45: Verteilung der Verletzungsschwere des Fahrers beim Unfallgegner beim Heckanprall

Trotz der niedrigeren Anstoßgeschwindigkeiten war die Wahrscheinlichkeit für AIS 2-Verletzungen bei Unfällen mit Elektrofahrzeugen etwa doppelt so hoch wie bei Unfällen zwischen zwei Verbrennerfahrzeugen.

Dieses Ergebnis unterstreicht, dass die höhere Fahrzeugmasse von Elektrofahrzeugen ein maßgeblicher Faktor für die Unfallfolgen ist. Das zusätzliche Gewicht wirkt sich einerseits positiv auf den Insassenschutz des Elektrofahrzeugs aus, erhöht jedoch zugleich das Verletzungsrisiko für den Unfallgegner. Im Ergebnis steigt also der Eigenschutz, während gleichzeitig der Partnerschutz sinkt.

Ein Chi-Quadratstest für die dargestellten Verletzungsschweren beim Heckaufprall ergab mit $\chi^2(2)=0,610$; $p=.435$, dass die Unterschiede für beide Gruppen statistisch nicht signifikant sind.

3.3.7. Unfälle mit Pedal Fehlbedienung

Zu Beginn der Untersuchung stand das Thema der Pedal Fehlbedienung nicht im unmittelbaren Fokus dieses Forschungsprojekts. Erst im Verlauf der Auswertung ergaben sich vermehrt Hinweise darauf, dass Besonderheiten im Fahrpedalverhalten in einzelnen Fällen unfallrelevant gewesen sein könnten. Obwohl die verwendete Unfalldatenbank (UDB) kein spezifisches Merkmal zur Erfassung von Fehlbedienungen der Pedale enthält, ermöglichte eine systematische Einzelfallanalyse in den Freitext-Beschreibungen die Identifikation entsprechender

Ereignisse. Auf diese Weise wurden neun Unfälle mit Elektrofahrzeugen ermittelt, bei denen eine Pedalverwechslung – überwiegend in Form einer anschließenden unkontrollierten Beschleunigung – ursächlich gewesen war (Tabelle 6).

Tabelle 6: Unfälle durch Pedal Fehlbedienung bei Elektrofahrzeugen (Abbildungen UDB, 2025)

Nummer	UDB	Ursache	Geschlecht/ Alter	Unfall- kategorie	Fahr- Position	Bilder Unfallstelle/Fahrzeug
1	20051BEV	unkontroll. Beschleunigung	w/59	SV	aus dem Stand	
2	20109BEV	unkontroll. Beschl. / Beschleunigungsverhalten Elektro	m/43	LV	aus dem Stand	
3	20110BEV	Pedal verw.	w/91	LV	aus dem Stand	
4	20258BEV	Pedal verw.	m/91	LV	fahrend 20 km/h	
5	20259BEV	Pedal verw.	m/88	LV	aus dem Stand	
6	20286BEV	Pedal verw.	m/19	LV	aus dem Stand	
7	20448BEV	Pedal verw.	w/n.e.	LV	fahrend 30 km/h	
8	20463BEV	Pedal verw./ Beschleunigungsverhalten Elektro	m/82	LV	aus dem Stand	
9	20478BEV	Pedal verw./ Beschleunigungsverhalten Elektro	w/70	Get	aus dem Stand	

Zum Vergleich wurde lediglich ein ähnlicher Fall mit einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor identifiziert. Generell zeigt sich, dass die Pedal Fehlbedienung kein besonders auffälliges Problem bei älteren Verkehrsteilnehmer:innen (75+) ist.

Ein Chi-Quadrat-Test zur Pedal Fehlbedienung bei E-Fahrzeugen bzw. bei Verbrennern ergab, dass der Unterschied zwischen beiden Gruppen mit $\chi^2(1)=6,44$; $p=.011$ statistisch signifikant ist.

Diese neun Fälle wurden im Detail analysiert. Aus den vorliegenden Daten geht jedoch nicht immer eindeutig hervor, ob die beteiligten Elektrofahrzeuge über einen One-Pedal-Drive-Modus² (OPD) verfügten oder ob dieser zum Unfallzeitpunkt aktiviert war. Herstellerangaben deuten darauf hin, dass mindestens drei der fünf betroffenen Fahrzeugmodelle grundsätzlich mit einer entsprechenden Funktion ausgestattet sind.

Die Analyse der Unfallhergänge legt mehrere mögliche Zusammenhänge nahe, die auf ein erhöhtes Risiko in Verbindung mit OPD-Funktionen hinweisen könnten:

1. Verwechslung von Fahr- und Bremspedal, insbesondere bei ungewohnter Pedalcharakteristik.
2. Verzögerte Reaktionsfähigkeit in Situationen, die einen schnellen Wechsel vom Fahr- auf das Bremspedal erfordern (z. B. bei plötzlich auftretenden Hindernissen).
3. Verstärkung von Fehlreaktionen durch die hohe und unmittelbar verfügbare Beschleunigungsleistung typischer Elektrofahrzeuge.

Ein exemplarischer Fall aus der UDB (Fall Nr. 9 in Tabelle 6) verdeutlicht die Mechanismen dieser Zusammenhänge: Eine Fahrzeugführerin wollte rückwärts aus einer Parkposition vor einem Baumarkt ausfahren, legte jedoch versehentlich den Vorwärtsgang ein. Beim anschließenden Betätigen des Fahrpedals beschleunigte das leistungsstarke Elektrofahrzeug unvermittelt nach vorn. Der unmittelbar auftretende Schreckmoment führte dazu, dass die Fahrerin das Fahrpedal reflexartig weiter durchdrückte, anstatt auf das Bremspedal zu wechseln. Das Fahrzeug kollidierte infolgedessen mit einer Geschwindigkeit von etwa 30 km/h frontal mit einem Regal; eine Person wurde zwischen den Einrichtungsgegenständen eingeklemmt und durch die Glasfront des Eingangsbereichs geschoben (Abbildung 46).

² Deutliche Verzögerung des Fahrzeugs beim Lösen des Fahrpedals

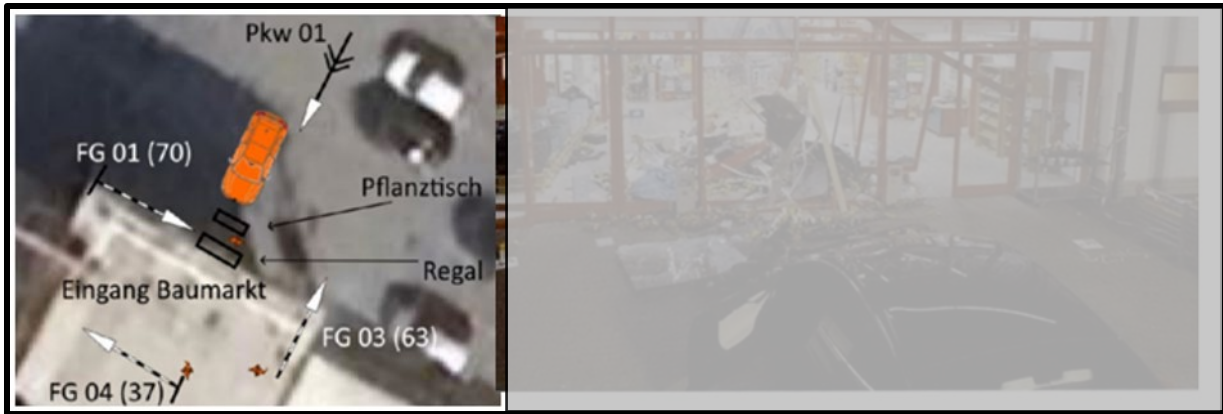


Abbildung 46: Beispiel für einen schweren Unfall aufgrund von Pedalfehlbedienung (UDB, 2025)

Dieses Reaktionsmuster ist sicherheitstechnisch besonders relevant. Bei Elektrofahrzeugen mit OPD oder stark rekuperationsbasierter Verzögerung erfolgt sowohl Beschleunigung als auch Verzögerung über dieselbe Bedienstelle. In Stress- oder Schrecksituationen kann dies dazu führen, dass der intuitive Wechsel auf das Bremspedal ausbleibt (siehe auch Kapitel 2.2.5). Stattdessen wird häufig das bereits betätigte Fahrpedal weiter gedrückt, da Fahrer:innen unbewusst die gewohnte Verzögerungswirkung über das Fahrpedal erwarten. Diese Erwartungshaltung kann in kritischen Situationen zu fehlgerichteten Reflexhandlungen führen, die eine Beschleunigung anstelle einer Bremsung auslösen. Die im vorliegenden Fall beobachteten Reaktionsmuster entsprechen den in der Literatur beschriebenen Mechanismen typischer Fehlreaktionen im Zusammenhang mit OPD (vgl. Rieger, 2022; Ma et al., 2025).

Obwohl die absolute Anzahl der Unfälle aufgrund von Pedalfehlbedienungen weiterhin gering bleibt, zeigt auch der Vergleich mit einer früheren UDB-Auswertung aus dem Jahr 2020 einen deutlichen Anstieg. Während damals die statistische Wahrscheinlichkeit eines Unfalls infolge einer Pedalfehlbedienung bei etwa 0,5 % lag, ergibt die aktuelle Analyse eine Wahrscheinlichkeit von 2,16 %. Damit treten entsprechende Unfälle mehr als viermal so häufig auf wie in der früheren Erhebung. Auffällig ist zudem der Antriebsartenvergleich: In der UDB-Analyse von 2020 war kein einziger Fall mit einem Elektrofahrzeug dokumentiert; im aktuellen Datensatz entfallen hingegen rund 90 % der identifizierten Pedalfehlbedienungen auf Elektrofahrzeuge. Diese deutliche Verschiebung weist auf potenziell Risiken hin, die sich aus einem veränderten Bedienmuster im Kontext neuer Antriebstechnologien ergeben.

Vor dem Hintergrund der dargestellten Befunde ist künftig im Zusammenhang mit steigenden Zulassungszahlen von Elektrofahrzeugen mit einer weiteren Zunahme der Unfallzahlen im Kontext von Pedal Fehlbedienungen zu rechnen.

3.3.8. Vergleiche zum Fahrerverhalten

Für die Analyse, die ein Rückschluss auf das Fahrerverhaltens³ ermöglicht, wurden jene Unfallkonstellationen ausgewertet, bei denen erfahrungsgemäß ein unverhältnismäßiges oder regelabweichendes Verhalten der Fahrer:innen eine zentrale Rolle spielt. Dazu zählen Fahrfehler in Kurven, Fahrfehler bei Nässe oder winterglatten Fahrbahnen sowie riskante Überholmanöver. Lediglich der Themenkomplex Alkohol- und Drogeneinfluss stellt eine gesonderte Kategorie dar, da hier nicht ein situativ unangepasstes Fahrverhalten im engeren Sinne, sondern ein spezifischer, vorsätzlich herbeigeführter Zustand der Fahruntüchtigkeit zugrunde liegt.

Die Auswertung der Unfalldaten zeigt insgesamt 29 Fälle, die sich auf die vier ausgewerteten Themenbereiche verteilen. In allen Kategorien, mit Ausnahme des Alkoholeinflusses, handelt es sich um Unfallgeschehen, bei denen fahrdynamische Fehlentscheidungen, fehlerhafte Einschätzungen oder sicherheitskritische Manöver ursächlich waren (s. Abbildung 47).

Beim Fahrnunfall in der Kurve wurden insgesamt fünf Fälle identifiziert, wovon vier Verbrennerfahrzeuge und ein Elektrofahrzeug betroffen waren. Unfälle dieser Art sind typischerweise durch eine überhöhte Geschwindigkeit, fehlerhafte Lenkwinkel oder instabile Fahrzeugführung gekennzeichnet.

Für Fahrnunfälle bei Nässe, Schnee oder Glätte ergaben sich vier Fälle, die eine ähnliche Charakteristik aufweisen: mangelnde Anpassung der Geschwindigkeit oder eine unzureichende Reaktion auf veränderte Fahrbahnverhältnisse. Auch hier ist die Mehrheit der Fälle dem Verbrennersegment zuzuordnen (drei Fälle), während ein Fall ein Elektrofahrzeug betrifft.

Das Überholen stellt mit insgesamt zwölf Fällen die größte Einzelkategorie dar. Riskante oder fehlerhaft ausgeführte Überholmanöver gelten seit jeher als klassischer

³ Unter Fahrerverhalten werden alle Verhaltensweisen der Fahrerin bzw. des Fahrers im Zusammenhang mit der Nutzung des Fahrzeugs verstanden. Dies betrifft also nicht nur das Führen des Fahrzeugs im Straßenverkehr, sondern umfasst auch Nebenaktivitäten und Verhaltensweisen beim Gebrauch des Fahrzeugs im Alltag (z. B. Parken und Abstellen, Nutzung von Assistenzsystemen, Entertainment, Klima und Heizung, Mitnahme weiterer Personen, Transport von Materialien, Häufigkeit und Zweck der Fahrzeugnutzung, bevorzugte Wegstrecken, etc.).

Indikator für risikoreiches Fahrverhalten. In diesem Bereich zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Antriebsarten: Drei Fälle betreffen Elektrofahrzeuge, neun Fälle Verbrennerfahrzeuge.

Der Themenbereich Alkoholeinfluss umfasst acht Fälle. Obwohl dieser Bereich, wie beschrieben, keinen fahrdynamischen Fehlentscheidungen im engeren Sinne entspricht, da die Ursache im Zustand der Fahruntüchtigkeit liegt, zeigt die Verteilung dennoch ein klares Muster: Zwei der Fälle betreffen Elektrofahrzeuge, sechs Verbrennerfahrzeuge.

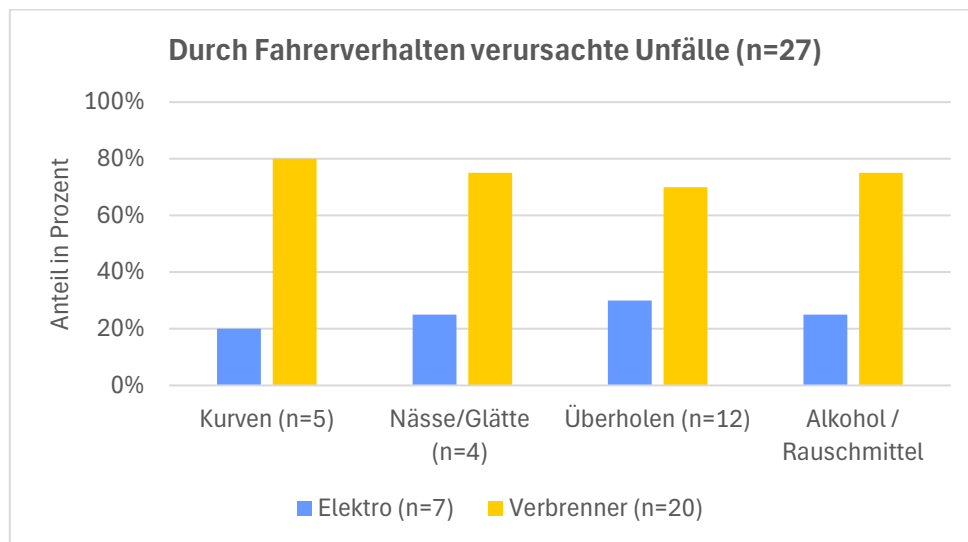


Abbildung 47: Vergleich des Fahrerverhaltens

Insgesamt lässt sich festhalten, dass Unfälle aufgrund unangepassten Verhaltens über alle Kategorien hinweg überwiegend bei Verbrennerfahrzeugen auftreten. Elektrofahrzeuge sind deutlich seltener in den entsprechenden Unfalltypologien vertreten. Eine kombinierte Auswertung der Merkmale zeigt auch, dass in der Gruppe der Verbrenner ca. 13 % der Unfälle bei Nässe/Glätte durch den Unfalltyp Fahrnfall (also verbunden mit Verlust der Kontrolle aufgrund nicht angepasster Geschwindigkeit) bestimmt wurden. Hier waren hauptsächlich junge Fahrer:innen unter 24 Jahren Involviert (4 von 5 Fällen). Auch bei Betrachtung von Fahrnfällen bei Nässe und an Kurven sind die jungen Fahrer:innen tendenziell auffällig, das allerdings bei geringeren Fallzahlen (zwei von drei Fällen). Bei den Themen Alkohol und Überholen war hingegen keine altersabhängige Auffälligkeit festzustellen.

Auch hier ist zu beachten, dass die Fallzahlen in den Einzelanalysen sehr gering sind, eine allgemeine Tendenz Richtung Verbrenner ist jedoch erkennbar. Der Chi-Quadrat-Test für alle dargestellten Bereiche im Fahrverhalten ergab in keinem Fall einen

statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen Elektrofahrzeug und Verbrenner.

3.4. Detaillierte Auswertung von Pkw-VRU-Unfällen

Wie in der Literaturanalyse bereits gezeigt, scheint sich für den elektrischen Antrieb, der sowohl leiser ist als auch aufgrund mangelnder Gewohnheit des Geräuschs, das nicht ohne weiteres einem Fahrzeug zugeordnet werden kann, ein höheres Unfallrisiko für Fußgänger:innen. Insbesondere eine Untersuchung vom GDV (GDV, 2022) zeigt hier deutliche Defizite auf. Es liegt daher die Annahme nahe, dass sich dieses Risiko auch in den Unfallzahlen abbildet, was im Folgenden untersucht wird.

3.4.1. Einfluss der reduzierten Wahrnehmbarkeit auf das Unfallgeschehen

Da Unfälle, die auf eine fehlende oder unzureichende akustische Wahrnehmung eines Pkw zurückzuführen sind, in retrospektiven Unfalldatenbanken nicht explizit kodiert werden, lassen sie sich nicht direkt identifizieren. Dennoch ist es möglich, unter bestimmten Annahmen und mit klar definierten Einschränkungen Unfallmuster zu isolieren, die indirekt Hinweise auf eine potenziell relevante Geräuschproblematik geben. Besonders geeignet hierfür sind Kollisionen zwischen Pkw und Fußgänger:innen, da die akustische Wahrnehmung des sich nähernden Fahrzeugs in diesen Konstellationen eine zentrale Rolle einnimmt.

Auf dieser Grundlage wird folgende These formuliert: Treten bestimmte, durch niedrige Annäherungsgeschwindigkeiten oder eingeschränkte Sicht charakterisierte Unfallszenarien bei Elektrofahrzeugen häufiger auf als bei Verbrennerfahrzeugen, kann daraus in erster Näherung geschlossen werden, dass akustische Wahrnehmungsaspekte bei Elektrofahrzeugen eine größere Relevanz besitzen, selbst dann, wenn diese nicht als Hauptunfallursache dokumentiert wurden.

Für die Untersuchung standen insgesamt 38 Fälle zur Verfügung, davon 25 Kollisionen zwischen Elektro-Pkw und Fußgänger:innen sowie 13 Unfälle zwischen Verbrenner-Pkw und Fußgänger:innen. Die Ermittlung des sogenannten Relevanzpools erfolgte anhand einer systematischen Einzelfallanalyse. Hierbei wurden sowohl ausgewählte Merkmale der amtlichen Unfalldatenbank (z. B. Geschwindigkeit des Unfallfahrzeugs) als auch die Unfallskizzen und die Freitextbeschreibungen ausgewertet.

Relevante Kriterien bei der Fallauswahl waren unter anderem die genaue Unfallörtlichkeit (z. B. Fahrbahn, Gehweg, Grundstückszufahrt), die Geschwindigkeit des Pkw, wobei nur Fälle mit Geschwindigkeiten unter etwa 20 km/h berücksichtigt wurden, um überlagernde Reifengeräusche auszuschließen, die Bewegungsrichtung und das Fahrmanöver des Pkw (vorwärts, rückwärts, Abbiegen, Ein- oder Ausparken) sowie die Bewegungsrichtung der Fußgänger:innen, die Lichtverhältnisse zum Unfallzeitpunkt und eine qualitative Einschätzung der Verkehrsdichte, sofern diese aus den Unterlagen ableitbar war. Die Methode weist bewusst definierte Einschränkungen auf. Nicht berücksichtigt werden konnten etwa die Hintergrundgeräusche in der Umgebung der Fußgänger:innen, mögliche zusätzliche Reifengeräusche aufgrund spezieller Fahrbahnbeläge, die Hauptunfallursache, die in der Regel bei denen Fahrer:innen liegt, sowie potenzielle altersbedingte Einschränkungen der beteiligten Fußgänger:innen. Die Analyse bildet daher keine kausalen Zusammenhänge ab, sondern dient der Identifikation wiederkehrender Muster, die hinsichtlich einer potenziellen AVAS-Relevanz interpretiert werden können.

Die Auswertung zeigt, dass sich unter den 25 Elektrofahrzeug-Fällen 19 Unfälle (76 %) identifizieren ließen, die unter den genannten Annahmen potenziell AVAS-relevant sind. Im Vergleich dazu ergaben sich bei den 13 Unfällen mit Verbrennern lediglich 7 potenziell relevante Konstellationen (54 %). Die folgenden Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf diese Relevanzpools.

Erstens zeigte sich, dass fünf von 19 Fällen im Elektrofahrzeug-Pool beim Rückwärtsfahren auftraten. Im Relevanzpool der Verbrennerfahrzeuge hingegen wurde kein einziger solcher Fall identifiziert.

Zweitens ergab die weitere Eingrenzung hinsichtlich Lichtverhältnisse und Fahrmanöver, dass bei drei Elektrofahrzeug-Fällen ein Abbiegen bei sehr geringer Geschwindigkeit und gleichzeitig eingeschränkten Sichtverhältnissen (Dämmerung oder Dunkelheit, Regen) vorlag. Auch hier fanden sich im Vergleichspool der Verbrennerfahrzeuge keine entsprechenden Fälle.

Drittens ergab die gesonderte Betrachtung von Kollisionen auf dem Gehweg, bei denen typischerweise das Fahrzeug aus einer Einfahrt kommt und daher schlecht wahrnehmbar ist, dass drei Fälle im Elektrofahrzeug-Pool, jedoch ebenfalls kein Fall im Verbrenner-Pool auftraten.

Alle beschriebenen Szenarien haben gemeinsam, dass die optische Wahrnehmbarkeit der Fahrzeuge eingeschränkt war bzw. dass nicht zu erkennen war, dass sich das Fahrzeug in einem fahrbereiten Zustand befindet und ein möglicher Konflikt unmittelbar bevorsteht. Es handelt sich also um Situationen, in denen die akustische Wahrnehmbarkeit von besonderer Bedeutung ist. Ist auch diese aufgrund des Antriebskonzepts in Verbindung mit sehr langsamer Fahrt stark eingeschränkt, so erhöht sich das Unfallrisiko offensichtlich deutlich.

Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang die Frage, ob die an den Unfällen beteiligten Elektrofahrzeuge mit einem AVAS ausgestattet waren. Da dieses System erst seit Juli 2021 verpflichtend für alle neu zugelassenen Fahrzeuge vorgeschrieben ist, zuvor jedoch bereits von einzelnen Herstellern freiwillig implementiert wurde, lässt sich für nicht alle untersuchten Fälle zweifelsfrei feststellen, ob ein entsprechendes System vorhanden war. Gleichwohl kann mit Sicherheit festgestellt werden, dass bei drei von fünf Unfällen, die sich beim Rückwärtsfahren batterieelektrischer Fahrzeuge ereigneten, ein AVAS installiert war; in einem weiteren Fall ist das mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen. Von den drei analysierten Abbiegeunfällen unter den Bedingungen von Dunkelheit und Niederschlag war bei einem Fahrzeug das Vorhandensein eines AVAS gesichert, während es in den beiden übrigen Fällen als wahrscheinlich gilt. Insgesamt kann somit festgestellt werden, dass bei mindestens der Hälfte der untersuchten Unfälle beim Abbiegen und Rückwärtsfahren ein akustisches Warnsystem vorhanden war, dieses den Unfall jedoch nicht verhindern konnte. Allen genannten Unfällen ist gemeinsam, dass sie bei sehr geringen Fahrgeschwindigkeiten auftraten, sodass das AVAS aufgrund seiner systembedingten Auslegung, nach der eine Geräuschemission nur bei einem bewegten Fahrzeug stattfindet, nur eine begrenzte Wirksamkeit entfalten konnte.

Die Analyse bestätigt damit bisherigen Untersuchungen zu dieser Thematik (s. Kapitel 2), die besagen, dass von E-Fahrzeugen eine besondere Gefährdung für Fußgänger ausgeht. Während sich diese Untersuchungen bisher im Wesentlichen auf Probandenstudien stützen, kann nun auch mit Hilfe von Unfallzahlen unmittelbar dargelegt werden, dass es in diesem Bereich dringend Verbesserungsbedarf gibt.

Für die spezifischen, für Fußgänger besonders relevanten Verkehrssituationen konnte nachgewiesen werden, dass die beschriebenen Unterschiede statistisch signifikant sind. Unfälle beim Rückwärtsfahren, beim Abbiegen bei Dämmerung beziehungsweise

Dunkelheit sowie Kollisionen auf Gehwegen wurden ausschließlich im Zusammenhang mit Elektrofahrzeugen festgestellt und unterschieden sich statistisch signifikant von der Verteilung bei Verbrennerfahrzeugen ($\chi^2(1)=9,0$; $p<.005$).

Diese Ergebnisse legen nahe, dass die erhöhte Gefährdung für Fußgänger weniger auf generelle Unterschiede in der Unfallhäufigkeit zurückzuführen ist, sondern insbesondere in bestimmten, wahrnehmungskritischen Situationen zum Tragen kommt. Damit liefern die Unfallzahlen eine empirische Ergänzung zu bisherigen experimentellen Befunden und unterstreichen den bestehenden Handlungsbedarf zur Verbesserung der Wahrnehmbarkeit von Elektrofahrzeugen im Straßenverkehr.

3.5. Zusammenfassung

Die Analyse der vorliegenden Unfalldaten hat wesentliche und relevante Unterschiede zwischen batterieelektrischen Fahrzeugen und Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor aufgezeigt. Während auf einer stark aggregierten Auswertungsebene zunächst kaum signifikante Differenzen im Unfallgeschehen beider Antriebsarten erkennbar waren, verdeutlichen vertiefende Detailanalysen, dass sich in spezifischen Unfallkonstellationen und Nutzungsszenarien deutlich unterschiedliche Muster beobachten lassen. Diese Unterschiede betreffen sowohl die Unfallursachen als auch die Unfallfolgen und die beteiligten Verkehrsteilnehmer:innen.

Grundsätzlich konnte bestätigt werden, dass moderne Fahrzeuge unabhängig von der Antriebsart einen deutlich höheren Insassenschutz bieten als ältere Fahrzeugmodelle. Vor diesem Hintergrund fällt die vergleichsweise junge Fahrzeugflotte der batterieelektrischen Pkw besonders positiv auf. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, dass elektrisch angetriebene Pkw aufgrund ihrer im Mittel höheren Fahrzeugmasse – insbesondere im Kleinwagensegment – ihren Insassen einen signifikant höheren Schutz bieten als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Gleichzeitig geht dieser erhöhte Eigenschutz mit einem potenziell erhöhten Gefährdungspotenzial für Kollisionsgegner einher, insbesondere für ungeschützte Verkehrsteilnehmende oder leichtere Fahrzeuge. Dieser Aspekt ist aus verkehrssicherheitsrelevanter Perspektive von besonderer Bedeutung und sollte in zukünftigen Bewertungen verstärkt berücksichtigt werden.

Weiterhin konnten Unterschiede im Fahrerverhalten zwischen den beiden Fahrzeuggruppen identifiziert werden. Fahrunfälle, die in Zusammenhang mit hoher

oder nicht angepasster Geschwindigkeit stehen, traten im ausgewerteten Datenbestand bei batterieelektrischen Fahrzeugen nahezu nicht auf, während sie bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor in der erwartbaren Häufigkeit zu beobachten waren. Die Ursachen für diese Verhaltensunterschiede lassen sich auf Grundlage der vorliegenden Unfallanalyse nicht abschließend klären. Mögliche Erklärungsansätze umfassen eine insgesamt defensivere Fahrweise von Fahrerinnen und Fahrern batterieelektrischer Fahrzeuge, aber auch eine stärker vorausschauende und energieeffiziente Fahrstrategie. Inwieweit diese Hypothesen zutreffen, soll durch die Auswertung der ergänzenden Nutzerbefragung (Kapitel 4) weiter untersucht werden.

Deutlich bestätigt haben sich zudem die Erkenntnisse aus früheren Studien zur eingeschränkten akustischen Wahrnehmbarkeit batterieelektrischer Fahrzeuge. Die Unfallanalyse zeigt klar, dass die geringe Geräuschemission dieser Fahrzeuge insbesondere in Situationen mit eingeschränkter Sicht oder bei stehenden, jedoch fahrbereiten Fahrzeugen sicherheitskritisch ist. In solchen Konstellationen besteht ein erhöhtes Risiko, dass insbesondere Fußgänger:innen die Anwesenheit oder Bewegungsbereitschaft des Fahrzeugs nicht rechtzeitig wahrnehmen, was zu einer erhöhten Unfallwahrscheinlichkeit führt.

Schließlich konnte durch die Unfallanalyse herausgefunden werden, dass auch aus der spezifischen Pedalbedienung batterieelektrischer Fahrzeuge, insbesondere im Zusammenhang mit dem sogenannten One-Pedal-Drive, ein im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor signifikant erhöhtes Unfallrisiko resultiert. Auffällig viele Unfälle waren auf Fehlbedienungen des Fahrpedals zurückzuführen, die auf fahrzeugspezifische Besonderheiten elektrischer Antriebskonzepte hinweisen. Diese Ergebnisse legen nahe, dass sowohl die Fahrzeugauslegung als auch die Fahrerinformation und -schulung weiterentwickelt werden sollten. Insgesamt deutet sich hier ein unmittelbarer und bislang unzureichend adressierter Forschungsbedarf an.

4. Nutzerbefragung

4.1. Zielsetzung und Fragestellungen

Dieses Arbeitspaket verfolgt das Ziel, Einstellungen und verkehrssicherheitsrelevante Verhaltensweisen bei der Nutzung von Personenkraftwagen mit elektrischem Antrieb zu erfassen und mit der Nutzung von Fahrzeugen, die mit einem Verbrenner betrieben werden, zu vergleichen. Insbesondere geht es darum, die Daten aus der Unfallanalyse mit der subjektiven Sicht der Fahrerinnen und Fahrer zu validieren, nähere Hinweise über Entstehungsmechanismen und Auftretenshäufigkeiten von Risikopotenzialen im Zusammenhang mit der Verkehrssicherheit für die eigene Person und andere Verkehrsteilnehmenden abzuleiten sowie Maßnahmen und Gestaltungsempfehlungen zur Verringerung von Risiken aus verschiedenen Perspektiven heraus möglichst unverzerrt zu entwickeln. Die Nutzerbefragung wird als Online-Umfrage umgesetzt. Folgende Fragestellungen werden durch die Nutzerbefragung beantwortet:

1. Inwieweit unterscheidet sich das wahrgenommene Verhalten im Straßenverkehr zwischen Kfz-Führenden mit elektrischem Antrieb und Verbrenner?
2. Welche Nutzergruppen lassen sich beim elektrischen Antrieb unterscheiden und mit welchen verkehrssicherheitsrelevanten Verhaltensweisen sind diese verbunden?
3. Von welchen Unfallkonstellationen und zugeschriebenen Ursachen berichten Kfz-Führende, wenn sie elektrisch unterwegs sind im Vergleich zu einem Verbrenner?

4.2. Aufbau und Auswertung der Online-Befragung

Die Online-Befragung ist voll standardisiert mit überwiegend geschlossenen Antwortformaten und quantitativen Bewertungsskalen im Likert-Format. Nach der Instruktion erfolgt die Abfrage von Einschlusskriterien zur Studienteilnahme (d. h. Einverständnis zur freiwilligen Teilnahme, Besitz einer Fahrerlaubnis der Klasse B, Fahrerfahrung eines Pkw mit rein elektrischem Antrieb und/ oder eines konventionellen reinen Verbrenner-Antriebs innerhalb der letzten 3 Monate). Nicht im Fokus der Befragung und damit von der Teilnahme ausgeschlossen sind Nutzungserfahrungen

mit anderen Antriebsarten (z. B. CNG, LPG, Wasserstoff) und Plug-In-Hybridantriebe. Die Befragung ist so konzipiert, dass Personen zunächst nach der am häufigst genutzten Antriebsart in den letzten 3 Monaten gefragt werden (elektrisch bzw. Verbrenner) und hierzu folgende Themenbereiche beantworten: 1. Hersteller, Typ und Fahrzeugmodell, 2. Häufigkeit, Ausmaß und Zweck der Fahrzeugnutzung sowie Besitz- bzw. Halterverhältnisse, 3. Wahrnehmung und Verhalten im Straßenverkehr, 4. Kritische Situationen und Unfälle in den letzten 12 Monaten sowie mögliche Bedingungsfaktoren insbesondere im Zusammenhang mit der Fahrzeuggestaltung (z. B. Assistenzsysteme, Bedienung der Mensch-Maschine-Schnittstelle). Im Anschluss wird erfragt, ob in den zurückliegenden 3 Monaten auch ein Fahrzeug mit der jeweils anderen Antriebsart genutzt worden ist. Falls ja, werden dieselben Themenbereiche in derselben Reihenfolge erneut bezogen auf diese Antriebsart abgefragt, um einen direkten Vergleich zu ermöglichen. Falls nein, wird dieser Themenblock übersprungen. Mittels etablierter Fragebögen erfolgt einmalig die Abfrage des ökologischen Umweltverhaltens und der Innovationsbereitschaft (Salari, 2022) sowie des Aggressivitätspotenzials im Straßenverkehr (deutschsprachige Version der Driving Anger Scale nach Brandenburg & Oehl, 2021). Zum Abschluss werden soziodemografische Angaben (u. a. zu Alter, Geschlecht, Einkommensverhältnissen, Wohnort, Park- und Abstelloptionen) erfasst. Die Befragung befindet sich mit den Originalfragen im Anhang dieses Berichts. Die Bearbeitungsdauer beträgt in der Regel 15 bis 20 Minuten. Die Online-Befragung ist mit dem Tool Unipark erstellt, das responsiv gestaltet ist und daher auf einer Vielzahl von Endgeräten eine hohe Benutzerfreundlichkeit für die Teilnehmenden gewährleistet. Die Auswertung erfolgt über MS Excel und der kostenfreien Open Source Statistik-Software Jasp.

4.3. Erhebungszeitraum und Stichprobe

Die Online-Befragung startete am 15.03.2025. Bis zum 24.10.2025 haben $n=286$ Personen die Befragung aufgerufen. Insgesamt 31 Befragte haben ihre Teilnahme während der Beantwortung abgebrochen. Bei weiteren 17 Personen sind Einschlusskriterien nicht erfüllt ($n=3$ ohne Fahrerlaubnis, $n=1$ ohne Fahrerfahrung in den letzten drei Monaten, $n=12$ nutzen einen Hybridantrieb und $n=1$ nutzt einen alternativen Antrieb), sodass $n=238$ Personen verbleiben, die in Summe an der Online-Befragung teilgenommen haben.

Von diesen 238 Befragten geben 52 Personen (28,2 %) an, dass sie ausschließlich rein elektrisch unterwegs sind und 67 Personen (21,8 %), dass sie ausschließlich ein Fahrzeug mit einem reinen Verbrennerantrieb nutzen. Insgesamt 119 Personen haben Erfahrungen mit beiden Antriebsarten, davon bei 78 Personen (32,8 %) mit einem rein elektrischen Antrieb in der hauptsächlichen Nutzung und bei 41 Personen (17,2 %) mit einem Verbrenner in der Hauptnutzung. In Summe ergeben sich damit 171 Datensätze zur Nutzung von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb und 186 Datensätze zu Verbrennerfahrzeugen (siehe Abbildung 48).

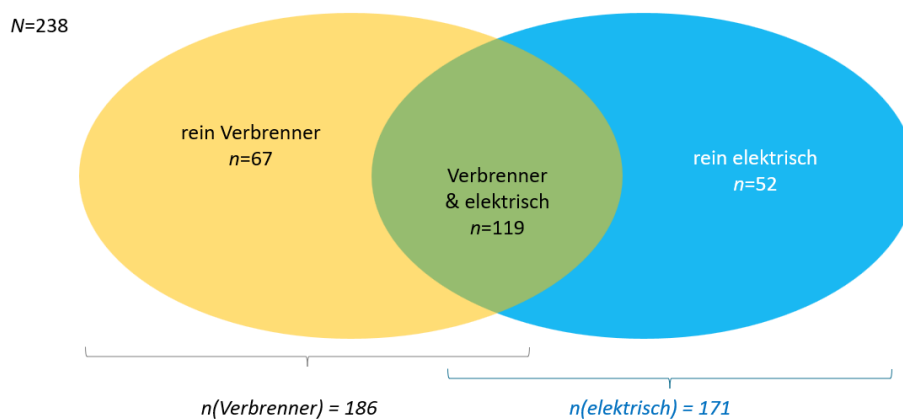


Abbildung 48: Stichprobenzusammensetzung und Häufigkeit der Antriebsarten.

In der vorliegenden Stichprobe befinden sich 57 weibliche (24 %) und 178 männliche (75 %) Personen sowie 3 Personen mit fehlender Angabe zum Geschlecht (1 %). Teilnehmende sind zwischen 21 und 73 Jahre alt ($MW=43,99$ Jahre; $SD=13,25$). Ihren Hauptwohnsitz haben 83 Befragte in einer Großstadt (43 bzw. 18,1 % im Zentrum; 40 bzw. 16,8 % in Außenbezirken), weitere 40 Personen (16,8 %) stammen aus dem Umland einer Großstadt, 60 Befragte (25,2 %) leben in einer mittleren oder Kleinstadt und 55 (23,1 %) Personen in ländlicher Region. Teilnehmende stammen aus dem gesamten Bundesgebiet, wobei die meisten Befragten ihren Hauptwohnsitz den Postleitzahlen-Regionen „3xxxx“ und „1xxxx“ zuordnen (siehe Tabelle 7).

Die Akquise der Teilnehmenden erfolgte über Online-Aufrufe auf Social Media-Plattformen (z. B. LinkedIn, NebenAn.de), auf einschlägigen Foren zum Austausch über das Thema Elektromobilität, über die Mailansprache von Vereinen und virtuellen Stammtischen zur Elektromobilität, über die Probandendatenbank Prolific und über physische Handzettel/ Flyer an der Windschutzscheibe.

Tabelle 7 Herkunft der Befragten nach Postleitzahlenbereich des Hauptwohnsitzes

PLZ-Bereich	Häufigkeit	Prozent
0xxxx	5	2,1 %
1xxxx	38	16,0 %
2xxxx	29	12,2 %
3xxxx	74	31,2 %
4xxxx	21	8,9 %
5xxxx	21	8,9 %
6xxxx	15	6,3 %
7xxxx	8	3,4 %
8xxxx	15	6,3 %
9xxxx	11	4,7 %
Gesamt	237	100,0 %
Keine Angabe	1	
Gesamt	238	

4.4. Ergebnisse der Online-Befragung

Bei den Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb handelt es sich ausschließlich um Pkw mit Automatikgetriebe ($n=160$). Die Fahrzeuge mit Verbrennerantrieb sind zu etwa zwei Drittel Schaltwagen ($n=125$) und nur zu etwa einem Drittel mit einem Automatikgetriebe ausgestattet ($n=59$).

Bei der Nutzungshäufigkeit ist auffällig, dass Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb häufiger regelmäßig täglich im Einsatz sind (35,7 %) als Fahrzeuge mit Verbrennerantrieb (16,8 %, siehe Tabelle 8). Die durchschnittliche jährliche Fahrleistung ist für elektrisch betriebene Fahrzeuge leicht, aber nicht auffällig erhöht (13.280 km für Pkw mit elektrischen Antrieb im Vergleich zu 11.310 km für Verbrennerfahrzeuge).

Tabelle 8: Häufigkeit der Fahrzeugnutzung in Abhängigkeit von der Antriebsart

Häufigkeit der Pkw-Nutzung	elektrischer Antrieb	Verbrenner
Täglich	61/ 35,7 %	31/ 16,8 %
5 bis 6 Mal pro Woche	38/ 22,2 %	33/ 17,8 %
3 bis 4 Mal pro Woche	28/ 16,4 %	30/ 16,2 %
1 bis 2 Mal pro Woche	21/ 12,3 %	33/ 17,9 %
Seltener	23/ 13,4 %	58/ 31,3 %
Keine Angabe	0	1
Gesamt	171/ 100,0 %	185/ 100,0 %

Befragt zu welchen Zwecken das jeweilige Fahrzeug regelmäßig genutzt wird, fällt auf, dass Probanden, die ein Pkw mit elektrischem Antrieb nutzen,

Mehrfachantwortmöglichkeiten prinzipiell häufiger auswählen. Einzige Ausnahme bildet hier der Transport von (sperrigen) Materialien, für den eher Verbrennerfahrzeuge zum Einsatz kommen. Im Vergleich zum Verbrenner werden E-Pkw überproportional häufig für Freizeit- und Einkaufszwecke genutzt. Dies sind absolut gesehen innerhalb der beiden befragten Kohorten, also ebenso beim Verbrenner, auch die Hauptzwecke einer regelmäßigen Fahrzeugnutzung (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Häufigkeit der Fahrzeugnutzung in Abhängigkeit von der Antriebsart

Zweck der Pkw-Nutzung	elektrischer Antrieb	Verbrenner
	* Mehrfachnennung möglich	* Mehrfachnennung möglich
Von bzw. zur Arbeit	96/ 171 (56,1 %)	90/ 185 (48,6 %)
Beruflich (während der Arbeit)	43/ 171 (25,1 %)	31/ 185 (16,8 %)
Einkaufen/ Besorgungen	141/ 171 (82,5 %)	116/ 185 (62,7 %)
Freizeit/ Ausflüge	143/ 171 (83,6 %)	133/ 185 (71,9 %)
Urlaub	96/ 171 (56,1 %)	94/ 185 (50,8 %)
Bringen/ Abholen anderer Personen	92/ 171 (53,8 %)	84/ 185 (45,5 %)
Transport (sperriger) Materialien	44/ 171 (23,7 %)	62/ 185 (33,5 %)
Gesamt	171/ 100,0 %	185/ 100,0 %

In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich um Fahrzeuge, die sich in eigenem privaten Besitz befinden und die auf die jeweils teilnehmenden Personen selbst zugelassen sind, unabhängig von der Antriebsart. Allerdings fällt auf, dass Pkw mit elektrischem Antrieb deutlich häufiger in einem beruflichen Zusammenhang zugelassen sind (13,5 %) als Fahrzeuge mit einem Verbrennerantrieb (3,8 %; siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Fahrzeughaltung

Fahrzeughaltung	elektrischer Antrieb	Verbrenner
Halter:in des Pkw	100 (58,4 %)	105 (56,8 %)
Halter:in in Familie, Partnerschaft oder haushaltsangehörig	31 (18,1 %)	46 (24,9 %)
Haltung in beruflichem Zusammenhang	23 (13,5 %)	7 (3,8 %)
Fremder Halter (Carsharing, Mietwagen)	14 (8,2 %)	20 (10,7 %)
Sonstiges	3 (1,8 %)	7 (3,8 %)
Gesamt	171/ 100,0 %	185/ 100,0 %

Befragt nach den regelmäßig genutzten Wegearten finden sich die häufigsten Angaben sowohl bei elektrischem Antrieb als auch bei Verbrennerfahrzeugen für Stadtstraßen, gefolgt von Bundes- bzw. Landstraßen und Autobahnen (siehe Abbildung 49). Im relativen Vergleich zwischen beiden Gruppen fällt auf, dass E-Pkw eher im Stadt- und Überlandverkehr als auf Autobahnen regelmäßig zum Einsatz kommen.

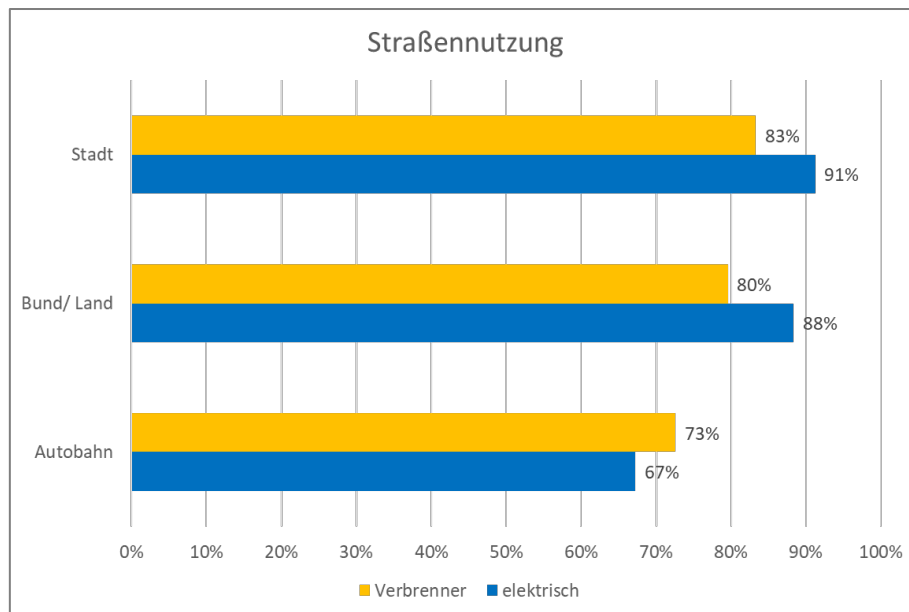


Abbildung 49: Regelmäßig genutzte Wegearten

Zur Erfassung von Wahrnehmung und Verhalten im Straßenverkehr liegen 26 selbst formulierte Aussagen vor, deren Zustimmung jeweils auf einer fünfstufigen intervallskalierten Likert-Skala erhoben worden ist 1: "trifft gar nicht zu" bis 5: "trifft voll und ganz zu". Pro Aussage sind Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet worden, wobei Mittelwertunterschiede zwischen den beiden Antriebsarten mittels separate *t*-Tests auf statistische Bedeutsamkeit geprüft sind. Die Aussagen sind post Hoc nach sechs inhaltlichen Themenbereichen gruppiert: 1. Antriebsrelevante Nutzung, 2. Streckenplanung, 3. Akustische Wahrnehmbarkeit, 4. Verhalten gegenüber anderen Verkehrsteilnehmenden, 5. Beschleunigen und Bremsen und 6. Fahrzeugeindruck und Beeinträchtigung anderer.

Im Vergleich der Fahrzeugnutzung zeigt sich, dass Personen, die ein E-Pkw nutzen, dies signifikant häufiger auch für kurze Strecken einsetzen, wohingegen hier auf Verbrennerfahrzeuge eher verzichtet wird, sowohl um Schäden am Fahrzeug zu vermeiden ($t=8,624$, $df=352$, $p < .01$, $d=0,918$) als auch aus ökologischen bzw. wirtschaftlichen Effizienzgründen ($t=8,288$, $df=352$, $p < .01$, $d=0,882$). Fahrerinnen und Fahrer mit elektrischem Antrieb stimmen außerdem signifikant mehr zu, dass sie ihre Fahrweise anpassen und vorausschauender fahren, um Energie zu sparen ($t=-4,267$, $df=352$, $p < .01$, $d=-0,454$). Die Bereitschaft, hierfür auch auf zusätzliche Systeme (wie Klimaanlage oder Radio) zu verzichten, ist hierbei lediglich tendenziell signifikant erhöht ($t=-1,867$, $df=352$, $p=.063$, $d=-0,199$; siehe Abbildung 50).

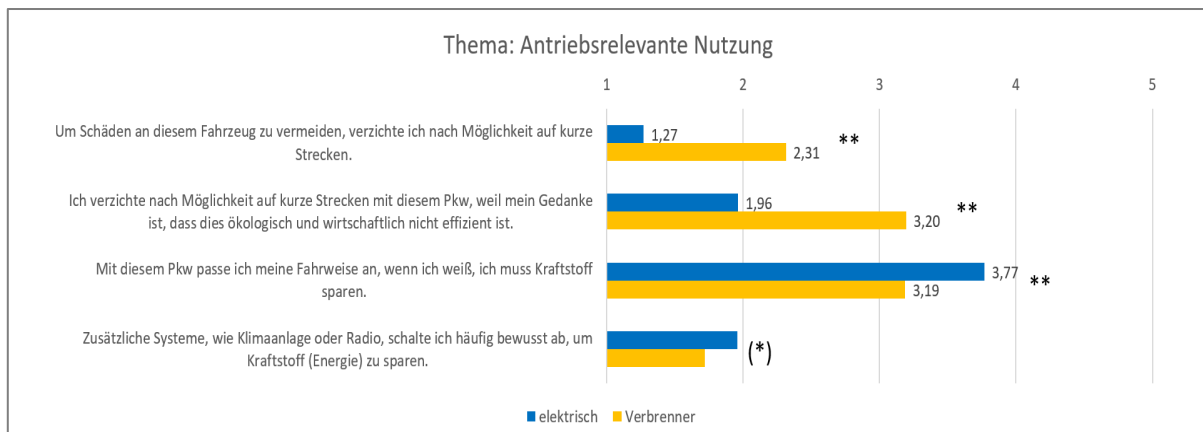


Abbildung 50: Wahrnehmung und Verhalten im Straßenverkehr (Antriebsrelevante Nutzung)

Ladeoptionen und eine darauf abgestimmte Streckenplanung ist bei Nutzung eines E-Pkw ein signifikant präsenteres Thema als bei Verbrennerfahrzeugen ($t=-10,325$, $df=352$, $p<.01$, $d=-1,089$ für „Gedanken über Ladeoptionen“ und $t=-2,601$, $df=352$, $p<.05$, $d=-0,277$ für „Streckenplanung“). Die Bereitschaft zur spontanen Nutzung unterscheidet sich zwischen beiden Antriebsarten allerdings nicht signifikant, was mit dem vermehrten Einsatz auf (bekannten) kürzeren Strecken einhergeht ($t=1,398$, $df=352$, $p=.163$, n.s., $d=0,149$; siehe Abbildung 51).

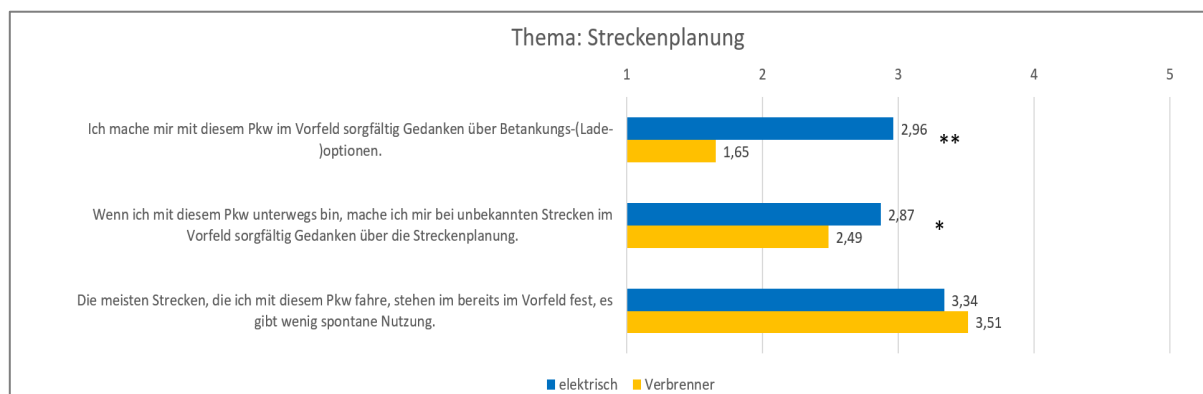


Abbildung 51: Wahrnehmung und Verhalten im Straßenverkehr (Streckenplanung)

Zwischen elektrischem Antrieb und Verbrennerfahrzeug zeigen sich signifikante Unterschiede hinsichtlich der akustischen Wahrnehmbarkeit (siehe Abbildung 52). Fahrerinnen und Fahrer von E-Fahrzeugen stimmen eher dem Eindruck zu, im normalen Straßenverkehr akustisch schlechter wahrgenommen zu werden als andere Fahrzeuge ($t=-11,079$, $df=352$, $p<.01$, $d=-1,179$). Außerdem sind Fahrgeräusche für die Fahrerin/ den Fahrer selbst auch schlechter wahrnehmbar ($t=5,718$, $df=352$, $p<.01$, $d=0,608$), wobei sich hieraus keine signifikanten Einbußen hinsichtlich eines sicheren Fahrens im Vergleich zum Verbrenner ergeben ($t=-1,185$, $df=352$, $p=.237$, n.s., $d=-0,126$). Auch die Zweckmäßigkeit und Verständlichkeit von Warn- und Hinweistönen im Cockpit unterscheidet sich nicht bedeutsam zwischen den beiden Antriebsarten ($t=-$

1,006, $df=352$, $p=.315$, n.s., $d=-0,107$). Bei E-Pkw werden Warn- und Hinweistöne lediglich als tendenziell angenehmer gestaltet erlebt ($t=-1,776$, $df=352$, $p=.007$, $d=-0,189$).

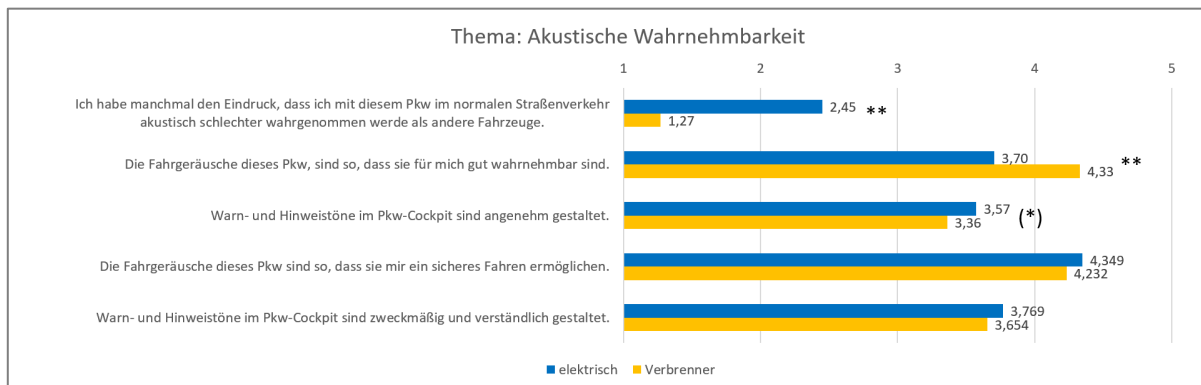


Abbildung 52: Wahrnehmung und Verhalten im Straßenverkehr (Akustische Wahrnehmbarkeit)

Die Zustimmung, im Längsverkehr bewusst auf ausreichenden Abstand zu achten, ist bei Nutzung eines Verbrennerantriebs signifikant höher als bei elektrischem Antrieb ($t=2,984$, $df=352$, $p<.01$, $d=0,317$). In kritischen Situationen gegenüber Fußgänger:innen, z. B. beim Rückwärtsausparken ($t=0,167$, $df=352$, $p=.867$, n.s., $d=0,018$) oder beim Rechtsabbiegen ($t=0,878$, $df=352$, $p=.38$, n.s., $d=0,093$), den Gedanken zu haben, überhört bzw. nicht wahrgenommen zu werden, zeigt sich nicht bedeutsam unterschiedlich zwischen beiden Antriebsarten. Auch ergeben sich keine Hinweise, dass daraufhin bestimmte Verhaltensweisen, wie ein früheres Abbremsen gegenüber Fußgänger:innen und Radfahrenden ($t=0,718$, $df=352$, $p=.473$, n.s., $d=0,076$) bzw. Warnungen ($t=-0,394$, $df=352$, $p=.694$, n.s., $d=-0,042$), resultieren (siehe Abbildung 53).

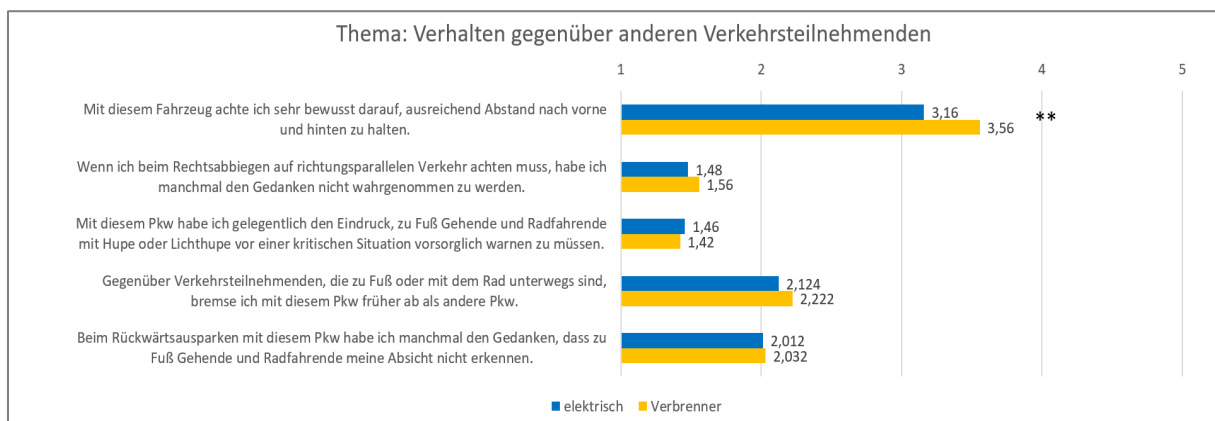


Abbildung 53: Wahrnehmung und Verhalten im Straßenverkehr (Verhalten gegenüber anderen)

Das Anfahren mit E-Pkw wird im Vergleich zu Verbrennerfahrzeugen als signifikant stärker und schneller wahrgenommen ($t=-12,814$, $df=352$, $p<.001$, $d=-1,364$), wobei diese höhere Beschleunigung auch signifikant häufiger mit dem Eindruck einhergeht,

schon mal die Kontrolle über das Fahrzeug zu verlieren ($t=-2,363$, $df=352$, $p<.05$, $d=-0,251$). Stop-and-Go-Verkehr ist mit elektrischem Antrieb signifikant angenehmer umsetzbar ($t=-14,2$, $df=352$, $p<.001$, $d=-1,511$), ebenso wie ein vorausschauendes Fahren ($t=-5,794$, $df=352$, $p<.001$, $d=-0,617$) und ein sanfteres Bedienen von Gas- und Bremspedal ($t=2,812$, $df=352$, $p<.01$, $d=0,299$; Abbildung 54).

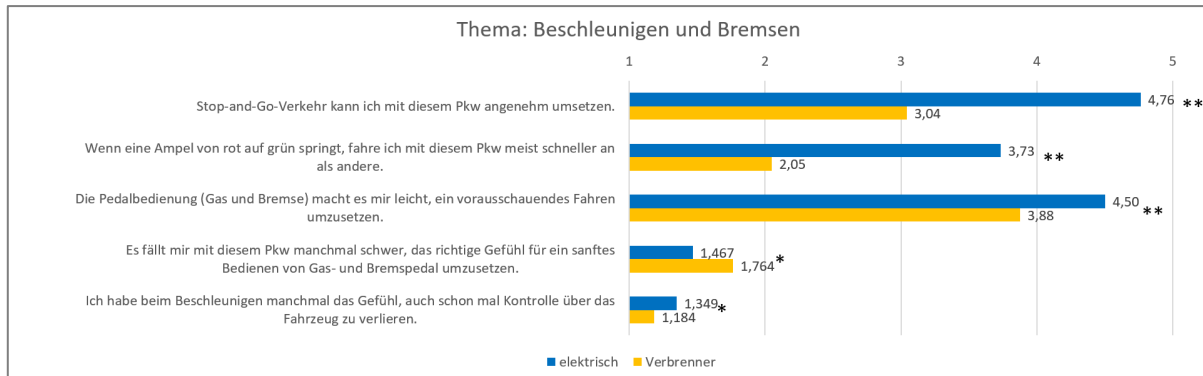


Abbildung 54: Wahrnehmung und Verhalten im Straßenverkehr (Beschleunigen und Bremsen)

Fahrerinnen und Fahrer von Verbrennerfahrzeugen geben an, sich signifikant mehr damit zu beschäftigen, wie sie unnötige Geräuschemissionen vermeiden können ($t=11,504$, $df=352$, $p<.001$, $d=1,224$), wohingegen sich Fahrerinnen und Fahrer eines E-Pkw grundsätzlich mehr Gedanken machen, inwieweit andere Teilnehmende durch ihre Antriebsart beeinflusst werden könnten ($t=-2,370$, $df=352$, $p<.05$, $d=-0,252$, siehe Abbildung 55). Trotz der schlechteren akustischen Wahrnehmbarkeit, liegt bei E-Pkw-Fahrerinnen und Fahrern mehr als bei Verbrennerantrieb der Eindruck vor, aufgrund des höheren Innovations- bzw. Neuheitsgrads der Fahrzeuge im normalen Straßenverkehr eher aufzufallen ($t=-4,654$, $df=352$, $p<.001$, $d=-0,495$). In diesem Zusammenhang werden die E-Pkw selbst als technisch versierter ausgestattet, quasi als „rollende Computer“, erlebt ($t=-9,104$, $df=352$, $p<.001$, $d=-0,969$).

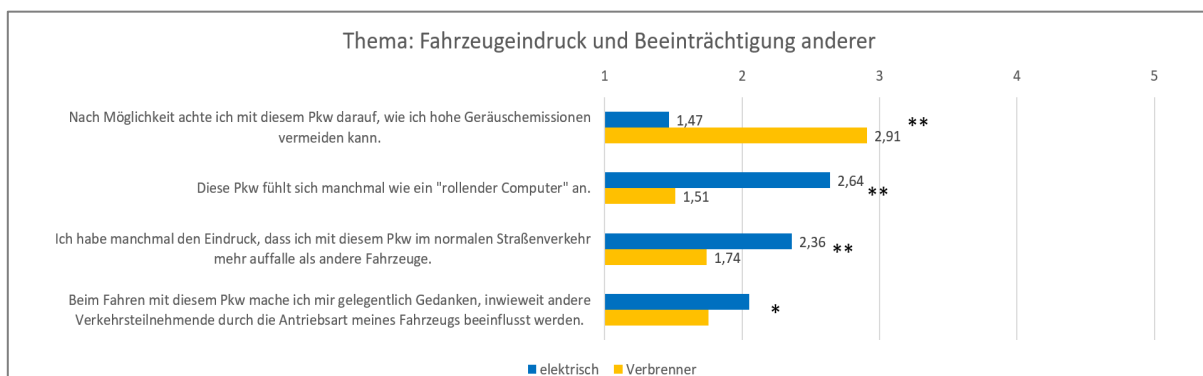


Abbildung 55: Wahrnehmung und Verhalten im Straßenverkehr (Eindruck und Beeinträchtigungen)

Etwa jede zehnte befragte Person berichtet von einer verkehrskritischen Situation innerhalb der letzten 12 Monate. Von einem Unfall in diesem Zeitraum berichten etwa

weitere 3 bis 4 Prozent. Im Vergleich zwischen den beiden Antriebsarten zeigen sich in Summe nahezu gleiche Anteile und Verhältnisse bei der quantitativen Anzahl an berichteten Ereignissen (siehe Tabelle 11). Auch hinsichtlich der qualitativen Beschreibung der Situationen von Unfällen und kritische Situationen zeigen sich zwischen den beiden Antriebsarten auf den ersten Blick keine wesentlichen Unterschiede. Die häufigsten kritischen Situationen liegen sowohl bei E-Pkw als auch bei Verbrennerfahrzeugen in Rechts-vor-Links-Szenarien und Überholmanövern bzw. Fahrstreifenwechseln. Einzig zwei Beobachtungen sind auffällig: 1. Entgegen der Erwartung aus den Unfalldaten und der eingeschätzten schlechteren akustischen Wahrnehmbarkeit durch andere Verkehrsteilnehmende, insbesondere durch Fußgänger:innen, zeigen sich weder in den hier berichteten kritischen Situationen noch in den Angaben zu Unfällen erhöhte Nennungen von Konflikten mit diesen Personengruppen im Zusammenhang mit der Nutzung eines elektrischen Antriebs. 2. Während Situationen des zu dichten Auffahrens bei den Verbrennerfahrzeugen eine nicht unerhebliche Rolle sowohl bei Unfällen als auch bei den kritischen Situationen spielen (hier sogar die dritthäufigste Kategorie), ist dies bei Nutzung eines elektrischen Antriebs kein einziges Mal genannt worden.

Tabelle 11 Angaben zu kritischen Situationen und berichteten Unfällen in den letzten 12 Monaten

Beschreibung	Elektrischer Antrieb		Verbrenner	
	Kritische Situation	Unfall	Kritische Situation	Unfall
Überholen/ Einscheren/ Spurwechsel	8	-	6	2
Rechts-Vor-Links/ Vorfahrt gewähren	6	1	5	-
Auffahren	-	-	4	2
Wild	1	1	2	1
In enger Straße ein parkendes Auto touchiert	-	1	-	1
Kollision mit anderem Pkw beim Rückwärtsfahren	-	1	-	-
Beim Abbiegen einen Pkw touchiert	-	1	-	-
Person hinter einem haltenden Bus erfasst	-	1	-	-
Fußgänger an Zebrastreifen zu spät wahrgenommen	-	-	1	-
Illegales Autorennen	-	-	1	-
Abrutschen auf regennasser Fahrbahn	1	-	-	-
Probleme mit Assistenzsystemen	2	-	-	-
Keine Angabe	-	-	1	2
Anzahl gesamt	18/ 171 (10,5 %)	6/ 171 (3,5 %)	10/ 186 (10,8 %)	8/ 186 (4,3 %)

Befragt, ob die kritische Situation bzw. der Unfall in einem Zusammenhang mit der Fahrzeuggestaltung steht, berichten bei den E-Pkws 4 Personen und beim Verbrenner 6 Personen von positiven Effekten durch Assistenzsysteme („Assistenzsysteme haben

Schlimmeres verhindert“). Von Problemen mit Assistenzsystemen berichten 5 Personen beim elektrischen Antrieb („System hat Unfall mitverursacht“, „System erkannte plötzliche Witterungsänderung nicht“, „Radfahrer wurde nicht erkannt“, „keine sofortige Notbremsung aufgrund von Gewöhnung an den Rekuperationsmodus“) und 1 Person beim Verbrennerantrieb („Beim Auffahren auf die Autobahn wurde aufgrund eines Motorschadens der Notlauf aktiviert“).

Hinsichtlich der Soziodemografie zeigt sich in der vorliegenden Stichprobe ein deutlicher Unterschied beim Alter in Zusammenhang mit der Antriebsart (siehe Tabelle 12). Personen, die hauptsächlich oder rein elektrisch mobil sind, sind durchschnittlich 9 bis 15 Jahre älter als Personen, die hauptsächlich oder ausschließlich mit einem reinen Verbrenner unterwegs sind. Die Altersunterschiede zwischen den Antriebsarten sind hoch signifikant unterschiedlich ($F=22.381$; $df_1=3$; $df_2=232$; $p<.001$).

Tabelle 12: Altersverteilung und Antriebsart

	<i>n</i>	Mittelwert (Alter)	Standardabweichung
Rein Verbrenner	67	35,9	11,67
Hauptsächlich Verbrenner, auch elektrisch	41	39,7	11,58
Hauptsächlich elektrisch, auch Verbrenner	77	48,8	11,49
Rein elektrisch	51	50,8	12,32
Gesamt	236	44,0	13,25

Auch hinsichtlich des Geschlechts zeigen sich signifikante Unterschiede innerhalb der hier gezogenen Gelegenheitsstichprobe (siehe Tabelle 7). So nutzt bei den Fahrerinnen eine von drei teilnehmenden Personen ein Fahrzeug mit einem elektrischen Antrieb, während bei den Fahrer fast zwei von drei teilnehmenden Personen angibt, elektrisch unterwegs zu sein. Die unterschiedlichen beobachteten Häufigkeiten zwischen Fahrerinnen und Fahrern sind hoch signifikant ($\chi^2=14.669$; $df=2$; $p<.001$).

Tabelle 13: Geschlecht und Antriebsart

	weiblich	männlich
Rein oder hauptsächlich Verbrenner	38/ 57 (66 %)	68/ 178 (38 %)
Rein oder hauptsächlich elektrisch	19/ 57 (34 %)	110/ 178 (62 %)
Gesamt	57/ 235 (24,26 %)	178/ 235 (75,74 %)

Die Nutzung eines elektrischen Antriebs ist überproportional häufiger vertreten, wenn der Hauptwohnsitz im Umland einer Großstadt, in mittleren und kleinen Städten und in ländlichen Regionen liegt, während sowohl im Zentrum und in Randbezirken einer Großstadt überproportional häufiger Verbrennerantriebe vertreten sind (siehe Tabelle 13). Die unterschiedlichen beobachteten Häufigkeiten zwischen den Antriebsarten in Abhängigkeit mit dem Hauptwohnsitz ist signifikant ($\chi^2=12,88$; $df=4$; $p<.05$). In diesem Zusammenhang steht, dass die Antriebsart auch hoch signifikant abhängig von der Wohnart ist ($\chi^2=36,454$; $df=6$; $p<.01$). Die ausschließliche Nutzung eines elektrischen Antriebs ist nahezu doppelt häufig vertreten im Fall eines Eigenheimbesitzes, während für Miet- oder Eigentumswohnungen die ausschließliche Nutzung eines Verbrennerfahrzeugs die häufigste Alternative darstellt (siehe Tabelle 9).

Tabelle 14: Hauptwohnsitz und Antriebsart

	Großstadt Zentrum	Großstadt Außenbezirk	Umland Großstadt	Kleinere oder mittlere Stadt	Ländliche Region
<i>Gesamt</i>	<i>n=43</i>	<i>n=40</i>	<i>n=40</i>	<i>n=60</i>	<i>n=55</i>
Davon Verbrenner	24/ 43 (56 %)	25/ 40 (63 %)	13/ 40 (33 %)	28/ 60 (47 %)	18/ 55 (33 %)
Davon elektrisch	19/ 43 (44 %)	15/ 40 (37 %)	27/ 40 (67 %)	32/ 60 (53 %)	37/ 55 (67 %)

Tabelle 15: Wohnart und Antriebsart

	Miet- oder Eigentumswohnung	Haus/ Eigenheim
Rein Verbrenner	50/ 113 (44,2 %)	17/ 122 (13,9 %)
Hauptsächlich Verbrenner, auch elektrisch	20/ 113 (17,7 %)	19/ 122 (15,6 %)
Hauptsächlich elektrisch, auch Verbrenner	26/ 113 (23,0 %)	51/ 122 (41,8 %)
Rein elektrisch	17/ 113 (15,1 %)	35/ 122 (28,7 %)
Gesamt	113/ 235 (48,1 %)	122/ 235 (51,9 %)

Schließlich geben Fahrerinnen und Fahrer, die ausschließlich oder hauptsächlich einen elektrischen Antrieb nutzen, im Vergleich zu Personen, die ausschließlich oder hauptsächlich einen Verbrenner-Pkw fahren, signifikant höhere Werte in den Skalen an, die Innovationsbereitschaft ($F=6.252$; $df_1=1$; $df_2=139$; $p<.01$) und umweltbewusstes Verhalten ($F=9.174$; $df_1=1$; $df_2=139$; $p<.001$) messen. Das mittlere

Aggressivitätspotenzial im Straßenverkehr („Driving Anger“) unterscheidet sich zwischen den beiden Antriebsarten hingegen nicht signifikant ($F=0.178$; $df_1=1$; $df_2=139$; $p=.451$; n.s.; siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Persönliche Einstellungen und Driving Anger in Abhängigkeit von der Antriebsart

	Innovations- bereitschaft	Ökologisches Umweltbewusstsein	Driving Anger
Rein oder hauptsächlich Verbrenner	$M=3,616$ ($SD=0,788$)	$M=3,278$ ($SD=0,926$)	$M=3,284$ ($SD=0,590$)
Rein oder hauptsächlich elektrisch	$M=3,976$ ($SD=0,891$)	$M=3,805$ ($SD=0,923$)	$M=3,358$ ($SD=0,503$)

4.5. Zwischenfazit zur Online-Nutzerbefragung

4.5.1. Beantwortung der Fragestellung

Als Zwischenfazit können die Fragestellungen, die der Online-Befragung zugrunde liegen, wie folgt beantwortet werden:

1. Inwieweit unterscheidet sich das wahrgenommene Verhalten im Straßenverkehr zwischen Kfz-Führenden mit elektrischem Antrieb und Verbrenner?

Die Daten der Nutzerbefragung lassen darauf schließen, dass Pkw mit einem elektrischen Antrieb regelmäßiger, täglich und vermehrt auch für kürzere Strecken und insbesondere vermehrt zu Einkaufs- und Besorgungszwecken genutzt werden als Fahrzeuge mit einem Verbrennerantrieb. Bei allen in der Stichprobe bewerteten Elektrofahrzeugen handelt es sich im Gegensatz zu Verbrennerfahrzeugen um Pkw mit Automatikgetriebe. Ähnlich oft wie bei Verbrennern ist auch bei E-Pkw die führende Person gleichzeitig Halter bzw. Halterin des Fahrzeugs. Was auffällt, ist ein deutlich erhöhter Anteil der Fahrzeughaltung in beruflichem Zusammenhang. Relativ gesehen werden E-Pkw eher im städtischen und Überlandverkehr auf Bundes- und Landstraße genutzt, die Nutzung auf Autobahnen fällt im Vergleich zu Verbrennerfahrzeugen etwas geringer aus. Eine sorgfältige Streckenplanung, insbesondere hinsichtlich Ladeoptionen und -infrastruktur bei unbekanntem und längeren Strecken, spielt im Zusammenhang mit elektrischen Antrieben (immer noch) eine wichtige Rolle. Es liegen Hinweise darauf vor, dass Personen mit einem E-Pkw vorausschauender fahren und ihre Fahrweise anpassen, um dadurch Reichweite zu gewinnen. Darüber hinaus kann

geschlossen werden, dass sich Fahrerinnen und Fahrer um zwei Themen im Zusammenhang mit elektrischen Antrieben besonders bewusst sind: 1. Erhöhte Beschleunigungen beim Anfahren und daraus resultierende Risiken einer Überschätzung der eigenen Geschwindigkeit und des Vermögens, jederzeit Kontrolle über das Fahrzeug auszuüben sowie 2. Schlechtere akustische Wahrnehmbarkeit des eigenen Fahrzeugs gegenüber anderen Verkehrsteilnehmenden, hier insbesondere Fußgängerinnen und Fußgängern. Was hier jedoch auffällt, ist, dass die Daten in konkret vorgegebenen Situationen (z. B. Abbiegen, Nähern und Abstand sowie Rückwärtsfahren) keine bedeutsam unterschiedlichen Angaben verglichen mit einem Verbrennerfahrzeug aufweisen. Dies kann einerseits auf eine Diskrepanz zwischen Wahrnehmung und Verhalten hindeuten (z. B. Übernahme bekannter Muster aus dem Fahren mit einem Verbrennerfahrzeug, Gewöhnung, Verlass auf technische Assistenzsysteme) und andererseits auf eine situative Beanspruchung, da es sich trotz der geringen Geschwindigkeiten um komplexe Verkehrssituationen handelt, die es ggf. nicht zulassen, darüber hinaus, kognitiv anspruchsvolle Perspektivwechsel zu initiieren. In diesem Zusammenhang fällt zudem auf, dass E-Pkw verstärkt als „rollende Computer“ bewertet werden, was den Schluss zulässt, dass hier das Ausmaß an Assistenz- und Unterstützungssystemen größer ist als bei den bewerteten Verbrennerfahrzeugen. Auch vor diesem Hintergrund kommt einer aufmerksamkeitsfördernden und menschenzentrierten Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle insbesondere in komplexen Verkehrssituationen mit Fußgängerinnen und Fußgängern eine besondere Bedeutung zu („Human Factors“). Die Pedalbedienung (Gas und Bremse), um vorausschauendes Fahren und Stop-and-Go-Verkehr umzusetzen, wird im Vergleich zu Verbrennerfahrzeugen als angenehmer bewertet. Erklärbar wird dies über drei Aspekte: 1. Der ausschließliche Einsatz von Fahrzeugen ohne Schaltgetriebe in der hier vorliegenden Stichprobe, 2. eine nicht auszuschließende erhöhte Ausstattung mit Assistenzsystemen und höherer Automatisierung sowie 3. eine Gewöhnung des Fahrens und Bremsens ausschließlich über das Gaspedal (One-Pedal-Drive). Welche und inwieweit diese Aspekte die beobachteten Daten kausal beeinflusst haben, kann im Rahmen der vorliegenden Nutzerbefragung post Hoc nicht zuverlässig differenziert interpretiert werden.

2. Welche Nutzergruppen lassen sich beim elektrischen Antrieb unterscheiden und mit welchen verkehrssicherheitsrelevanten Verhaltensweisen sind diese verbunden?

Im Vergleich der Personen, die rein oder hauptsächlich elektrisch angetriebene Pkw mit Personen, die rein oder hauptsächlich Verbrennerfahrzeuge nutzen, fällt auf, dass der elektrische Antrieb höhere Anteile im Fall eines Hauptwohnsitzes im Umland einer Großstadt oder in ländlicher Region aufweist. Hier insbesondere im Zusammenhang mit einem Haus (Eigenheim) und insbesondere auch in der Kombination von Hauptfahrzeug wird elektrisch angetrieben, Zweitfahrzeug ist ein Verbrenner. Personen, die einen elektrischen Antrieb nutzen, sind im Durchschnitt systematisch älter als Personen, die mit einem Verbrennerfahrzeug fahren. Außerdem geben sie an, sich im Alltag ökologisch verträglicher (umweltbewusster) zu verhalten und technologischen Innovationen gegenüber aufgeschlossener zu sein. Es finden sich keine Hinweise darauf, dass es generelle Unterschiede im Aggressivitätspotenzial (Driving Anger) zwischen der Nutzung eines elektrischen und eines konventionellen Antriebs gibt.

3. Von welchen Unfallkonstellationen und zugeschriebenen Ursachen berichten Kfz-Führende, wenn sie elektrisch unterwegs sind im Vergleich zu einem Verbrenner?

Der berichtete Anteil an Unfällen innerhalb der vergangenen 12 Monate unterscheidet sich quantitativ nicht zwischen elektrischem und Verbrennerantrieb (ca. 3 bis 4 % aller befragten Personen). Etwa dreimal häufiger als Unfälle werden kritische Situationen (und Beinahe-Unfälle) berichtet, auch hier in ähnlichem Ausmaß zwischen beiden Antriebsarten. Auffällig sind zwei Beobachtungen: 1. Entgegen der Hinweise einer schlechteren akustischen Wahrnehmbarkeit durch andere Verkehrsteilnehmende und der Ergebnisse der Unfallanalyse werden kritische Situationen mit Fußgängerinnen und Fußgängern weder bei elektrischem Antrieb noch bei Verbrennerfahrzeugen wesentlich genannt. Um dies zu interpretieren, wäre es nicht nur wünschenswert sondern auch erforderlich, die Perspektive anderer Verkehrsteilnehmender auf ihre jeweiligen Erfahrungen mit Abbiege- und Rückwärtsfahrtsituationen, insbesondere im Zusammenhang mit E-Pkw einzuholen. 2. Im Vergleich zu Verbrennerfahrzeugen finden sich beim elektrischen Antrieb keine berichteten kritischen Situationen bzw. Unfälle im Zusammenhang mit zu dichtem Auffahren. Gleichzeitig liegen Hinweise vor, dass mit einem elektrischen Antrieb sogar weniger bewusst auf einen angemessenen

Abstand im Längsverkehr geachtet wird als mit Verbrennerfahrzeugen. Hier deutet sich auch im fließenden Verkehr ein verändertes Bremsverhalten an, das einerseits durch Gewöhnung an Rekuperation im Zusammenhang mit dem One-Pedal-Drive und andererseits durch einen erhöhten Grad an Assistenz erklärt werden kann. Die Daten liefern keine belastbaren Hinweise darauf, dass sich dadurch kritische Situationen für andere Verkehrsteilnehmende ergeben, wobei Gefährdungspotenziale auch nicht gänzlich ausgeschlossen werden können.

4.5.2. Limitationen der Online-Nutzerbefragung

Die Stichprobenziehung für die Online-Befragung erfolgte unsystematisch über unterschiedliche digitale und nicht-digitale Rekrutierungskanäle, bundesweit, allerdings nicht nach Zufallsprinzip. Es handelt sich um Gelegenheitsstichproben, in denen eine möglichst breite und ausgewogene Streuung von Personen hinsichtlich Alter, Geschlecht und Wohnsituation erzielt werden sollte. Insbesondere für die Variable Geschlecht ist dies nur unzureichend gelungen (verzerrtes Verhältnis aus 1/4 zu 3/4). Dieses Verhältnis ist primär nicht auf das Nutzungsverhalten im Zusammenhang mit E-Mobilität zurückzuführen, sondern in erster Linie zunächst ein Post-Hoc-Problem der Stichprobenziehung. Verallgemeinernde Schlussfolgerungen aufgrund eines Geschlechter-Einflusses wären hier in jedem Fall kritisch hinsichtlich der Generalisierbarkeit zu hinterfragen.

Zudem liegen Hinweise vor, dass sich die bewerteten Fahrzeuge (E-Pkw einerseits und Verbrenner-Fahrzeuge andererseits) nicht nur in ihrer Antriebsart unterscheiden, sondern dass auch Konfundierungen mit dem Fahrzeugalter, dem Grad an unterstützender Assistenz und der Getriebeart (Schalt- oder Automatikwagen) vorliegen. Hier steht außer Frage, dass auch diese Aspekte zusätzlich zur Antriebsart sowohl die objektive Sicherheit als auch das (subjektive) Sicherheitsempfinden beeinflussen und zu Unterschieden in sicherheitsrelevanten Verhaltensweisen führen.

Im Zusammenhang mit einzelnen Aspekten, die sich erst im Laufe der Projektbearbeitung als thematisch relevant für die Nutzung elektrischer Antriebe herausgestellt haben, wie z. B. dem One-Pedal-Drive, wäre es im Nachhinein sehr wünschenswert, wenn hierzu gezielte Fragen bzw. Aussagen zur Bewertung in die Nutzerbefragung hätten gestellt werden können. Da sich diese Aspekte erst kristallisierten als die Befragung bereits online geschaltet worden war, bestand aus Gründen der Standardisierung und Vergleichbarkeit nicht mehr die Möglichkeit,

Anpassungen oder Ergänzungen vorzunehmen. Die Thematik One-Pedal-Drive ist auch aus subjektiver Sicht der Fahrzeugführenden eine zentrale Fragestellung für zukünftige Erhebungen.

5. Zusammenfassung und Bewertung der Forschungsergebnisse

Die Literaturstudie, die Analyse der Unfalldaten aus der UDB sowie die Nutzerbefragung haben in ihrer Gesamtheit zu einem detaillierten Verständnis der Unterschiede im Unfallgeschehen von Elektrofahrzeugen und Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor beigetragen. Die Literaturstudie fasste den aktuellen Stand der Forschung zusammen und verdeutlichte die hohe Komplexität der Zusammenhänge zwischen Antriebskonzept und Unfallgeschehen. Dabei wurden sowohl in der öffentlichen Debatte stark präsente Themen, wie die vermeintlich erhöhte Brandgefahr batterieelektrischer Fahrzeuge, als auch Aspekte wie die im Durchschnitt höhere Fahrzeugmasse von Elektrofahrzeugen und die daraus resultierenden Konsequenzen für den Insassenschutz sowie die Crashkompatibilität mit anderen Verkehrsteilnehmenden thematisiert.

Weniger stark im öffentlichen Fokus, jedoch bereits in einer Vielzahl wissenschaftlicher Studien untersucht, ist die reduzierte akustische Wahrnehmbarkeit von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Zahlreiche Arbeiten kommen zu dem Schluss, dass die antriebsbedingt geringe Geräuschemission insbesondere für Fußgängerinnen und Fußgänger ein erhöhtes Sicherheitsrisiko darstellt.

Bislang lediglich als Randthema behandelt wurde die potenzielle Gefährdung, die sich aus der spezifischen Ausgestaltung der Fahrpedalbedienung bei Elektrofahrzeugen ergeben kann. Dieser Aspekt ist bislang nur in geringem Umfang empirisch untersucht. Erste Studien deuten jedoch darauf hin, dass das veränderte Bedienkonzept des sogenannten One-Pedal-Drive im Vergleich zum klassischen Zusammenspiel von Gas- und Bremspedal mit einem erhöhten Risiko von Pedalfehlbedienungen einhergeht, insbesondere in kritischen Fahrsituationen.

Die detaillierte Analyse der Unfalldaten bestätigt zentrale Erkenntnisse der Literaturrecherche. Während auf einer stark aggregierten Betrachtungsebene kaum Unterschiede im Unfallgeschehen zwischen Elektro- und Verbrennerfahrzeugen festzustellen sind, zeigen tiefergehende Analysen deutliche Differenzen zwischen beiden Antriebsarten. Diese betreffen sowohl den Insassenschutz als auch die Gefährdung von Unfallgegnern. Ebenso lassen sich die in der Literatur beschriebenen

Risiken für Fußgängerinnen und Fußgänger infolge der geringen Geräuschemission von Elektrofahrzeugen im realen Unfallgeschehen nachvollziehen. Auch die Problematik potenzieller Pedalfehlbedienungen tritt in den Unfalldaten deutlich zutage.

Darüber hinaus zeigen die UDB-Daten, dass sich das Fahrverhalten von Nutzerinnen und Nutzern von Elektrofahrzeugen signifikant von dem von Fahrerinnen und Fahrern konventioneller Fahrzeuge unterscheidet. Das Risiko von Alleinunfällen, beispielsweise durch Abkommen von der Fahrbahn oder infolge unangepasster Geschwindigkeit, ist bei batterieelektrischen Fahrzeugen deutlich geringer als bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Insgesamt verdeutlichen diese Ergebnisse, dass substantielle Unterschiede im Unfallgeschehen zwischen beiden Antriebsarten bestehen und dass diese differenziert betrachtet und adressiert werden müssen.

Weitere zentrale Ergebnisse dieser Arbeit in Kombination mit und in Ergänzung zu den Unfalldaten liefert die Nutzerbefragung. So konnten bedeutsame Unterschiede in der Verkehrswahrnehmung und im Fahrverhalten zwischen Nutzerinnen und Nutzer von Elektrofahrzeugen und Verbrennerfahrzeugen nachgewiesen werden. Mit einem E-Pkw zeigt sich eine stärker vorausschauende und energieeffiziente Fahrstrategie. Fahrende sind sich zudem grundsätzlich einer schlechteren akustischen Wahrnehmbarkeit insbesondere durch ungeschützte Verkehrsteilnehmende bewusst. In konkreten Situationen, wie zum Beispiel Rückwärtsfahren und Abbiegesituationen, finden sich jedoch im Vergleich zu einem Verbrennerfahrzeug keine Hinweise auf kompensatorische Verhaltensweisen. Hintergrund kann sein, dass es sich hier um Situationen handelt, die trotz meist geringer Geschwindigkeit komplex sind und ohnehin bereits eine hohe Aufmerksamkeit und Konzentration von den Fahrenden erfordern. Eine besondere Auffälligkeit von Unfällen oder kritischen Situationen gegenüber ungeschützten Verkehrsteilnehmenden zeigt sich in den Befragungsdaten nicht, was jedoch auffällt, ist das Ausbleiben von berichteten Unfällen und kritischen Situationen im Längsverkehr (d. h. Auffahrunfälle).

5.1. Zentrale Projektaussagen

Zusammenfassen lassen sich vier zentrale Aussagen formulieren, die den Wesenskern des Erkenntnisgewinns dieser Arbeit abbilden und das Zusammenspiel von Antriebsart und Unfallgeschehen in zentralen Punkten charakterisieren. Diese Aussagen sind:

1. E-Fahrzeuge schützen ihre Insassen besser als vergleichbare Verbrenner
2. E-Fahrzeuge stellen für Fußgänger:innen ein größeres Unfallrisiko dar
3. Elektro-Fahrer:innen fahren vorausschauender
4. Die Gefahr von Pedal Fehlbedienungen ist bei Elektrofahrzeugen deutlich erhöht

Im Folgenden werden diese vier Aussagen auf Grundlage der Ergebnisse dieser Forschungsarbeit hinsichtlich ihrer Belastbarkeit und ihres Evidenzgrades eingeordnet und gewichtet. Dazu werden sie anhand der für die jeweiligen Themenbereiche formulierten Prüfkriterien systematisch überprüft.

Literatur:	In welcher Klarheit unterstützen die Ergebnisse der Literaturstudie die jeweilige Aussage?
Unfalldaten (deskriptiv):	Inwiefern lässt sich die Aussage durch die Analyse der Unfalldaten bestätigen?
Unfalldaten (inferenzstatistisch):	Ist die Aussage statistisch signifikant?
Nutzerbefragung:	Bestätigen die Ergebnisse der Nutzerbefragung die formulierte Aussage?

Die Resultate werden dann anhand einer Metrik bewertet, die sich wie folgt gestaltet:

++	Die Aussage ist zuverlässig belegt
+	Eine Tendenz ist erkennbar
0	Es gibt keine oder nur geringe Belege für die Aussage

E-Fahrzeuge schützen ihre Insassen besser als vergleichbare Verbrenner.

Kategorie	Bewertung	Kommentar
Literatur	+	Explizite Vergleiche zur passiven Sicherheit gibt es in der Literatur nicht. Allerdings gibt zahlreiche implizite Hinweise auf einen besseren Insassenschutz durch BEVs, der sich aus steiferen Fahrzeugstrukturen zum Schutz der Batterie, eine höhere Fahrzeugmasse und der damit verbundenen Strukturpassungen ergibt.
Unfalldaten (deskriptiv)	+	Alle vergleichenden Untersuchungen zum Insassenschutz zeigen klar einen Vorteil für Elektrofahrzeug. Besonders Fahrzeuge aus dem Segment „Mini“ und „Kleinwagen“ schützen im Vergleich zu den Verbrennerpendants ihre Insassen besser.
Unfalldaten (inferenzstatistisch)	0	Auch wenn alle Datenanalysen eindeutige Ergebnisse gezeigt haben, konnte für nahezu keine Auswertung eine statistische Signifikanz nachgewiesen werden.
Nutzerbefragung		Diese Thematik war nicht Gegenstand der Befragung.

Bewertung: Die Aussage ist **hinreichend gestützt**.

E-Fahrzeuge stellen für Fußgänger:innen ein größeres Risiko dar.

Kategorie	Bewertung	Kommentar
Literatur	++	In der Literatur gibt es zahlreiche Veröffentlichungen, die das potenzielle Risiko von leisen E-Fahrzeugen klar belegen.
Unfalldaten (deskriptiv)	++	Die Auswertung der Pkw-Fußgänger-Unfälle ergibt ein eindeutiges Ergebnis: Situationen, bei denen es insbesondere auf eine akustische Wahrnehmbarkeit des Fahrzeugs ankommt, führten im Zusammenhang mit BEVs auffällig häufig zu Unfällen, während das bei Verbrennern nicht der Fall war.
Unfalldaten (inferenzstatistisch)	++	Alle Ergebnisse von Unfallanalysen, die das höhere Risiko für Fußgängerunfälle mit E-Fahrzeugen belegen, sind statistisch signifikant.
Nutzerbefragung	+	Diese Aussage lässt sich tendenziell bestätigen. Es wurde einerseits angegeben, dass sie Fahrer:innen der geringen Geräuschemissionen und der daraus resultierenden Risiken für Fußgänger:innen bewusst sind, eine Anpassung des Fahrverhaltens fand aber trotzdem nicht statt.

Bewertung: Die Aussage ist **robust gestützt**.

Elektro-Fahrer:innen fahren vorausschauender.

Kategorie	Bewertung	Kommentar
Literatur	++	Es gibt in der Literatur klare Hinweise darauf, dass Fahrer:innen von E-Fahrzeugen vorausschauender und energieeffizienter fahren.
Unfalldaten (deskriptiv)	+	In den Unfalldaten ist deutliche Verschiebung für bestimmte Unfälle (Kurve, Überholen, Nässe/Glätte) in Richtung Verbrennerfahrzeuge. Das deutet auf ein angepasstes Fahrerverhalten hin. Für junge Fahrer:innen ist das besonders auffällig.
Unfalldaten (inferenzstatistisch)	0	Die beschriebenen Ergebnisse in den Unfalldaten sind statistisch nicht signifikant.
Nutzerbefragung	+	Die Antworten zu dieser Thematik, die die Aussage stützen, sind signifikant.

Bewertung: Die Aussage ist **zuverlässig gestützt**.

Die Gefahr von Pedalfehlbedienungen ist bei Elektrofahrzeugen deutlich erhöht.

Kategorie	Bewertung	Kommentar
Literatur	++	Es gibt einige Untersuchungen die klar belegen, dass das One-Pedal-Drive-Konzept das Risiko von Pedalfehlbedienungen steigert.
Unfalldaten (deskriptiv)	++	Die Auswertung der UDB-Daten zeigt mit großer Klarheit, dass die die Gefahr von Unfällen durch die Pedalfehlbedienung bei Elektrofahrzeugen im Vergleich zu Verbrennern deutlich erhöht ist.
Unfalldaten (inferenzstatistisch)	++	Die beschriebenen Ergebnisse sind statistisch signifikant.
Nutzerbefragung		Dieses Thema war nicht Teil der Nutzerbefragung. Dennoch bestätigen einzelne Kommentare die formulierte Aussage.

Bewertung: Die Aussage ist **zuverlässig gestützt**.

5.2. Fazit des Forschungsprojekts

Die zentrale Fragestellung des Forschungsprojekts, ob „Unterschiede im Unfallgeschehen von batterieelektrischen Pkw und Pkw mit Verbrennungsmotor“ bestehen, lässt sich auf Grundlage der durchgeführten Analysen eindeutig bejahen. Die Eindeutigkeit dieses Ergebnisses fällt sogar stärker aus, als zu Beginn des Projekts erwartet werden konnte. Die empirischen Befunde zeigen konsistent, dass sich

batterieelektrische Fahrzeuge hinsichtlich verschiedener unfallrelevanter Parameter systematisch von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor unterscheiden. Diese Unterschiede manifestieren sich sowohl in der Art der Unfälle als auch in deren Schwere und den resultierenden Verletzungsfolgen.

Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den vorliegenden Ergebnissen um eine zeitliche Momentaufnahme handelt, die maßgeblich von der aktuellen Marktsituation geprägt ist. Insbesondere der derzeit feststellbare Vorteil von Elektrofahrzeugen im Bereich des Insassenschutzes ist unter anderem auf die im Durchschnitt höhere Fahrzeugmasse sowie auf die vergleichsweise junge Fahrzeugflotte zurückzuführen. Beide Faktoren wirken sich positiv auf die passive Sicherheit aus. Mit zunehmender Marktdurchdringung und einer stärkeren Alterung des Fahrzeugbestands ist jedoch davon auszugehen, dass sich dieser Effekt perspektivisch abschwächen wird. Langfristig könnten sich die Sicherheitsniveaus beider Antriebskonzepte einander annähern, sodass kontinuierliche Beobachtungen und regelmäßige Aktualisierungen der Datengrundlage erforderlich sind.

Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, dass bestimmte Problemfelder antriebsspezifischer Natur sind und daher eine gesonderte Betrachtung erfordern. Hierzu zählen insbesondere die geringen Geräuschemissionen von Elektrofahrzeugen, die potenziell zu einer erhöhten Gefährdung vulnerabler Verkehrsteilnehmender beitragen können und die durch die verpflichtende Einführung von AVAS offensichtlich nicht gelöst sind. Hinzu kommt die Möglichkeit von Pedalfehlbedienungen, die unter anderem durch das hohe und unmittelbar verfügbare Drehmoment verstärkt werden könnten. Diese Aspekte weisen auf einen klaren Forschungs- und Handlungsbedarf hin, der sowohl technische als auch regulatorische Lösungsansätze einschließen sollte.

Keinesfalls dürfen die Ergebnisse dieses Projekts jedoch als Argument gegen die Elektromobilität interpretiert werden. Eine solche Schlussfolgerung würde den Erkenntnissen dieser Untersuchung nicht gerecht und stellte eine gravierende Fehlinterpretation dar. Im Gegenteil leisten elektrisch angetriebene Fahrzeuge einen wesentlichen Beitrag zur Transformation des Verkehrssektors und zur Reduktion von Treibhausgasemissionen. Die identifizierten Herausforderungen relativieren diesen Beitrag nicht grundsätzlich, sondern verdeutlichen vielmehr die Notwendigkeit einer begleitenden Weiterentwicklung von Fahrzeugtechnik, Infrastruktur und

Verkehrssicherheitskonzepten. Die beschriebenen Problematiken erscheinen grundsätzlich lösbar und können durch gezielte technische Innovationen, Anpassungen der Fahrzeugauslegung sowie geeignete regulatorische Maßnahmen adressiert werden.

6. Literaturverzeichnis

- Audi AG. (o. J.). Sicherheit von Elektroautos. In Audi Elektromobilität – Fragen und Antworten. Audi Österreich. Abgerufen am [12.01.2025], von <https://www.audi.at/elektromobilitaet/laden/fragen-und-antworten/sicherheit-von-elektroautos>
- Bärwald, I. (2025). Vergleichende Analyse des Unfallgeschehens von Pkw mit und ohne Notbremsassistent und Ableitung von Empfehlungen für deren Weiterentwicklung; Masterarbeit am FG Kraftfahrzeuge der TU Berlin; Juni 2025
- Bélanger, A., Gagnon, S., & Yamin, S. (2010). Capturing the serial nature of older drivers' responses towards challenging events: A simulator study. *Accident Analysis & Prevention*, 42(3), 809–817. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.07.010>
- Brandenburg, S., & Oehl, M. (2021). Driving anger in Germany: Validation of the Driving Anger Scale for German drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 81, 317–328.
- Chen, R., Choi, K. S., Daniello, A., & Gabler, H. (2015). An analysis of hybrid and electric vehicle crashes in the US. 24th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV).
- DESTATIS. (2022). Verkehrsunfälle: Grundbegriffe und Definitionen; Statistisches Bundesamt (Destatis), 2022; https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Methoden/verkehrsunfaelle-grundbegriffe.pdf?__blob=publicationFile&v=6; Abgerufen 05.02.2026
- ECE-R 13. (2015). Regelung Nr. 13 der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) —Einheitliche Vorschriften für die Typgenehmigung von Fahrzeugen der Klassen M, N, und O hinsichtlich der Bremsen [2016/194]
- Edwards, P. J., Moore, S., & Higgins, C. (2024). Pedestrian safety on the road to net zero: Cross-sectional study of collisions with electric and hybrid-electric cars in Great Britain. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 78(8), 487-492. <https://doi.org/10.1136/jech-2024-221902>

Euro NCAP. (2025, 26. November). Euro NCAP announces 2026 protocol changes to tackle modern driving risks. Euro NCAP News.

<https://news.euroncap.com/safercars/euro-ncap-announces-2026-protocol-changes-to-tackle-modern-driving-risks/s/9ed3f40f-6a41-4faf-997f-f1a57340a941>

Featherman, M., Jia, S., Califf, C. B., & Hajli, N. (2021). The impact of new technologies on consumers' beliefs: Reducing the perceived risks of electric vehicle adoption. *Technological Forecasting & Social Change*, 166, 120600.

Fiebig, A. (2020). Electric vehicles get alert signals to be heard by pedestrians: Benefits and drawbacks. *Acoust. Today*, 16(4), 20.

Fiebig, A., Hittmann, C., & Yahya, W. (2023). AVAS im Straßenverkehr – Untersuchungen zur Wirkung und Bewertung aktueller AVAS-Implementierungen. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA).

Fraunhofer-Gesellschaft. (2021). Brandschutz und Batteriesicherheit in der Elektromobilität. Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM. <https://www.fraunhofer.de/de/forschung/fraunhofer-initiativen/elektromobilitaet/batteriesicherheit.html>

Freund, B., Colgrove, L. A., Petrakos, D., & McLeod, R. (2008). In my car the brake is on the right: Pedal errors among older drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 40(1), 403–409. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.07.012>

Galvin, R. (2022). Are electric vehicles getting too big and heavy? Modelling future vehicle journeying demand on a decarbonized US electricity grid. *Energy Policy*, 161, 112746. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112746>

Galvin, R. (2022). Are electric vehicles getting too big and heavy? Modelling future vehicle journeying demand on a decarbonized US electricity grid. *Energy Policy*, 161, 112746. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112746>

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV). (1998). Unfalltypen-Katalog: Leitfaden zur Bestimmung des Unfalltyps; <https://www.udv.de/resource/blob/80022/89b4d80028aacf8cab649d3a3c6157a0/unfalltypenkatalog-data.pdf>; aufgerufen am 05.02.2026

- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV). (2022).
Wahrnehmung von Elektrofahrzeugen (Unfallforschung kompakt Nr. 114).
Unfallforschung der Versicherer (UDV).
<https://www.udv.de/resource/blob/84088/f868e3632934849c2ebb49939fdf1486/114-wahrnehmung-von-elektrofahrzeugen-data.pdf>
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft. (2024, 11. November).
Zahlen und Fakten: Brennen E-Autos wirklich öfter?
<https://www.gdv.de/gdv/themen/mobilitaet/dossier-elektromobilitaet/e-autos-elektroauto-braende-statistik-182792>
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft. (2025, August 13). GDV-Studie: E-Autos und Verbrenner gleichen sich in Schadenhöhe und Häufigkeit an <https://www.gdv.de/gdv/medien/medieninformationen/gdv-studie-e-autos-und-verbrenner-gleichen-sich-in-schadenhoehe-und-haeufigkeit-an-190552>
- He, (2023). Tesla to recall 1.1 million cars in China over potential safety risks, Chinese regulator says <https://edition.cnn.com/2023/05/12/economy/china-tesla-recall-intl-hnk>
- Höhne, K., Trützscher, J., Teichmann, G., Hermann, A., & Schäfer, P. (2012). Sicherheitsaspekte bei Elektrofahrzeugen: Normen schaffen Sicherheit. In Fachzeitschrift ATZelektronik, 7(4), 16–21.
- Johannsen, H. (2013). Unfallmechanik und Unfallrekonstruktion: Grundlagen der Unfallaufklärung. 3. Auflage, Springer Vieweg, 2013, Wiesbaden. ISBN: 978-3-658-01593-0
- Larsson, F., Andersson, P., & Mellander, B. E. (2017). Are electric vehicles safer than combustion engine vehicles? World Electric Vehicle Journal, 9(1), 11–20.
- Ma, J., Zhang, X., Xu, W., Li, J., Gong, Z., & Zhao, J. (2025). One-pedal or two-pedal: Does the regenerative braking system improve driving safety?. Accident Analysis & Prevention, 210, 107832.
- McDonnell, K., Sheehan, B., Murphy, F., & Guillen, M. (2023). Are electric vehicles riskier? A comparative study of driving behaviour and insurance claims for internal combustion engine, hybrid and electric vehicles. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 93, 203–215.

- Patil, L. N., & Khairnar, H. P. (2021). Investigation of human safety based on pedestrian perceptions associated to silent nature of electric vehicle.
- Pöppel-Decker, M., Bierbach, M., Piasecki, C., & Schönebeck, S. (2021). Alternative Antriebstechnologien: Marktdurchdringung und Konsequenzen für die Straßenverkehrssicherheit (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M 346). Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Rieger, S. (2022). Untersuchungen zur Rekuperationsverzögerung von Elektroautos. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*, 11, 386-391. <https://www.ureko.de/wp/wp-content/uploads/2022/12/VKU-2022.11-S.386-391-Rieger-Untersuchungen-zur-Rekuperationsverzoeigerung-von-Elektroautos.pdf>
- Salari, N. (o. J.). Electric vehicles adoption behaviour: Synthesising the technology readiness index with environmentalism values and instrumental attributes. Bath Spa University, The Business School.
- Sun, P., Bisschop, R., Niu, H., & Huang, X. (2020). A review of battery fires in electric vehicles. *Fire Technology*, 56(4), 1361–1410. <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00944-3>
- Tohir, M. Z. M., & Martín-Gómez, C. (2022). Electric vehicle fire risk assessment framework using Fault Tree Analysis. *Energies*, 15(12), 4320.
- Unfalldatenbank der Versicherer UDB (2025)
- Wang, J., Besselink, I. J. M., van Boekel, J. J. P., & Nijmeijer, H. (2015, December). Evaluating the energy efficiency of a one pedal driving algorithm. In 2015 European Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Congress (EEVC 2015).
- Yücel, A. Ö. (2024). Impact of electric cars on the crash performance of longitudinal barriers. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(2), 488–501.
- Żuchowski, A. (2018). Results of the crash tests of electric cars. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, 25(1). Military University of Technology.

7. Anhang

Vollständige Darstellung der Nutzerbefragung



Vielen Dank für Ihre Teilnahme an dieser Befragung!

Ziel ist es, Informationen zum **Umgang mit rein elektrisch betriebenen Pkw im Straßenverkehr** zu erhalten und eventuelle Unterschiede gegenüber der Nutzung rein mit Verbrennungsmotor betriebenen Pkw zu untersuchen. Die Daten werden für Forschungszwecke verwendet und sollen einen Beitrag zur Verkehrssicherheit leisten.

Im Folgenden werden Ihnen eine Reihe von Fragen gestellt. Bitte beantworten Sie jede Frage so gut Sie können. Bitte beachten Sie, dass es für die Qualität der Ergebnisse besonders wichtig ist, dass Ihre Angaben auf Ihrem tatsächlichen Verhalten und auf Ihren gemachten Erfahrungen beruhen. Selbstverständlich können Sie die Umfrage jederzeit und ohne Nachteile abbrechen. Wir möchten Sie allerdings bitten, sie bis zum Ende durchzuführen, da wir nur vollständige Datensätze für die Auswertung nutzen können. Die Dauer der Bearbeitung beträgt **ca. 20 Minuten**.

Am Ende der Befragung haben Sie die Möglichkeit, an der Verlosung von fünf Online-Wunschgutscheinen in Höhe von jeweils 100 Euro teilzunehmen.

Ihre Teilnahme an dieser Untersuchung ist freiwillig. Ihre Daten werden nur in anonymisierter Form ausgewertet und lassen keinen eindeutigen Schluss auf Ihre Person zu.

Diese Befragung wird durchgeführt von der GKBerlin in Kooperation mit der TU Berlin und der Technischen Hochschule OWL.

Gesellschaft für Kraftfahrzeugtechnik Berlin UG (GKBerlin)

Dr. Gerd Müller

Kühler Weg 1a, 14055 Berlin

info(at)gkberlin.com

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

Ich habe die Teilnahmeinformationen zur Kenntnis genommen und erkläre mich mit der zweckgebundenen Speicherung und Nutzung meiner Daten unter den oben aufgeführten Bedingungen einverstanden.

Ich erkläre mich nicht einverstanden. Mit Auswahl dieser Option beenden Sie die Befragung.

→ Aufgrund Ihrer Angaben wurde die Befragung beendet.

Die Regeln zur guten wissenschaftlichen Praxis sehen vor, dass Teilnehmende vor Beginn einer Befragung aktiv ihr Einverständnis bestätigen.

Bis hierhin wurden keine personenbezogenen Daten von Ihnen erhoben oder übermittelt.

Bei Fragen oder Anregungen kontaktieren Sie bitte:

Gesellschaft für Kraftfahrzeugtechnik Berlin UG (GKBerlin)

Dr. Gerd Müller

Kühler Weg 1a, 14055 Berlin

info(at)gkberlin.com

Um an der Befragung teilnehmen zu können, müssen Sie im Besitz einer Fahrerlaubnis der Klasse B sein (oder diese einmal erworben haben). Außerdem müssen Sie in den letzten 3 Monaten Erfahrungen mit dem Führen eines Pkw (beliebiger Antriebsart) haben.

1.1 Sind oder waren Sie im Besitz einer Fahrerlaubnis der Klasse B (für Pkw)?

Ja (weiter zu 1.2)

Nein. Mit Auswahl dieser Option beenden Sie die Befragung.

1.2 Haben Sie Erfahrungen mit dem Führen eines Pkw (beliebiger Antriebsart) in den letzten 3 Monaten?

Ja (weiter zu 2.)

Nein. Mit Auswahl dieser Option beenden Sie die Befragung.

→ Aufgrund Ihrer Angaben wurde die Befragung beendet.

Leider erfüllen Sie nicht die Voraussetzungen zur Teilnahme an dieser Befragung.

Bei Fragen oder Anregungen kontaktieren Sie bitte:

Gesellschaft für Kraftfahrzeugtechnik Berlin UG (GKBerlin)

Dr. Gerd Müller

Kühler Weg 1a, 14055 Berlin

info(at)gkberlin.com

2. **Mit welcher Pkw-Antriebsart** waren Sie in den letzten 3 Monaten **am häufigsten** unterwegs?

Hinweis: Bitte entscheiden Sie sich hier für die am häufigsten genutzte Antriebsart. Für den Fall, dass Sie Erfahrungen mit mehreren Antriebsarten haben, gibt es anschließend Gelegenheit, auch dazu zu antworten.

rein Verbrenner (Benzin oder Diesel, hierzu zählen auch alle „Hybrid-Pkw“, die NICHT rein elektrisch fahren können) → weiter zu 3 → danach 4

rein Elektro (ohne Range-Extender, bei dem Benzin/Diesel nachgefüllt werden kann) → weiter zu 5 → danach 4

Hybrid (teilelektrisch aber mit Verbrenner, die temporär rein elektrisch fahren können). [Mit Auswahl dieser Option beenden Sie die Befragung.](#)

Alternative Antriebe (z.B. Erdgas, Wasserstoff). Durch Auswahl dieser Option beenden Sie die Befragung. [Mit Auswahl dieser Option beenden Sie die Befragung.](#)

→ Aufgrund Ihrer Angaben wurde die Befragung beendet.

Leider erfüllen Sie nicht die Voraussetzungen zur Teilnahme an dieser Befragung.

Bei Fragen oder Anregungen kontaktieren Sie bitte:

Gesellschaft für Kraftfahrzeugtechnik Berlin UG (GKBerlin)

Dr. Gerd Müller

Kühler Weg 1a, 14055 Berlin

[info\(at\)gkberlin.com](mailto:info(at)gkberlin.com)

3. Fragen zu Verbrenner-Antrieb

3.1.1

heute oder innerhalb der letzten Woche

mehr als 1 Woche her

mehr als 1 Monat her

mehr als 1 Jahr her

mehr als 3 Jahre her

3.1.2 Sind (waren) Sie **Halter:in dieses Fahrzeugs**?

Ja

Nein, aber Fahrzeughalter:in in Familie, Partnerschaft oder haushaltsangehörig

- Nein, aber Fahrzeughalter:in in beruflichem Zusammenhang
- Nein, Fahrzeughalter:in fremd (z.B. Carsharing, Mietwagen...)
- Nein, aus sonstigen Gründen

3.1.3 Um **welche Marke , Modell und Baujahr** handelt es sich?

- Freie Angabe: _____
- Weiß ich nicht (mehr)

3.1.4 **Worum** handelt es sich bei diesem Pkw?

- Schaltwagen
- Automatik
- Keine Angabe

3.1.5 Wie oft ist (war) Ihre **Nutzung dieses Pkw?**

- täglich
- 5 bis 6 Mal die Woche
- 3 bis 4 Mal die Woche
- 1 bis 2 Mal die Woche
- seltener

3.1.6 Wie hoch ist (war) Ihre **jährliche Fahrleistung dieses Pkw mit Verbrenner** durchschnittlich in Kilometern?

_____ km

3.1.7 Auf **welchen Wegearten** sind (waren) Sie mit diesem Pkw regelmäßig unterwegs?
(Mehrfachantworten möglich)

- Stadtverkehr (innerorts)
- Landstraßen & Bundesstraßen (außerorts)
- Autobahn

3.1.8 Zu welchem **Zweck** wird (wurde) der Pkw regelmäßig von Ihnen genutzt? (Mehrfachantworten möglich)

- zur/ von Arbeit
- während der Arbeit (beruflich)
- Einkaufen/ Besorgungen
- Freizeit/ Ausflüge
- Urlaub
- Bringen/ Abholen anderer Personen
- Transport von (sperrigen) Materialien
- Sonstiges: _____
- Fahrzeug wird (wurde) nicht regelmäßig von mir genutzt

3.1.9 Inwieweit treffen folgende Aussagen auf die **Nutzung** dieses Verbrenner-Pkw zu?

(1="überhaupt nicht" / 5="voll und ganz")

	1	2	3	4	5
Die meisten Strecken, die ich damit fahre, stehen bereits im Vorfeld fest, es gibt wenig spontane Nutzung.					
Wenn ich mit diesem Pkw unterwegs bin, mache mir bei unbekanntem Strecken im Vorfeld sorgfältig Gedanken über die Streckenplanung.					
Ich mache mir mit diesem Pkw im Vorfeld sorgfältig Gedanken über Betankungsoptionen.					
Dieses Fahrzeug macht es mir leicht, damit problemlos auch über lange Strecken (über 500 km) unterwegs zu sein.					
Ich mache mir im Vorfeld sorgfältig Gedanken, wo und wie ich dieses Fahrzeug abstellen (parken) kann.					
Zusätzliche Systeme, wie Klimaanlage oder Radio, schalte ich häufig bewusst ab, um Kraftstoff zu sparen.					
Um Schäden an diesem Fahrzeug zu vermeiden, verzichte ich nach Möglichkeit auf kurze Strecken.					

Ich verzichte nach Möglichkeit auf kurze Strecken mit diesem Pkw, weil mein Gedanke ist, dass dies ökologisch und wirtschaftlich nicht effizient ist.					
Dieser Pkw fühlt sich für mich und Mitfahrende manchmal an wie ein „rollender Computer“.					
Warn- und Hinweistöne im Pkw-Cockpit sind angenehm gestaltet.					
Warn- und Hinweistöne im Pkw-Cockpit sind zweckmäßig und verständlich gestaltet.					
Die Fahrgeräusche dieses Pkw sind so, dass sie für mich gut wahrnehmbar sind.					
Die Fahrgeräusche dieses Pkw sind so, dass sie mir ein sicheres Fahren ermöglichen.					
Ich habe manchmal den Eindruck, dass ich mit diesem Pkw im normalen Straßenverkehr mehr auffalle als andere Fahrzeuge.					
Ich habe manchmal den Eindruck, dass ich mit diesem Pkw im normalen Straßenverkehr akustisch schlechter wahrgenommen werde als andere Fahrzeuge.					

3.1.10 Inwieweit treffen folgende Aussagen auf **Ihr Fahrverhalten** während der Nutzung des Verbrenner-Pkw zu?

(1=“überhaupt nicht“ / 5=“voll und ganz“)

	1	2	3	4	5
Mit diesem Fahrzeug achte ich sehr bewusst darauf, ausreichend Abstand nach vorne und nach hinten zu halten.					
Beim Rückwärtsausparken mit diesem Pkw habe ich manchmal den Gedanken, dass zu Fuß Gehende und Radfahrende meine Absicht nicht erkennen.					
Gegenüber Verkehrsteilnehmenden, die zu Fuß oder mit dem Rad unterwegs sind, bremsen ich mit diesem Pkw früher ab als andere Pkw.					
Mit diesem Pkw habe ich gelegentlich den Eindruck, zu Fuß Gehende und Radfahrende mit Hupe oder Lichthupe vor einer kritischen Situation vorsorglich warnen zu müssen.					
Wenn eine Ampel von rot auf grün wechselt, fahre ich mit diesem Pkw meist schneller an als andere.					

Wenn ich beim Rechtsabbiegen auf richtungsparallelen Verkehr achten muss, habe ich manchmal den Gedanken nicht wahrgenommen zu werden.					
Mit diesem Pkw passe ich meine Fahrweise an, wenn ich weiß, ich muss Kraftstoff sparen.					
Nach Möglichkeit achte ich mit diesem Pkw darauf, wie ich hohe Geräuschemissionen vermeiden kann (z.B. Anfahren und Beschleunigen, Geschwindigkeit, Motor aus).					
Es fällt mir bei diesem Pkw manchmal schwer, das richtige Gefühl für ein sanftes Bedienen von Gas- und Bremspedal umzusetzen.					
Die Pedalbedienung (Gas und Bremse) macht es mir leicht, ein vorausschauendes Fahren umzusetzen.					
Stop-and-Go-Verkehr kann ich mit dem Pkw angenehm umsetzen.					
Ich habe beim Beschleunigen manchmal das Gefühl, auch schon mal Kontrolle über dieses Fahrzeug zu verlieren.					
Beim Fahren mit diesem Pkw mache ich mir gelegentlich Gedanken, inwieweit andere Verkehrsteilnehmende durch die Antriebsart meines Fahrzeugs (Verbrenner) beeinflusst werden.					

3.1.11 Haben Sie mit diesem oder einem anderen Verbrenner-Pkw einen **Unfall oder eine kritische Situation** (z.B. Beinahe-Unfall) erlebt?

Nein

Ja

Wenn ja:

3.1.11.1 Wenn es mehrere Unfälle oder kritische Situationen gab, worum handelte es sich?

Unfall (mit Personenschaden)

Unfall (ohne Personenschaden)

Beinahe-Unfall

Schrecksituation

Anderes

3.1.11.2 **Beschreiben** Sie den Unfall oder die Situation bitte kurz.

Freie Antwort:

3.1.11.3. Was hat aus Ihrer Sicht den Unfall oder die Situation **verursacht**?

Freie Antwort:

3.1.11.4 Sind Sie der Meinung, dass die **Antriebsart Ihres Pkw (Verbrenner) eine Rolle** gespielt hat?

Nein

Ja, weil: _____

4. Waren Sie in den letzten 3 Monaten **auch mit einem Pkw mit rein elektrischem Antrieb** unterwegs?

ja (→ weiter zu 5)

nein (→ weiter zu 6)

bzw.

4. Waren Sie in den letzten 3 Monaten **auch mit einem Pkw mit reinem Verbrenner-Antrieb** (Benzin/ Diesel) unterwegs?

ja (→ weiter zu 3)

nein (weiter zu 6)

5. Fragen zu rein elektrischem Antrieb

5.1.1 Wann haben Sie **das letzte Mal einen Pkw mit rein elektrischem Antrieb** gefahren?

heute oder innerhalb der letzten Woche

mehr als 1 Woche her

mehr als 1 Monat her

- mehr als 1 Jahr her
- mehr als 3 Jahre her

5.1.2 Sind (waren) Sie **Halter:in dieses Fahrzeugs**?

- Ja
- Nein, aber Fahrzeughalter:in in Familie, Partnerschaft oder haushaltsangehörig
- Nein, aber Fahrzeughalter:in in beruflichem Zusammenhang
- Nein, Fahrzeughalter:in fremd (z.B. Carsharing, Mietwagen...)
- Nein, aus sonstigen Gründen

5.1.3 Um **welche Marke, Modell und Baujahr** handelt es sich?

- Freie Angabe: _____
- Weiß ich nicht (mehr)

5.1.4 **Worum** handelt es sich bei diesem Pkw?

- Schaltwagen
- Automatik
- Keine Angabe

5.1.5 Wie oft ist (war) Ihre **Nutzung dieses Pkw**?

- täglich
- 5 bis 6 Mal die Woche
- 3 bis 4 Mal die Woche
- 1 bis 2 Mal die Woche
- seltener

5.1.6 Wie hoch ist (war) Ihre **jährliche Fahrleistung dieses Pkw mit rein elektrischem Antrieb durchschnittlich** in Kilometern?

_____ km

5.1.7 Auf **welchen Wegearten** sind (waren) Sie mit diesem Pkw regelmäßig unterwegs? (Mehrfachantworten möglich)

- Stadtverkehr (innerorts)
- Landstraßen & Bundesstraßen (außerorts)
- Autobahn

5.1.8 Zu welchem **Zweck** wird (wurde) der Pkw regelmäßig von Ihnen genutzt? (Mehrfachantworten möglich)

- zur/ von Arbeit
- während der Arbeit (beruflich)
- Einkaufen/ Besorgungen
- Freizeit/ Ausflüge
- Urlaub
- Bringen/ Abholen anderer Personen
- Transport von (sperrigen) Materialien
- Sonstiges: _____
- Fahrzeug wird (wurde) nicht regelmäßig von mir genutzt

5.1.9 Inwieweit treffen folgende Aussagen auf die **Nutzung** dieses Pkw mit elektrischem Antrieb zu?

(1=“überhaupt nicht“ / 5=“voll und ganz“)

	1	2	3	4	5
Die meisten Strecken, die ich damit fahre, stehen bereits im Vorfeld fest, es gibt wenig spontane Nutzung.					
Wenn ich mit diesem Pkw unterwegs bin, mache mir bei unbekanntem Strecken im Vorfeld sorgfältig Gedanken über die Streckenplanung.					
Ich mache mir mit diesem Pkw im Vorfeld sorgfältig Gedanken über Ladeoptionen.					
Dieses Fahrzeug macht es mir leicht, damit problemlos auch über lange Strecken (über 500 km) unterwegs zu sein.					

Ich mache mir im Vorfeld sorgfältig Gedanken, wo und wie ich dieses Fahrzeug abstellen (parken) kann.					
Zusätzliche Systeme, wie Klimaanlage oder Radio, schalte ich häufig bewusst ab, um Energie zu sparen.					
Um Schäden an diesem Fahrzeug zu vermeiden, verzichte ich nach Möglichkeit auf kurze Strecken.					
Ich verzichte nach Möglichkeit auf kurze Strecken mit diesem Pkw, weil mein Gedanke ist, dass dies ökologisch und wirtschaftlich nicht effizient ist.					
Dieser Pkw fühlt sich für mich und Mitfahrende manchmal an wie ein „rollender Computer“.					
Warn- und Hinweistöne im Pkw-Cockpit sind angenehm gestaltet.					
Warn- und Hinweistöne im Pkw-Cockpit sind zweckmäßig und verständlich gestaltet.					
Die Fahrgeräusche dieses Pkw sind so, dass sie für mich gut wahrnehmbar sind.					
Die Fahrgeräusche dieses Pkw sind so, dass sie mir ein sicheres Fahren ermöglichen.					
Ich habe manchmal den Eindruck, dass ich mit diesem Pkw im normalen Straßenverkehr mehr auffalle als andere Fahrzeuge.					
Ich habe manchmal den Eindruck, dass ich mit diesem Pkw im normalen Straßenverkehr akustisch schlechter wahrgenommen werde als andere Fahrzeuge.					

3.1.10 Inwieweit treffen folgende Aussagen auf **Ihr Fahrverhalten** während der Nutzung des Verbrenner-Pkw zu?

(1=“überhaupt nicht“ / 5=“voll und ganz“)

	1	2	3	4	5
Mit diesem Fahrzeug achte ich sehr bewusst darauf, ausreichend Abstand nach vorne und nach hinten zu halten.					
Beim Rückwärtsausparken mit diesem Pkw habe ich manchmal den Gedanken, dass zu Fuß Gehende und Radfahrende meine Absicht nicht erkennen.					
Gegenüber Verkehrsteilnehmenden, die zu Fuß oder mit dem Rad unterwegs sind, bremsen ich mit diesem Pkw früher ab als andere Pkw.					

Mit diesem Pkw habe ich gelegentlich den Eindruck, zu Fuß Gehende und Radfahrende mit Hupe oder Lichthupe vor einer kritischen Situation vorsorglich warnen zu müssen.					
Wenn eine Ampel von rot auf grün wechselt, fahre ich mit diesem Pkw meist schneller an als andere.					
Wenn ich beim Rechtsabbiegen auf richtungsparallelen Verkehr achten muss, habe ich manchmal den Gedanken nicht wahrgenommen zu werden.					
Mit diesem Pkw passe ich meine Fahrweise an, wenn ich weiß, ich muss Energie sparen.					
Nach Möglichkeit achte ich mit diesem Pkw darauf, wie ich hohe Geräuschemissionen vermeiden kann (z.B. Anfahren und Beschleunigen, Geschwindigkeit, Motor aus).					
Es fällt mir bei diesem Pkw manchmal schwer, das richtige Gefühl für ein sanftes Bedienen von Gas- und Bremspedal umzusetzen.					
Die Pedalbedienung (Gas und Bremse) macht es mir leicht, ein vorausschauendes Fahren umzusetzen.					
Stop-and-Go-Verkehr kann ich mit dem Pkw angenehm umsetzen.					
Ich habe beim Beschleunigen manchmal das Gefühl, auch schon mal Kontrolle über dieses Fahrzeug zu verlieren.					
Beim Fahren mit diesem Pkw mache ich mir gelegentlich Gedanken, inwieweit andere Verkehrsteilnehmende durch die Antriebsart meines Fahrzeugs (elektrischer Antrieb) beeinflusst werden.					

5.1.11 Haben Sie mit diesem oder einem anderen rein elektrisch betriebenen Pkw einen **Unfall oder eine kritische Situation** (z.B. Beinahe-Unfall) erlebt?

Nein

Ja

Wenn ja:

5.1.11.1 Wenn es mehrere Unfälle oder kritische Situationen gab, worum handelte es sich?

- Unfall (mit Personenschaden)
- Unfall (ohne Personenschaden)
- Beinahe-Unfall
- Schrecksituation
- Anderes

5.1.11.2 **Beschreiben** Sie den Unfall oder die Situation bitte kurz.

Freie Antwort:

5.1.11.3. Was hat aus Ihrer Sicht den Unfall oder die Situation **verursacht**?

Freie Antwort:

5.1.11.4 Sind Sie der Meinung, dass die **Antriebsart Ihres Fahrzeugs (rein elektrisch) eine Rolle** gespielt hat?

Nein

Ja, weil: _____

6. Bitte kreuzen Sie im Folgenden an, inwieweit Sie die folgenden typischen Szenen aus dem Straßenverkehr **verärgern oder provozieren** würden (unabhängig von der Antriebsart Ihres Fahrzeugs). Bitte antworten Sie so spontan und ehrlich wie möglich.

1: „verärgert mich überhaupt nicht“, 5 „verärgert mich sehr stark“.

	1	2	3	4	5
An einer Ampel fährt das Fahrzeug vor Ihnen nicht sofort bei grün los.					
Jemand fährt den Straßenverhältnissen nach zu schnell.					
Ein Fußgänger überquert langsam die Straße und verlangsamt dadurch Ihre Fahrgeschwindigkeit.					
Auf der Überholspur fährt jemand zu langsam und hält somit den Verkehr auf.					
Jemand schert auf der Autobahn kurz vor Ihnen ein.					
Jemand fährt langsamer als es für den Verkehrsfluss angemessen wäre.					
Auf einer Bergstraße macht ein langsames Auto keinen Platz, um schnellere Wagen vorbeizulassen.					
Jemand fährt vor Ihnen rückwärts ohne zu schauen.					
Jemand überfährt eine rote Ampel oder ein Stoppschild.					
Jemand parkt sehr langsam ein und hält den Verkehr auf.					
Sie stecken im Stau fest.					
Jemand schert dicht vor Ihnen ein, auch wenn hinter Ihnen die Bahn frei ist.					
Jemand zeigt Ihnen feindselige Gesten auf Grund Ihres Fahrstils.					
Sie fahren durch ein tiefes Schlagloch, das nicht signalisiert war.					
Im Straßenverkehr fährt ein Polizeiauto in Ihrer unmittelbaren Nähe.					
Jemand hupt wegen Ihres Fahrstils.					
Jemand fährt weit über dem angegebenen Tempolimit.					
Jemand schreit Sie wegen Ihres Fahrstils an.					
Die Polizei hält Sie an.					
Sie befinden sich hinter einem übel qualmenden Fahrzeug.					
Ein Lkw schleudert Sand oder Kies auf Ihren Wagen.					
Sie befinden sich hinter einem breiten Lkw und können die Verkehrssituation nicht überblicken.					

7. Bitte kreuzen Sie im Folgenden an, inwieweit Sie die folgenden Aussagen auf Sie zutreffen. Bitte antworten Sie so spontan und ehrlich wie möglich.

1: „überhaupt nicht“, 5: „voll und ganz“

	1	2	3	4	5
Wenn andere Menschen Hilfe oder Ratschläge zu neuen Technologien benötigen, kommen Sie zu mir.					
Wenn eine neue Technologie auf den Markt kommt, bin ich in meinem Bekanntenkreis in der Regel die erste Person, die sich dafür interessiert.					
Mit neuen Technologien komme ich meist allein ohne Hilfe anderer zurecht.					
In den Bereichen, für die ich mich interessiere, halte ich mich über technologische Entwicklungen auf dem neuesten Stand.					
Für mich ist es wichtig, dass die Produkte, die ich nutze, die Umwelt so wenig wie möglich belasten.					
Bei den meisten meiner Entscheidungen berücksichtige ich die ökologischen Auswirkungen, die damit verbunden sind.					
Ökologische Nachhaltigkeit beeinflusst meine Kaufgewohnheiten.					
Es beschäftigt mich, wenn ökologische Ressourcen verschwendet werden.					
Ich würde mich selbst als Person beschreiben, die ökologisch verantwortlich handelt.					
Um mich umweltfreundlich zu verhalten, nehme ich persönliche Unbequemlichkeit in Kauf.					

13. **Wie parken Sie** Ihr(e) Fahrzeug(e) an Ihrem Hauptwohnsitz?

Eigener Stellplatz im Freien (Ihnen oder Ihrem Fahrzeug zugeordnet)

Eigener Stellplatz mit Carport

(Privat-)Parkplatz im Freien ohne eigenen Stellplatz

Einzel- oder Doppelgarage

Tiefgarage oder Parkhaus

Öffentliches Straßenland

Sonstiges

14. Wie hoch ist ungefähr ist **durchschnittliches monatliches Haushaltseinkommen** in Euro?

_____ Euro

<Abschluss>

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Wenn Sie an der Verlosung von fünf Online-Wunschgutscheinen in Höhe von jeweils 100 Euro teilnehmen möchten, klicken Sie bitte auf diesen Link und tragen Sie anschließend Ihre E-Mail-Adresse ein.

Wenn Sie nicht teilnehmen möchten, können Sie das Browser-Fenster jetzt schließen.

Bei Fragen oder Anregungen kontaktieren Sie bitte:

Gesellschaft für Kraftfahrzeugtechnik Berlin UG (GKBerlin)

Dr. Gerd Müller

Kühler Weg 1a, 14055 Berlin

info(at)gkberlin.com

<Instruktion Verlosungsaktion>

Im Folgenden haben Sie die Möglichkeit, an der Verlosung von fünf Online-Wunschgutscheinen in Höhe von jeweils 100 Euro teilzunehmen. Ihre Teilnahme an der Verlosung ist **freiwillig**.

Hinweis: Die Angabe Ihrer E-Mailadresse kann zu keinem Zeitpunkt mit Ihren Angaben in der Befragung in Verbindung gebracht werden.

Bei Teilnahme erklären Sie sich mit **folgenden Bedingungen** einverstanden:

- Ich bin damit einverstanden, dass meine E-Mailadresse zweckgebunden gespeichert wird. Mailadressen werden nicht an Dritte weitergegeben und nach Abschluss der Verlosung unverzüglich gelöscht.
- Ich bin damit einverstanden, unter der angegebenen E-Mailadresse im Gewinnfall kontaktiert zu werden.
- Mit Teilnahme am Gewinnspiel erkläre ich, dass ich das 18. Lebensjahr abgeschlossen habe.
- Der Rechtsweg ist im Hinblick auf die Ziehung der Gewinner ausgeschlossen.

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

Ich erkläre mich nicht einverstanden. Mit Auswahl dieser Option nehmen Sie nicht am Gewinnspiel teil. (→ **Vielen Dank für Ihre Teilnahme an der Befragung!**)

Ich habe die Teilnahmebedingungen gelesen und erkläre mich mit der zweckgebundenen Speicherung und Nutzung meiner Daten unter den oben ausgeführten Bedingungen einverstanden.

O Bitte tragen Sie hier die E-Mailadresse ein unter der wir Sie im Gewinnfall benachrichtigen dürfen:

Freies Feld

O Bitte wiederholen Sie Ihre E-Mailadresse:

Freies Feld

<Abschluss>

Vielen Dank für Ihre Teilnahme an der Befragung!



GDV

**Unfallforschung
der Versicherer**

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.
Wilhelmstraße 43/43 G, 10117 Berlin
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin
Tel. 030 2020-5000, Fax 030 2020-6000
www.gdv.de, berlin@gdv.de