
Fortführung der Bestimmung von fahrzeugtechnischen Safety Performance Indikatoren aus der Bewertung von Euro NCAP (Jahre 2020 - 2023)

Berichte der Bundesanstalt für
Straßen- und Verkehrswesen
Fahrzeugtechnik Heft F 176

Fortführung der Bestimmung von fahrzeugtechnischen Safety Performance Indikatoren aus der Bewertung von Euro NCAP (Jahre 2020 - 2023)

von

Marcus Bäumer, Manfred Pfeiffer
IVT Research GmbH, Mannheim

Berichte der Bundesanstalt für
Straßen- und Verkehrswesen
Fahrzeugtechnik Heft F 176

Die Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (BASt) veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der BASt, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Die Hefte der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen können direkt bei der Carl Ed. Schünemann KG bezogen werden. Seit 2015 stehen sie zusätzlich als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung: <https://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 86.0098
Fortführung der Bestimmung von fahrzeugtechnischen Safety Performance Indikatoren
aus der Bewertung von Euro NCAP

Fachbetreuung:
Adrian Hellmann

Referat:
Aktive Fahrzeugsicherheit und Fahrerassistenzsysteme

Herausgeber:
Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

Redaktion:
Stabsstelle Presse und Kommunikation

Gestaltungskonzept:
MedienMélange:Kommunikation

Druck, Verlag und Produktsicherheit:
Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 0 | E-Mail: kontakt@schuenemann-verlag.de
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9307 | ISBN 978-3-95606-926-0 | <https://doi.org/10.60850/bericht-f176>

Bergisch Gladbach, März 2026

Kurzfassung–Abstract

Fortführung der Bestimmung von fahrzeugtechnischen Safety Performance Indikatoren aus der Bewertung von Euro NCAP (Jahre 2020 - 2023)

Das European New Car Assessment Programme (Euro NCAP) ist ein Verbraucherschutzorientiertes Programm zur Bewertung der Sicherheit von - in der Regel - neuen Kraftfahrzeugmodellen. Das Programm gibt es seit 1997, seit 2009 besteht die Bewertung aus 4 Bausteinen (1. Schutz erwachsener Insassen; 2. Schutz von Kindern im Fahrzeug; 3. Schutz schwächerer Verkehrsteilnehmer; 4. Ausstattung mit Fahrerassistenzsystemen).

Im Projekt „Entwicklung eines Verfahrens zur Generierung eines Safety Performance Indikators aus der Bewertung von Euro NCAP“ (FE 82.0736/2019) der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen wurden die Ergebnisse der ab 2009 in Euro NCAP getesteten Modelle benutzt, um mittels deren Übertragung auf die gesamte inländische Pkw-Flotte einen Safety Performance Indikator (SPI) für den Pkw-Bestand mehrerer aufeinander folgender Jahre (2013 bis 2019) zu bilden. Das zentrale Ziel der vorliegenden Studie besteht darin, den im Rahmen der Vorgängeruntersuchung bis 2019 generierten SPI zur Fahrzeugsicherheit für die Jahre 2020 bis 2023 fortzuschreiben (pro Kalenderjahr). Darüber hinaus soll mittels statistischer Regressionsmodelle der Bezug des SPI zum realen Unfallgeschehen hergestellt und der im EU-Projekt „Baseline“ vorgeschlagene Indikator (KPI) zur Fahrzeugsicherheit berechnet und ausgewiesen werden.

Das Grundkonzept bei der Generierung des SPI besteht darin, die in Euro NCAP getesteten Fahrzeugmodelle (bzw. bestimmte Generationen eines Modells) im Gesamt-Pkw-Bestand eines Jahres zu identifizieren und die Testergebnisse allen im Bestand enthaltenen Fahrzeugen dieser Modellgeneration zuzuweisen, was im Grundsatz einer Hochrechnung entspricht. Letztlich geht es also um eine Verknüpfung von Euro NCAP-Daten und den Pkw-Bestandsdaten des Zentralen Fahrzeugregisters (ZFZR) für die Jahre 2020 bis 2023.

Wie im Vorläuferprojekt bestand ein wesentlicher Schritt bei der Generierung des SPI zur Fahrzeugsicherheit darin, die Euro NCAP-Testergebnisse der verschiedenen Jahre im Hinblick auf die im Zeitverlauf geänderten Testprozeduren vergleichbar zu machen. Hierfür wurde eine Projektgruppe bestehend aus Experten der BAST in den Bereichen Aktive und Passive Fahrzeugsicherheit gebildet, welche die Aufgabe hatte, je Baustein zu quantifizieren, wie sich diese Veränderungen der Testprozeduren auf die Fahrzeugbewertung auswirken. Als Referenz wurden die Testbedingungen des Jahres 2020 festgelegt.

Für die Verknüpfung von Euro NCAP- und Pkw-Bestandsdaten waren zunächst die zwischen 2009 und 2019 im Rahmen von Euro NCAP getesteten Fahrzeugmodelle in den aktuell betrachteten ZFZR-Beständen (1.1.2021 bis 1.1.2024) zu identifizieren und - falls noch gültig - den im Bestand vorhandenen Fahrzeugen das jeweils erzielte (und auf das Referenzjahr 2020 normierte) Testergebnis zuzuweisen. Weiterhin mussten die - neu berechneten - Euro NCAP-Ergebnisdaten (Anteil erreichter Punkte, Anzahl Sterne) für die ab 2020 getesteten Pkw-Modelle mit den aktuellen ZFZR-Beständen (1.1.2021 bis 1.1.2024) verknüpft werden (über die ZFZR-Merkmale Fabrikatcode, Modellcode und - zur Abbildung der Modellgeneration - Jahr der Erstzulassung). Im Ergebnis konnte im Durchschnitt über die hier betrachteten 4 Bestandsjahre (Stichtage: 1.1.2021 bis 1.1.2024) von den neueren Fahrzeugen (Erstzulassungsjahr ab 2009) über 81 % eine Euro NCAP-Bewertung zugeordnet werden. Bei Pkw ohne Bewertung wurde ein Imputationsverfahren angewandt.

Analog zur Vorgängerstudie wurden insgesamt vier (bausteinspezifische) Safety Performance Indikatoren gebildet, die auf den neu berechneten und vereinheitlichten Fahrzeugbewertungen aus Euro NCAP basieren. Bei den genannten Indikatoren handelt es sich um Durchschnittswerte der Sicherheitsbewertung der im ZFZR erfassten Pkw. Aus diesen vier Indikatoren wurde dann noch ein Safety Performance Gesamtindikator mittels gewichtetem Mittelwert berechnet. Aufgrund der identischen Berechnungsweise und der Normierung aller Euro NCAP-Testergebnisse auf das Referenzjahr 2020 konnten die für 2013 bis 2019 vorliegenden Zeitreihen der vier bausteinspezifischen SPI-Werte sowie des SPI-Gesamtwerts konsistent auf den Zeitraum bis 2023 erweitert werden.

Im Ergebnis setzen die im aktuellen Vorhaben erzeugten Indikatorwerte für die Jahre 2020 bis 2023 die - im Vorgängerprojekt ermittelten - steigenden Trends fort. In allen Jahren erzielt Baustein 2 (Schutz von Kindern im

Fahrzeug) die beste und Baustein 4 (Assistenzsysteme) die niedrigste Bewertung, verzeichnet dafür aber im Zeitverlauf die stärksten Zuwächse. Aufgrund der Normierung der Testergebnisse auf das Referenzjahr 2020 manifestiert sich darin ein realer Zuwachs an Fahrzeugsicherheit in der Pkw-Flotte.

Gliedert man die Indikatoren nach Pkw-Segment, so nehmen SUV's und Geländewagen fast durchgängig die vorderen Plätze ein, wobei es sich bei diesen beiden Segmenten um diejenigen mit dem geringsten Anteil an „Altfahrzeugen“ (Erstzulassung vor 2009) handelt. Die größte Dynamik hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung der SPI's findet sich bei Fahrzeugen der Oberklasse.

Im Rahmen der Unfallanalyse wurden log-lineare Regressionsmodelle gerechnet, um den Einfluss der vier SPI auf die jeweils entsprechenden Unfallmerkmale (verunglückte Pkw-Insassen, Fußgänger und Radfahrer, unfallbeteiligte Pkw) zu ermitteln. Darüber hinaus wurde der Zusammenhang zwischen dem SPI-Gesamtwert und den resultierenden monetären volkswirtschaftlichen Unfallkosten analysiert. Die entsprechenden Auswertungen zeigten in allen Fällen, dass ein höherer Wert des Safety Performance Indikators mit einer geringeren Zahl an verunglückten Personen bzw. unfallbeteiligten Pkw einhergeht. Zu berücksichtigen ist, dass dieser positive Sicherheitsbeitrag des jeweiligen SPI zwar überwiegend, aber nicht in allen Fällen statistisch signifikant ist.

Ergänzend zu dem im Vorgängerprojekt entwickelten nationalen SPI zur Fahrzeugsicherheit wurde im aktuellen Forschungsvorhaben erstmals auch der in den EU-Projekten „Baseline“ bzw. „Trendline“ vorgeschlagene Key Performance Indicator (KPI) zur Fahrzeugsicherheit auf Basis der Euro NCAP- und ZFZR-Daten berechnet und ausgewiesen. Dieser basiert auf dem Anteil an Neufahrzeugen (Pkw), bei denen das entsprechende Modell im Euro NCAP-Test 5 oder mindestens 4 Sterne (2 Varianten) erreicht hat.

Im Jahr 2026 ist eine grundlegende Revision des Euro NCAP-Testprogramms geplant. Es wird empfohlen, frühzeitig zu untersuchen, wie die SPI-Zeitreihe konsistent weitergeführt werden kann.

Continuation of the determination of vehicle technology-related Safety Performance Indicators based on Euro NCAP Assessment Results (years 2020 - 2023)

The European New Car Assessment Program (Euro NCAP) is a consumer protection-oriented program for assessing the safety of - generally - new motor vehicle models. The program has been in existence since 1997, and since 2009 the assessment has consisted of 4 Boxes (1. adult occupant protection; 2. child occupant protection; 3. vulnerable road user protection; 4. safety assistance systems).

In the project "Method Development Study on Generating a Safety Performance Indicator based on Euro NCAP assessment results" (FE 82.0736/2019) of the Federal Highway and Transport Research Institute, the results of the car models tested in Euro NCAP from 2009 onwards were used to generate a Safety Performance Indicator (SPI) for the German passenger car fleet of several consecutive years (2013 to 2019) by transferring them to the entire do-mestic passenger car fleet. The central objective of this study is to update the SPI on vehicle safety generated in the previous study up to 2019 for the years 2020 to 2023 (per calendar year). In addition, statistical regression models will be used to establish the relationship between the SPI and real-life accidents and the indicator (KPI) for vehicle safety proposed in the EU "Baseline" project will be calculated and reported.

The basic concept for generating the SPI is to identify the vehicle models (or specific generations of a model) tested in Euro NCAP in the total passenger car population of a year and to assign the test results to all vehicles of this model generation in the population, which in principle corresponds to an extrapolation. Ultimately, it is about linking Euro NCAP data and passenger car fleet data from the Central Vehicle Register (ZFZR) for the years 2020 to 2023.

As in the previous project, a key step in generating the SPI on vehicle safety was to make the Euro NCAP test results from different years comparable with regard to the changes in test procedures over time. For this purpose, a project group consisting of BAST experts in the areas of active and passive vehicle safety was formed,

whose task it was to quantify the impact of these changes in test procedures on the vehicle assessment for each Box. The test conditions for 2020 were defined as a reference.

First, for the linking of Euro NCAP and passenger car inventory data, the vehicle models tested between 2009 and 2019 as part of Euro NCAP had to be identified in the currently considered ZFZR inventories (1.1.2021 to 1.1.2024) and - if still valid - the respective test result achieved (and standardized to the reference year 2020) had to be assigned to the vehicles in the inventory. Furthermore, the - newly calculated - Euro NCAP result data (percentage of points achieved, number of stars) for the passenger car models tested from 2020 onwards had to be linked to the current ZFZR stocks (1.1.2021 to 1.1.2024) (via the ZFZR characteristics make code, model code and - to approximate the model generation - year of first registration). As a result, an Euro NCAP rating could be assigned to over 81% of the newer vehicles (first registration year from 2009) over the 4 inventory years considered here (reference dates: 1.1.2021 to 1.1.2024). An imputation procedure was used for passenger cars without a rating.

As in the previous study, a total of four (Box-specific) safety performance indicators were created based on the newly calculated and standardized vehicle ratings from Euro NCAP. These indicators are average values of the safety ratings of the passenger cars included in the ZFZR. An overall safety performance indicator was then calculated from these four indicators using a weighted average. Due to the identical calculation method and the standardization of all Euro NCAP test results to the reference year 2020, the time series of the four Box-specific SPI values and the overall SPI value available for 2013 to 2019 could be consistently extended to the period up to 2023.

As a result, the indicator values generated in the current project for the years 2020 to 2023 continue the rising trends identified in the previous project. In all years, Box 2 (child occupant protection) achieves the best rating and Box 4 (safety assistance system) the lowest, but shows the strongest growth over time. Due to the standardization of the test results to the reference year of 2020, this manifests a real increase in vehicle safety in the passenger car fleet.

If the indicators are broken down by passenger car segment, SUVs and off-road vehicles almost consistently occupy the top positions, with these two segments having the lowest proportion of "old vehicles" (first registration before 2009). The greatest dynamics in terms of the development of SPI's over time can be found in luxury class vehicles.

As part of the accident analysis, log-linear regression models were calculated in order to determine the influence of the four SPIs on the respective accident characteristics (injured car occupants, pedestrians and cyclists, accident involved cars). In addition, the relationship between the overall SPI value and the resulting monetary economic accident costs was analysed. The statistical evaluations showed in all cases that a higher value of the Safety Performance Indicator is associated with a lower number of casualties or cars involved in accidents. It should be taken into account that this positive safety contribution of the respective SPI is statistically significant in most cases, but not in all cases.

In addition to the national SPI for vehicle safety developed in the previous project, the Key Performance Indicator (KPI) for vehicle safety proposed in the EU projects "Baseline" and "Trendline" was also calculated and reported for the first time in the current research project on the basis of the Euro NCAP and ZFZR data. This is based on the proportion of new vehicles (passenger cars) in which the corresponding model has achieved 5 or at least 4 stars (2 variants) in the Euro NCAP test.

A fundamental revision of the Euro NCAP test program is planned for 2026. It is recommended to examine at an early stage how the SPI time series can be continued consistently.

Summary

Continuation of the determination of vehicle technology-related Safety Performance Indicators based on Euro NCAP Assessment Results (years 2020 - 2023)

1 Objective

The European New Car Assessment Programme (Euro NCAP) is a consumer protection-oriented programme for assessing the safety of - generally - new motor vehicle models. The programme has been in existence since 1997, and since 2009 it has consisted of the following 4 Boxes:

- Adult occupant protection (Box 1)
- Child occupant protection (Box 2)
- Vulnerable road user protection (Box 3)
- Equipment with safety assistance systems (Box 4)

In each Box, several individual tests are carried out, each of which is rated with points, with crash tests playing an important role. The safety rating of a model is based on "stars" (0 to 5). For each Box, the points achieved in the individual tests are added up and then compared to the maximum number of points achievable for the respective Box (percentage value). The overall rating of the vehicle ("stars") is the weighted average of the 4 Box-specific percentage values. The "stars" are assigned based on a table with threshold values that must be achieved at least for a certain number of stars (1 to 5).

In the project "Method Development Study on Generating a Safety Performance Indicator based on Euro NCAP assessment results" (FE 82.0736/2019) of the Federal Highway Research Institute, the results of the car models tested in Euro NCAP from 2009 onwards were used to create a Safety Performance Indicator (SPI) for the German car fleet for several consecutive years (2013 to 2019) by transferring them to the entire domestic car fleet. An SPI is understood to be a measure that gives an impression of the safety level of a road traffic system regardless of the accident occurrence (i.e. without direct reference to accident numbers). The present SPI is intended to help describe the level and development of vehicle safety in the German car fleet in a compressed manner using one or a few measures. In addition, this project examined the relationships between the Euro NCAP assessment of vehicles and accidents. Among other things, statistical models were estimated on the influence of the (average) vehicle safety expressed by the SPI on the corresponding number of casualties from the official traffic accident statistics.

The central aim of this study is to update the SPI on vehicle safety generated as part of the previous study up to 2019 for the years 2020 to 2023. The indicator (or set of indicators) is to be generated per calendar year. The resulting values should be as comparable as possible across the individual years and also with the values already available (2013 to 2019).

In addition, the relationship between the SPI and real accidents should be established. The regression models developed in the previous project are applied to the entire time series from 2013 to 2023.

In addition to updating the SPI developed in the predecessor project for the years 2020 to 2023, the indicator (KPI) on vehicle safety proposed in the EU project "Baseline" is also to be calculated and reported. This is based on the proportion of newly registered vehicles (passenger cars) for which the corresponding model achieved 5 or at least 4 stars (2 variants) in the Euro NCAP test.

2 Methodology

The basic concept in generating the SPI is to identify the vehicle models (or certain generations of a model) tested in Euro NCAP in the total passenger car fleet of a year and to assign the test results to all vehicles of this model generation in the fleet, which in principle corresponds to an extrapolation. Ultimately, it is about linking Euro NCAP data and passenger car fleet data from the Central Vehicle Register (ZFZR) for the years 2020 to 2023.

The data basis for updating the Safety Performance Indicator is therefore, on the one hand, the stock of M1 vehicles (excluding cars with a dedicated body type) from the Central Vehicle Register (ZFZR) for the dates January 1, 2021, January 1, 2022, January 1, 2023 and January 1, 2024. On the other hand, the results from Euro NCAP for the vehicle models tested between 2020 and 2023 were used and processed at the level of the 4 Boxes (133 models in total).

Over the years, the test program in Euro NCAP has been repeatedly updated and modified in line with technical progress. However, such changes have a negative impact on the comparability of the results over the years. As in the previous project, an essential step was to make the Euro NCAP test results from different years compatible with each other, so appropriate data modifications had to be carried out. In the previous project, the test framework conditions of 2020 were used as a reference, i.e. the corrected test results thus corresponded to the hypothetical case that the test procedures of 2020 would already have been valid in the years 2009 to 2019. In this respect, with a view to continuing the SPI time series, the Euro NCAP results for 2020 could be adopted without corrections (regarding changed test procedures). The same applies to the results for 2021 and 2022, as no further changes were made to the test procedures. However, the test program was revised again in 2023. This again resulted in the need to "normalize" the evaluation results - for this year - to the reference year 2020 by estimating change factors. Expert assessments were again used to determine the numerical values of the factors. As these changes generally increase the requirements for vehicle safety and the year 2020 is to be used as a reference, in contrast to the previous project, mark-up factors now had to be created for the 2023 test results, as the vehicle models in question would very likely have received a better rating under the test conditions valid in 2020.

With regard to the linking of Euro NCAP and passenger car inventory data, the first step was to identify the vehicle models tested between 2009 and 2019 as part of Euro NCAP in the currently considered ZFZR inventories (1.1.2021 to 1.1.2024) and - if still valid - to assign the test result achieved (and standardized to the reference year 2020) to the vehicles in the inventory.

In a second step, the - newly calculated - Euro NCAP test results (proportion of points achieved, number of stars) for the passenger car models tested from 2020 onwards had to be matched with the current ZFZR inventories (1.1.2021 to 1.1.2024). The ZFZR inventory data was linked to the (corrected) Euro NCAP assessment data using an algorithm that is essentially based on the make and model code characteristics. In this context, it was also necessary to identify the series (model generation) of the respective model tested in Euro NCAP in the inventory, since Euro NCAP tests can also refer to new generations of an existing car model. However, information such as model generation or year of manufacture is not available in the ZFZR data. Therefore, in addition to the make and model characteristics, the year of initial registration had to be used in order to be able to establish a link with the Euro NCAP data: The series of a model (according to relevant car catalogs on the Internet) was approximated by summarizing the corresponding years of initial registration. In addition, facelifts of vehicles (if tested) were also taken into account in the matching algorithm. As a result, a rating was assigned to over 81% of vehicles with a first registration year from 2009 over the four new inventory years under consideration (reference dates: 1.1.2020 to 1.1.2024).

Passenger cars first registered from 2009 onwards, to which no rating could be assigned (because they had not been tested or could not be identified in the ZFZR), were assigned the mean value of the Box-specific Euro NCAP rating by car segment and year of initial registration ("imputation"). Vehicles without a rating that were first registered for traffic before 2009 were assigned the value "0 % points achieved" or "0 stars".

Analogous to the previous project, the mean Box-specific star rating is used as the safety performance indicator. For each record date of the inventory considered (e.g. January 1, 2021 for SPI 2020), Box-specific average values of the characteristic “number of stars according to Euro NCAP (0 to 5)” are calculated for the entire passenger car fleet. These four mean values can be characterized as “Box-specific safety performance indicators of the passenger car fleet referenced to 2020”. A total safety performance indicator is then calculated from these four indicators (weighted average, in which - analogous to the Euro NCAP procedure - the ratings of the four Boxes are weighted in a ratio of 40:20:20:20).

As part of the accident analysis, log-linear regression models were calculated to estimate the influence of the four SPIs mentioned on the corresponding accident characteristics. The total mileage of the car was taken into account as a further explanatory variable in the modelling. When analysing the relationship between the individual safety performance indicators and the accident occurrence, the following data from the official road traffic accident statistics, tailored to the respective SPI, were used:

- SPI_1: Annual number of casualties/ fatalities/ seriously injured/ slightly injured car users aged 12 and over (2013 to 2023)
- SPI_2: Annual number of casualties/ fatalities/ seriously injured/ slightly injured car users aged under 12 (2013 to 2023)
- SPI_3: Annual number of casualties/ fatalities/ seriously injured/ slightly injured cyclists or pedestrians (each in a collision with a car) (2013 to 2023)
- SPI_4: Annual number of cars involved in an accident/ cars mainly responsible (in accidents involving personal injuries) (2013 to 2023)
- SPI_Total: Resulting annual accident costs (2013 to 2023)

3 Study Results

Figure 1 shows the time series of the four Box-specific SPI values and the overall SPI value from 2013 to 2023.

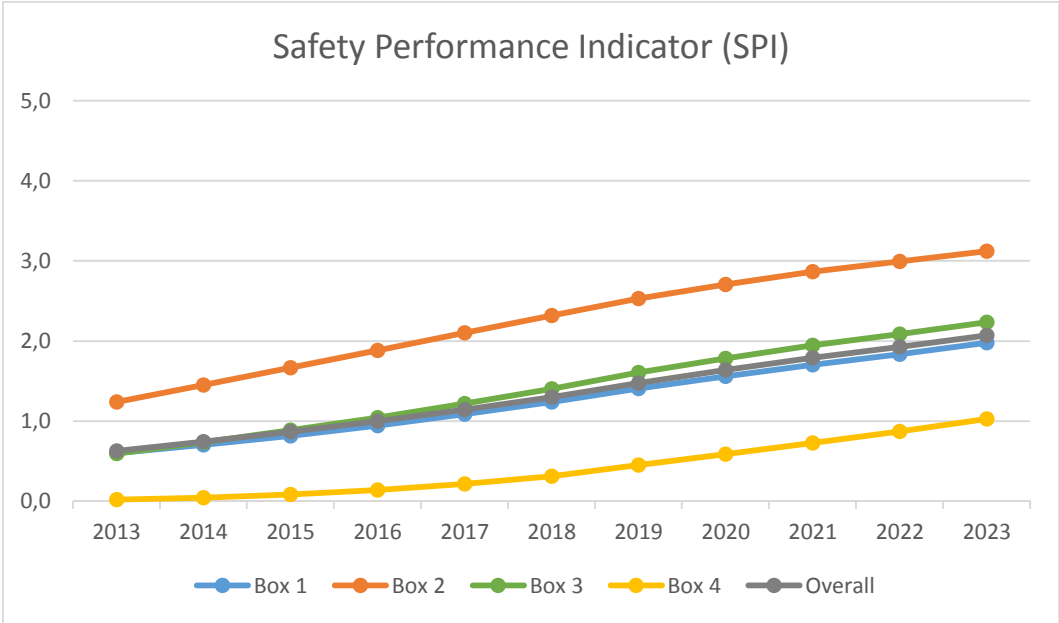


Figure 1: Box-specific SPI and SPI (Total) of the car fleet broken down by year (source: own calculations - data base: Euro NCAP 2009 - 2023; ZFZR 01.01.2014 - 01.01.2024)

The results show that the indicator values generated in the current project for the years 2020 to 2023 continue the rising trends identified in the previous project. In all years, Box 2 (child occupant protection) achieved the best rating, while the opposite was the case for Box 4 (safety assistance systems). However, Box 4 shows the greatest changes between the beginning and the end of the time series. Between 2019 and 2023 alone, the value

of the relevant SPI more than doubled (from 0.45 to 1.03). In the area of assistance systems (Box 4), there is therefore significantly stronger dynamics compared to the other Boxes, despite the low level.

In general, the increase in SPI values over time is of course also due to the fact that the proportion of older vehicles in the fleet is continuously decreasing over the years (vehicles first registered before 2009 and without a test result were given a rating of 0 stars). However, the fact that this is by no means just a purely statistical effect becomes apparent when only vehicles first registered from 2009 onwards are included in the analysis. Here, for example, the SPI (total) increases from 2.38 in 2020 to 2.71 in 2023. The SPIs of the individual components also show a monotonous increase in this period on this data basis. Due to the standardization of the test results to the reference year 2020, this manifests a real increase in vehicle safety in the car fleet.

If the indicators are broken down by passenger car segment, SUVs and off-road vehicles almost consistently occupy the top positions, with these two segments having the lowest proportion of "old vehicles" (first registered before 2009). The greatest dynamics in terms of the development of SPI's over time can be found in luxury class vehicles.

As part of the accident analysis, a total of 19 log-linear regression models were estimated to determine the influence of the four SPIs on the respective accident characteristics (car occupants, pedestrians and cyclists involved in accidents, cars involved in accidents). In addition, the relationship between the overall SPI value and the resulting monetary economic accident costs was analyzed. The statistical evaluations showed in all cases that a higher value of the Safety Performance Indicator is associated with a lower number of casualties or cars involved in accidents. It should be taken into account that this positive safety contribution of the respective SPI is statistically significant in most cases, but not in all cases. This can essentially be attributed to the fact that the model estimates are only based on data from the last eleven years as observations. Overall, the results should be interpreted with caution, as the coronavirus pandemic occurred during the period under investigation and the numbers of casualties and cars involved are generally subject to certain random fluctuations from year to year.

In addition to the national SPI for vehicle safety developed in the previous project, the current research project also calculated and reported for the first time the Key Performance Indicator (KPI) for vehicle safety proposed in the EU projects "Baseline" and "Trendline" on the basis of the Euro NCAP and ZFZR data (Table 1).

Year of initial registration (record date)	KPI-EU1a Share of 5 star cars in all initial registrations	KPI-EU1b Share of 4 or 5 star cars in all initial registrations	KPI-EU2a Share of 5 star cars in initial registrations with a Euro NCAP rating	KPI-EU2b Share of 4 or 5 star cars in initial registrations with a Euro NCAP rating
	passenger cars in %			
2020 (record date 1.1.2021)	76.1	89.4	78.9	92.7
2021 (record date 1.1.2022)	73.0	85.3	78.8	92.1
2022 (record date 1.1.2023)	73.2	88.0	78.1	94.0
2023 (record date 1.1.2024)	72.4	87.0	78.2	94.0

Table 1: KPI on vehicle safety 2020-2023 according to the EU-project Trendline/ Baseline

This KPI is based on the proportion of new vehicles (passenger cars) for which the corresponding model achieved 5 or at least 4 stars (2 variants) in the Euro NCAP test.

4 Conclusions

The main objective of this study was to update the SPI on vehicle safety generated as part of the previous study up to 2019 for the years 2020 to 2023. Analogous to the previous study, a total of four (Box-specific) safety performance indicators were created, which are based on the newly calculated and standardized vehicle assessments from Euro NCAP. Due to the identical procedure for creating indicators and the standardization of all Euro NCAP test results to the reference year 2020, the time series of the four Box-specific SPI values and the total SPI value available for 2013 to 2019 could be consistently extended to the period 2023.

With regard to the further updating of the SPI or the indicator set, it is important to take into account that a fundamental revision of the Euro NCAP test program is planned for 2026. The current structure of the tests in 4 Boxes will then be abandoned, and instead a new grouping will take place that is based on the 4 phases of an accident:

- Safe Driving
- Crash Avoidance
- Crash Protection
- Post-crash Safety

It is recommended to examine the effects of this comprehensive revision on the continuation of the SPI in connection with the next update of the SPI in order to be able to continue the time series consistently.

Inhalt

Abkürzungen	13
1 Ausgangslage und Zielsetzung	14
1.1 Ausgangssituation	14
1.2 Zielsetzung	15
2 Datengrundlagen	16
2.1 Daten zum Pkw-Bestand	16
2.2 Euro NCAP-Daten	17
3 Methodik	21
3.1 Modifikation der Euro NCAP-Ergebnisse	21
3.1.1 Ausgangssituation	21
3.1.2 Experteneinschätzungen	22
3.1.3 Ergebnisse	23
3.2 Verknüpfung von Euro NCAP- und Pkw-Bestandsdaten	24
3.2.1 Identifikation der vor 2020 getesteten Modelle in den Pkw-Beständen 1.1.2021 bis 1.1.2024	24
3.2.2 Identifikation der ab 2020 getesteten Modelle in den Pkw-Beständen 1.1.2021 bis 1.1.2024	25
3.3 Matching-Quote	26
3.4 Imputation	26
4 Ergebnisse	27
4.1 Fortführung der Zeitreihe zum SPI für Fahrzeugsicherheit	27
4.2 Safety Performance Indikator und Unfallgeschehen	33
4.2.1 Unfalldaten	34
4.2.2 Methodik	39
4.2.3 Ergebnisse	44
4.3 Ableitung eines KPI gemäß des Projekts „Trendline“	48
5 Zusammenfassung und Ausblick	42
5.1 Methodik	43

5.2	Ergebnisse	54
5.2.1	Safety Performance Indikator (SPI)	54
5.2.2	Key Performance Indicator (KPI) gemäß EU	56
5.2.3	Zusammenhang zwischen SPI und Unfallzahlen	57
5.3	Ausblick	57
	Literatur	59
	Bilder	60
	Tabellen	61
	Anhang	63

Abkürzungen

AEB	Autonomous Emergency Braking
AES	Autonomous Emergency Steering
CRS	Child Restraint Systems
ESC	Electronic Stability Control
Euro NCAP	European New Car Assessment Programme
KBA	Federal Motor Transport Authority (Kraftfahrt-Bundesamt)
KPI	Key Performance Indicator
LSS	Lane Support System
MPDB	Mobile Progressive Deformable Barrier
ODB	Offset Deformable Barrier
OSM	Occupant Status Monitoring
SBR	Seat Belt Reminder
SPI	Safety Performance Indicator
ZFZR	Central Vehicle Register (Zentrales Fahrzeugregister)

1 Ausgangslage und Zielsetzung

1.1 Ausgangssituation

Das European New Car Assessment Programme (Euro NCAP) ist ein Verbraucherschutzorientiertes Programm zur Bewertung der Sicherheit von - in der Regel - neuen Kraftfahrzeugmodellen. Das Programm gibt es seit 1997, seit 2009 besteht es aus den folgenden 4 Bausteinen:

- Schutz erwachsener Insassen (Baustein 1)
- Schutz von Kindern im Fahrzeug (Baustein 2)
- Schutz schwächerer Verkehrsteilnehmer (Baustein 3)
- Ausstattung mit Fahrerassistenzsystemen (Baustein 4)

In jedem Baustein werden mehrere - jeweils mit Punkten bewertete - Einzeltests durchgeführt, wobei Crashtests eine wichtige Rolle einnehmen. Die Sicherheitsbewertung eines Modells erfolgt anhand von „Sternen“ (0 bis 5). Pro Baustein werden die bei den einzelnen Tests erreichten Punkte aufsummiert und anschließend zur beim jeweiligen Baustein maximal erreichbaren Punktesumme ins Verhältnis gesetzt (Prozentwert). Die Gesamtbewertung des Fahrzeugs („Sterne“) ergibt sich aus dem gewichteten Mittelwert der 4 baustein-spezifischen Prozentwerte¹. Die Zuweisung der „Sterne“ erfolgt dabei anhand einer Tabelle mit Grenzwerten, die für eine bestimmte Anzahl von Sternen (1 bis 5) mindestens erreicht werden müssen. Solche Grenzwerte gibt es nicht nur für die Gesamtbewertung, sondern auch für die 4 Einzelbausteine. Dadurch soll erreicht werden, dass es bei vergleichsweise schlechten Bewertungen in einzelnen Bausteinen des Testprogramms zu einer Abwertung des Gesamtergebnisses kommt. Erreicht z.B. ein Fahrzeug ein Ergebnis, dass im Gesamtdurchschnitt zu einer Bewertung mit 5 Sternen führt, erhält dieses Fahrzeug trotzdem nur 4 Sterne, wenn bei mindestens 1 Baustein eine solche 4-Sterne-Bewertung vorliegt („Balancing“).

Im Projekt „Entwicklung eines Verfahrens zur Generierung eines Safety Performance Indikators aus der Bewertung von Euro NCAP“ (FE 82.0736/2019) der Bundesanstalt für Straßenwesen wurden die Ergebnisse der ab 2009 in Euro NCAP getesteten Modelle benutzt, um mittels deren Übertragung auf die gesamte inländische Pkw-Flotte einen Safety Performance Indikator (SPI) für den Pkw-Bestand mehrerer aufeinander folgender Jahre (2013 bis 2019) zu bilden (BÄUMER, HAUTZINGER und PFEIFFER 2022). Unter einem SPI sind Maßzahlen zu verstehen, die einen Eindruck vom Sicherheitsniveau eines Straßenverkehrssystems unabhängig vom Unfallgeschehen (d.h. ohne direkte Bezugnahme auf Unfallzahlen) vermitteln (vgl. hierzu ETSC 2002, HAKKERT et al. 2007, FUNK et al. 2021). Der vorliegende SPI soll dazu beitragen, das Niveau und die Entwicklung der Fahrzeugsicherheit in der deutschen

¹ Aktuell geht dabei das Ergebnis von Baustein 1 mit einem Gewicht von 0,4 und das der anderen Bausteine mit einem Gewicht von jeweils 0,2 in die Berechnung des Gesamtwerts ein.

Pkw-Flotte mit einer oder einigen wenigen Maßzahlen komprimiert zu beschreiben. Darüber hinaus wurden in diesem Projekt Zusammenhänge zwischen der Euro NCAP-Bewertung von Fahrzeugen und dem Unfallgeschehen untersucht. Dabei wurden u.a. statistische Modelle zum Einfluss der durch den SPI ausgedrückten (durchschnittlichen) Fahrzeugsicherheit auf die korrespondierende Zahl der Verunglückten aus der amtlichen Verkehrsunfallstatistik geschätzt.

1.2 Zielsetzung

Das zentrale Ziel der Studie besteht darin, den im Rahmen der Vorgängeruntersuchung bis 2019 generierten SPI zur Fahrzeugsicherheit für die Jahre 2020 bis 2023 fortzuschreiben. Dabei soll der Indikator (bzw. das Indikatoren-Set) pro Kalenderjahr erzeugt werden. Die resultierenden Werte sollen dabei soweit als irgend möglich über die einzelnen Jahre hinweg und auch mit den bereits vorliegenden Werten (2013 bis 2019) vergleichbar sein.

Darüber hinaus soll der Bezug des SPI zum realen Unfallgeschehen hergestellt werden. Dabei werden die im Vorgängerprojekt entwickelten Regressionsmodelle angepasst und auf die gesamte Zeitreihe von 2013 bis 2023 angewandt. Die hierfür benötigten Unfalldaten ab 2020 sind entsprechend zu ergänzen.

Neben der Fortschreibung des im Vorläuferprojekt entwickelten SPI für die Jahre 2020 bis 2023 soll zusätzlich der im EU-Projekt „Baseline“ vorgeschlagene Indikator (KPI) zur Fahrzeugsicherheit berechnet und ausgewiesen (siehe hierzu WARDENIER und SILVERANS 2023). Dieser basiert auf dem Anteil an Neufahrzeugen (Pkw), bei denen das entsprechende Modell im Euro NCAP-Test 5 oder mindestens 4 Sterne (2 Varianten) erreicht hat.

2 Datengrundlagen

2.1 Daten zum Pkw-Bestand

Das Grundkonzept bei der Generierung des SPI besteht darin, die in Euro NCAP getesteten Fahrzeugmodelle (bzw. bestimmte Generationen eines Modells) im Gesamt-Pkw-Bestand eines Jahres zu identifizieren und die Testergebnisse allen im Bestand enthaltenen Fahrzeugen dieser Modellgeneration zuzuweisen, was im Grundsatz einer Hochrechnung entspricht. Letztlich geht es also um eine Verknüpfung von Euro NCAP- und Pkw-Bestandsdaten für die Jahre 2020 bis 2023.

Als Basis für die Fortschreibung des Safety Performance Indikators wurde daher beim Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) eine Sonderauswertung des Zentralen Fahrzeugregisters (ZFZR) in Auftrag gegeben. Konkret geht es dabei um den Bestand von M1-Fahrzeugen (ohne Pkw mit zweckbestimmter Aufbauart²) für die Stichtage

1.1.2021 (für SPI 2020) mit 47.530.524 Fahrzeugen

1.1.2022 (für SPI 2021) mit 47.727.588 Fahrzeugen

1.1.2023 (für SPI 2022) mit 47.875.735 Fahrzeugen und

1.1.2024 (für SPI 2023) mit 48.138.234 Fahrzeugen.

Die Pkw-Bestände waren nach denselben Merkmalen wie im Vorläuferprojekt gegliedert:

- Stichtagsjahr
- Hersteller-Schlüsselnummer
- Herstellerbezeichnung (normiert)
- Herstellerbezeichnung (nicht normiert), falls Hersteller-Schlüsselnummer = 0900 oder 0901
- Typ-Schlüsselnummer
- Amtlicher Klartext Typ
- Handelsname
- Handelsbezeichnung
- Fabrikatcode
- Fabrikatbezeichnung
- Modellcode
- Modellbezeichnung
- Segmentcode
- Segmentbezeichnung
- Jahr der Erstzulassung

Die entsprechenden vom KBA zur Verfügung gestellten multidimensionalen Häufigkeitstabellen umfassen über alle 4 Bestandsstichtage hinweg knapp 1,5 Mio. Datenzeilen (=Merkmalskombinationen). Zur Anreicherung der ZFZR-Daten um weitere Merkmale (z.B. Kraftstoff- oder Aufbauart) wurde zudem das Hersteller- und Typenverzeichnis (SV4) des KBA herangezogen.

² Bei Pkw mit zweckbestimmter Aufbauart handelt es sich z.B. um Wohnmobile oder Krankenwagen.

2.2 Euro NCAP-Daten

Für die Fortführung der SPI-Zeitreihe wurden die Ergebnisse aus Euro NCAP für die zwischen 2020 und 2023 getesteten Fahrzeuge auf der Ebene der 4 Bausteine herangezogen und aufbereitet³. Die Daten umfassen pro Testobjekt folgende Angaben:

- Marke und Modell
- Gesamtbewertung (Anzahl Sterne)
- Anteil erreichter Punkte in Prozent im Baustein 1 (Schutz erwachsener Insassen)
- Anteil erreichter Punkte in Prozent im Baustein 2 (Schutz von Kindern im Fahrzeug)
- Anteil erreichter Punkte in Prozent im Baustein 3 (Schutz von Fußgängern und Radfahrern)
- Anteil erreichter Punkte in Prozent im Baustein 4 (Assistenzsysteme)
- Jahr des Tests

Zusätzlich zu diesen Merkmalen wurde eine laufende Nummer erzeugt, die als Grundlage für die Verknüpfung mit den Pkw-Beständen dient.

Die Daten umfassen insgesamt 135 Fahrzeugmodelle, darunter 2 Modelle mit jeweils 2 Testergebnissen (1. Standardausführung des Modells, 2. Modell mit (optionalem) „Sicherheitspaket“). Die Ergebnisse der Tests mit Sicherheitspaket⁴ wurden - wie im Vorgängerprojekt festgelegt - auch diesmal im Weiteren nicht berücksichtigt. Damit liegt die Gesamtzahl bei 133 Modellen. Tabelle 1 zeigt für jedes betrachtete Jahr die Zahl der getesteten Modelle und die dabei erzielte durchschnittliche Sternebewertung.

Jahr des Tests	Anzahl getestete Modelle	Mittlere Sternezahl (Gesamtbewertung)
2020	13	4,77
2021	38	4,29
2022	65	4,79
2023	17	4,82
Insgesamt	133	4,65

Tabelle 1: Mittlere Sternezahl (Gesamtbewertung) der zwischen 2020 und 2023 in Euro NCAP getesteten Fahrzeugmodelle gegliedert nach Jahr des Tests (Quelle: Euro NCAP 2020 - 2023)

³ Die entsprechenden Daten wurden der Internetseite von Euro NCAP (www.euroncap.com) entnommen (Stand: Juli 2024). Zwischen Mai und Juli 2024 wurden von Euro NCAP nachträglich einige Ergebnisse von im Jahr 2022 getesteten Fahrzeugen veröffentlicht. Diese wurden im Rahmen dieses Projekts jedoch nicht berücksichtigt, weil es sich um Modelle bzw. Modellgenerationen handelt, die erst ab 2024 verkauft werden (z.B. Renault Rafale, Renault Scénic E-Tech, BMW X2 (U10)).

⁴ Sofern die Elemente des Sicherheitspakets im Nachgang des Tests in die Standardausstattung des Modells integriert werden, kann die Bewertung für die Standardausführung im Nachhinein entsprechend abgeändert werden.

Fasst man die 4 Jahre zusammen, so haben 101 der 133 getesteten Fahrzeugmodelle (75,9 %) eine 5-Sterne-Bewertung erhalten. Insgesamt 26 Modelle (19,6 %) wurden mit 4 Sternen bewertet, lediglich 6 Modelle (4,5 %) erzielten 3 Sterne oder weniger.

Die Methodik der Fahrzeugbewertung in Euro NCAP war im Lauf der Jahre einem stetigen Wandel unterworfen. Dies betrifft die Schwellenwerte zur Zuordnung der Sterne und insbesondere die Art und Zahl der durchgeführten Tests. In verschiedenen Jahren wurden bei einigen Tests die Anforderungen für eine gute Bewertung erhöht oder es wurden neue Testverfahren hinzugefügt. Andererseits wurden auch gewisse Verfahrenselemente ab einem bestimmten Zeitpunkt ganz aus dem Programm gestrichen.

Nach 2020 wurden im Jahr 2023 wieder umfangreiche Änderungen im Testprogramm umgesetzt. Die wichtigsten Änderungen im Bereich der Testprozeduren seien hier zusammenfassend wiedergegeben:

- Insassenschutz für Erwachsene (Baustein 1): Erweiterung der Bewertung von Technologien im Bereich „Rettung und Bergung“: Neuaufnahme eines Tests zur Beurteilung der Widerstandsfähigkeit eines Fahrzeugs gegen Untertauchen (submergence check).
- Kinderinsassenschutz (Baustein 2): Aufnahme der Bewertung von Technologien, die erkennen können, wenn sich ein Kind allein in einem verschlossenen Auto befindet.
- Schutz gefährdeter Verkehrsteilnehmer (Baustein 3): Aufnahme von Aufpralltests an den Teilen des Fahrzeugs, die wahrscheinlich vom Kopf eines Radfahrers getroffen werden. Bewertung von Technologien, die verhindern, dass eine Autotür im Weg eines Radfahrers geöffnet wird. Bewertung der Reaktion von Spurhalte- und autonomen Notbremssystemen (in Pkw) auf motorisierte Zweiradnutzer.
- Ausstattung mit Fahrerassistenzsystemen (Baustein 4): Ausweitung der Bewertung im Bereich „Insassenzustandsüberwachung“. Erweiterung der Tests von autonomen Notbremssystemen (Pkw - Pkw) um zusätzliche Szenarien.

Darüber hinaus wurde 2023 auch die Punkteverteilung geändert. Insgesamt können jetzt im 1. Baustein 40 (statt 38) Punkte erreicht werden, da das Maximum im Bereich „Rettung und Bergung“ von 2 auf 4 Punkte erhöht wurde. In den Bausteinen 3 und 4 beträgt die maximal erreichbare Punktzahl 63 (statt 54) bzw. 18 (statt 16). Der Wert für Baustein 2 liegt unverändert bei 49 Punkten (siehe Tabelle 2).

Bau- stein	Test	2009- 2012	2013	2014	2015	2016- 2017	2018- 2019	2020- 2022	2023
		maximal erreichbare Punktezahl							
1	ODB Frontalaufprall	16	16	16	8	8	8	-	-
	MPDB Frontalaufprall	-	-	-	-	-	-	8	8
	Frontalaufpr. volle Breite	-	-	-	8	8	8	8	8
	Seitenaufprall	8	8	8	8	8	8	6	6
	Pfahlaufprall	8	8	8	8	8	8	6	6
	Far Side-Test	-	-	-	-	-	-	4	4
	Whiplash Vordersitze	4	4	2	2	2	1,5	3	3
	Whiplash Rücksitze	-	-	1	1	1	0,5	1	1
	AEB City	-	-	3	3	3	4	-	-
	Rettung und Bergung	-	-	-	-	-	-	2	4
	Summe	36	36	38	38	38	38	38	40
2	Leistung von CRS (Frontal)	16	16	16	16	16	16	16	16
	Leistung von CRS (Seite)	8	8	8	8	8	8	8	8
	Einbauprüfung von CRS	12	12	12	12	12	12	12	12
	Fahrzeugausrüstungen	13	13	13	13	13	13	13	13
	Summe	49	49	49	49	49	49	49	49
3	Kopfanprall	24	24	24	24	24	24	24	18
	Beinanprall	12	12	12	12	12	12	12	18
	AEB Fußgänger	-	-	-	-	6	6	7	7
	AEB Radfahrer	-	-	-	-	-	6	9	9
	AEB Fußgänger rückw.	-	-	-	-	-	-	2	2
	AEB/ LSS motorisierte Zweiradnutzer	-	-	-	-	-	-	-	9
	Summe	36	36	36	36	42	48	54	63
4	Gurtwarner	3	3	3	3	3	3	2	1
	Insassenzustandsüberw.	-	-	-	-	-	-	1	2
	Geschwindigkeitsass.	1	3	3	3	3	3	3	3
	Spurassistent	-	-	1	1	3	4	4	3
	ESC	3	3	3	3	-	-	-	-
	AEB Heckaufprall	-	-	3	3	3	3	4	4
	AEB Kreuzung	-	-	-	-	-	-	2	4
	AEB Frontalaufprall	-	-	-	-	-	-	-	1
Summe	7	9	13	13	12	13	16	18	

Tabelle 2: Euro NCAP-Punkteschema 2009 - 2023 (Quelle: euroncap.com)

Das Gewichtungsschema für die Zusammenfassung der Punktezahlen aus den 4 Bausteinen zu einem Gesamtwert ist seit 2014 unverändert (Baustein 1: 0,4; übrige: jeweils 0,2). Demgegenüber wurden die Grenzwerte für die Zuordnung einer bestimmten Sternebewertung zum erreichten Prozentwert 2023 zum Teil erhöht. Dies betrifft jedoch nur den Baustein 3 und ist hier insofern irrelevant, als 2020 als Referenzjahr für den aus der Euro NCAP-Bewertung resultierenden SPI festgelegt wurde (siehe hierzu Kap. 3.1).

Anzahl Sterne	Baustein 1	Baustein 2	Baustein 3	Baustein 4	Gesamtbewertung
	mindestens zu erreichender Prozentwert				
5	80	80	60	70	74
4	70	70	50	60	64
3	60	60	40	50	54
2	50	50	30	40	44
1	40	40	20	30	34

Tabelle 3: Euro NCAP-Bewertungsschema für das Referenzjahr 2020 (Quelle: EURO NCAP 2020, S. 15)

Für die Fortführung der Zeitreihe werden deshalb entsprechend die in Tabelle 3 dargestellten Schwellenwerte des Jahres 2020 zur Bestimmung der Sternenzahl benutzt.

3 Methodik

3.1 Modifikation der Euro NCAP-Ergebnisse

3.1.1 Ausgangssituation

Wie bereits angedeutet, wurde das Testprogramm in Euro NCAP im Laufe der Jahre immer wieder dem technischen Fortschritt entsprechend aktualisiert und modifiziert (für die Änderungen im Jahr 2023 vgl. Kap. 2.2). Solche Veränderungen wirken sich jedoch negativ auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse über die Jahre aus. Die Vergleichbarkeit ist aber eine entscheidende Voraussetzung für die Erstellung einer aussagekräftigen Zeitreihe eines SPI zur Fahrzeugsicherheit. Bei der Fortführung des SPI besteht somit ein wesentlicher Schritt darin, die Euro NCAP-Testresultate der verschiedenen Jahre miteinander kompatibel zu machen, es müssen also entsprechende Datenmodifikationen durchgeführt werden.

Im Vorgängerprojekt wurde eine Projektgruppe bestehend aus Experten der BAST in den Bereichen Aktive und Passive Fahrzeugsicherheit gebildet, welche die Aufgabe hatte, je Baustein zu quantifizieren, wie sich die jeweiligen Veränderungen der Testprozeduren auf die Fahrzeugbewertung auswirken. Da unter Veränderungen der Testprozeduren tendenziell Verschärfungen zu verstehen sind, wurden ganz konkret Abschlagsfaktoren bestimmt, mit denen die Bewertungsergebnisse für frühere Testjahre entsprechend abgesenkt wurden⁵. Dabei wurden die Testrahmenbedingungen des Jahres 2020 als Referenz herangezogen, d.h. die korrigierten Testergebnisse entsprachen somit dem hypothetischen Fall, dass in den Jahren 2009 bis 2019 bereits die Testprozeduren des Jahres 2020 gültig gewesen wären. Die Methodik und die Ergebnisse der Normierung der Testresultate auf das Referenzjahr 2020 sind im Bericht zur Vorgängeruntersuchung beschrieben (BÄUMER, HAUTZINGER und PFEIFFER 2022, Kap. 3.2.1).

Insofern können im Hinblick auf die Weiterführung der SPI-Zeitreihe die Euro NCAP-Ergebnisse für das Jahr 2020 ohne Korrekturen (bezüglich veränderter Testprozeduren) übernommen werden. Dasselbe gilt für die Ergebnisse der Jahre 2021 und 2022, da hier keine weiteren Änderungen in den Testprozeduren vorgenommen wurden. 2023 wurde das Testprogramm jedoch - wie oben angedeutet - erneut überarbeitet. Daraus ergibt sich auch hier wieder die Notwendigkeit, die Bewertungsergebnisse - für eben dieses Jahr - über die Abschätzung von Veränderungsfaktoren auf das Referenzjahr 2020 zu „normieren“. Zur zahlenmäßigen Bestimmung der Faktoren wurde wiederum auf Experteneinschätzungen zurückgegriffen (siehe nächster Abschnitt).

Für die Zusammenfassung der (korrigierten) Punktezahlen aus den 4 Bausteinen zu einem Gesamtwert wird das aktuelle Gewichtungsschema verwendet (Baustein 1: 0,4; übrige: jeweils 0,2). Die Zuweisung der Sternbewertung(en) basiert, wie bereits erwähnt, auf den Schwellenwerten des Jahres 2020 (Referenzjahr).

⁵ Die von der Expertengruppe ermittelten Abschlagsfaktoren für die einzelnen Testjahre wurden (je Baustein) auf den Anteil an Testpunkten, den ein Modell erzielt hat, angewendet und dieser dadurch entsprechend korrigiert. Die abschließende Übersetzung (Transformation) dieser neu berechneten Anteilswerte in Sterne erfolgte anhand der Schwellenwerte des Jahres 2020.

3.1.2 Experteneinschätzungen

Für die in Kap. 2.2 angedeuteten Revisionen des Testprogramms im Jahr 2023 gibt es kein ausreichend „objektives“ (d.h. aus der Testpraxis fundiert ableitbares) Verfahren, mit dem sich diese Veränderungen in die Neuberechnung der Bewertung mathematisch integrieren lassen. Insofern muss hier mit Expertenurteilen gearbeitet werden, um eine hinreichend valide quantitative Einschätzung zu erhalten, wie sich diese Veränderungen der Testprozeduren auf die Fahrzeugbewertung auswirken. Da sich durch diese Änderungen in aller Regel die Anforderungen an die Fahrzeugsicherheit erhöhen und das Jahr 2020 als Referenz benutzt werden soll, müssen im Gegensatz zum Vorgängerprojekt nun *Aufschlagsfaktoren* für die Testergebnisse 2023 gebildet werden, da die betreffenden Fahrzeugmodelle unter den 2020 gültigen Testbedingungen mit hoher Wahrscheinlichkeit eine bessere Bewertung erhalten hätten. Die entsprechend korrigierten Testergebnisse bilden somit den hypothetischen Fall ab, dass ein im Jahr 2023 getestetes Modell auf Basis der 2020 gültigen Testprozeduren bewertet worden wäre.

Die Expertengruppe setzte sich auch hier wieder aus Mitarbeitenden der BASt in den Bereichen Aktive und Passive Fahrzeugsicherheit zusammen. Die von der Expertengruppe erarbeiteten Ergebnisse (in Form prozentualer Aufschläge) sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Details zur Berechnung der Faktoren finden sich im Anhang.

Testjahr	Baustein 1	Baustein 2	Baustein 3	Baustein 4
	Erhöhung des ursprünglichen Euro NCAP-Prozentwertes (Anteil erreichter Punkte) um ... %			
2020	0,0	0,0	0,0	0,0
2021	0,0	0,0	0,0	0,0
2022	0,0	0,0	0,0	0,0
2023	9,5	6,5	31,7	22,1

Tabelle 4: Ergebnis der Expertenbewertung der Euro NCAP-Protokolländerungen seit 2020 (Referenzjahr: 2020)

In den Jahren 2020 bis 2022 haben alle Faktoren den Wert Null, weil 2020 als Referenzjahr festgelegt wurde (Teständerungen bis einschließlich 2020 wurden im Vorgängerprojekt bereits berücksichtigt) und in den beiden Folgejahren keine Änderungen im Testprogramm stattgefunden haben. In 2023 liegen die Gründe für die zum Teil relativ hohen Aufschläge vor allem in der Aufnahme neuer Testprozeduren (Reaktion des Pkw-AEB auf motorisierte Zweiräder in Baustein 3) und Testszenarien (AEB Pkw-Pkw in Baustein 4).

Bei der Anwendung dieser Faktoren auf die Ergebnisse 2023 kommt es in den Bausteinen 1, 3 und 4 bei einigen ohnehin schon gut bewerteten Fahrzeugmodellen dazu, dass damit rechnerisch der Anteilswert auf über 100 % ansteigen würde. In diesen Fällen wurde eine entsprechende Deckelung des jeweiligen Bausteinwertes auf 100 % vorgenommen.

3.1.3 Ergebnisse

Tabelle 5 zeigt die Euro NCAP-Testergebnisse (durchschnittlicher Prozentwert erreichter Punkte) 2020 bis 2023 vor und nach Anwendung der Veränderungsfaktoren.

Testjahr	Baustein 1		Baustein 2		Baustein 3		Baustein 4		Gesamtbewertung	
	urspr.	neu	urspr.	neu	urspr.	neu	urspr.	neu	urspr.	neu
	mittlerer Prozentwert (durchschnittlicher Anteil erreichter Punkte)									
2020	85,0	85,0	83,9	83,9	69,4	69,4	77,9	77,9	80,3	80,3
2021	83,3	83,3	82,8	82,8	66,5	66,5	74,2	74,2	78,0	78,0
2022	87,4	87,4	86,2	86,2	72,8	72,8	81,2	81,2	83,0	83,0
2023	87,2	94,9	86,2	91,8	80,4	99,1	77,7	94,3	83,7	95,0

Tabelle 5: Mittlerer Prozentwert (durchschnittlicher Anteil erreichter Punkte) vor und nach der Datenaufbereitung gegliedert nach Baustein und Testjahr (Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2020 - 2023)

Im Grundsatz entspricht das jeweilige Verhältnis zwischen neuem und ursprünglichem Mittelwert den in Tabelle 4 angegebenen Faktoren. Aufgrund der angesprochenen teilweisen Deckelung der „neuen“ Werte trifft dies 2023 jedoch nur noch auf den Baustein 2 zu.

In den Jahren 2020 bis 2022 gibt es aus den oben genannten Gründen keinen Unterschied zwischen den ursprünglichen und den „neuen“ Werten. Dasselbe gilt dann auch für die in „Anzahl Sterne“ transformierte Euro NCAP-Punktebewertung (Tabelle 6).

Testjahr	Baustein 1		Baustein 2		Baustein 3		Baustein 4		Gesamtbewertung ¹	
	urspr.	neu ²	urspr.	neu ²	urspr.	neu ²	urspr.	neu ²	urspr.	neu ²
	durchschnittliche Anzahl Sterne									
2020	4,77	4,77	4,92	4,92	4,92	4,92	4,77	4,77	4,77	4,77
2021	4,55	4,55	4,68	4,68	4,63	4,63	4,37	4,37	4,29	4,29
2022	4,91	4,91	4,95	4,95	5,0	5,0	4,83	4,83	4,79	4,79
2023	4,88	5,0	5,0	5,0	4,94	5,0	4,88	5,0	4,82	5,0

¹ Einschließlich Balancing.

² Für die Sternezuordnung der neu berechneten Anteile erreichter Punkte wurden die Schwellenwerte 2020-2022 verwendet.

Tabelle 6: Durchschnittliche Sternenzahl vor und nach der Datenaufbereitung gegliedert nach Baustein und Testjahr (Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2020 - 2023)

Für 2023 ergibt sich bezüglich der neu berechneten Werte in allen Bausteinen ein Mittelwert von 5,0 Sternen. Alle in diesem Jahr getesteten Modelle erreichen somit in allen Bausteinen die Höchstbewertung. Dies liegt - wie bereits erläutert - insbesondere an den entsprechenden Aufschlagsfaktoren. Dass zur Vereinheitlichung der Zeitreihe die Schwellenwerte des Referenzjahres 2020 (siehe Tabelle 3) benutzt werden, hat demgegenüber nur einen geringen Einfluss.

3.2 Verknüpfung von Euro NCAP- und Pkw-Bestandsdaten

3.2.1 Identifikation der vor 2020 getesteten Modelle in den Pkw-Beständen 1.1.2021 bis 1.1.2024

In einem ersten Schritt waren die zwischen 2009 und 2019 im Rahmen von Euro NCAP getesteten Fahrzeugmodelle in den aktuell betrachteten ZFZR-Beständen (1.1.2021 bis 1.1.2024) zu identifizieren und den im Bestand vorhandenen Fahrzeugen das jeweils erzielte - und auf das Referenzjahr 2020 normierte - Testergebnis zuzuweisen. Für das Testjahr 2019 sind noch 7 Fahrzeugmodelle hinzugekommen, die in der Vorgängeruntersuchung nicht berücksichtigt werden konnten, da die Testergebnisse erst zu einem späteren Zeitpunkt (nach Projektende) von Euro NCAP veröffentlicht wurden.

Die Identifikation der getesteten Fahrzeugmodelle in den Bestandsdaten erfolgte anhand der ZFZR-Merkmale Fabrikatcode und Modellcode. Für die Zuordnung des Testergebnisses zur jeweiligen Modellgeneration wurde wie in der Vorgängeruntersuchung das Jahr der Erstzulassung herangezogen, weil das - eigentlich hierfür benötigte - Merkmal „Baujahr“ nicht in den ZFZR-Daten enthalten ist. Dies bedeutet, dass in den Bestandsdaten für jedes getestete Modell die ermittelte Modellgeneration (z.B. VW Golf VII) über die Zusammenfassung der entsprechenden Erstzulassungsjahre abgebildet wird⁶.

Fahrzeugen, die bereits in den im Vorgängerprojekt betrachteten Pkw-Beständen enthalten waren (bis Stichtag 1.1.2020, also Erstzulassung bis einschließlich 2019) wurde weiterhin das für sie ermittelte (und damals neu berechnete) Testergebnis zugeordnet. Im Hinblick auf die in den jetzt betrachteten Beständen (ab 1.1.2021) neu hinzugekommenen Fahrzeuge (also Erstzulassung ab 2020) wurde zudem bei jedem der über 400 bis zum Jahr 2019 getesteten Modelle überprüft, ob die seinerzeit dem Test zugrunde liegende Modellgeneration noch aktuell ist und somit das (modifizierte) Ergebnis den entsprechenden Fahrzeugen im Bestand zugewiesen werden kann.

Beispiel:

Wurde ein Modell im Jahr 2018 getestet und 2022 durch eine neue Generation ersetzt, so wurde nur den Fahrzeugen mit Erstzulassungsjahr bis 2021 das Testergebnis aus 2018 zugeordnet. Fahrzeuge mit Erstzulassungsjahr ab 2022 erhalten, sofern ein Test durchgeführt wurde, dann das Testresultat der neuen Generation (siehe Abschnitt 3.2.2). Ohne Test der neuen Modellgeneration entfällt deren Bewertung, da die Unterschiede zwischen zwei Modellgenerationen oft so groß sind, dass es nicht gerechtfertigt erscheint, das Testergebnis der Vorgängergeneration einfach auf die nachfolgende zu übertragen.

⁶ Diesem Vorgehen liegt die Annahme zugrunde, dass ein im Jahr x erstmals für den Verkehr zugelassenes Fahrzeug zur im Jahr x aktuellen Modellgeneration gehört. Diese Annahme dürfte nicht in allen Fällen zutreffen, der zu erwartende Fehler wird jedoch als sehr gering eingeschätzt.

Handelt es sich dagegen nicht um eine neue Modellgeneration, sondern nur um einen Facelift der bisherigen Generation (ohne neuen Test), so wurde - insbesondere bei einem positiv bestätigten „Facelift-Review“ - auch den nach dem Facelift erstmals für den Verkehr zugelassenen Fahrzeugen das Testergebnis von - in diesem Beispiel - 2018 zugewiesen.

3.2.2 Identifikation der ab 2020 getesteten Modelle in den Pkw-Beständen 1.1.2021 bis 1.1.2024

Für die Fortführung des SPI zur Fahrzeugsicherheit müssen die - neu berechneten - Euro NCAP-Ergebnisdaten (Anteil erreichter Punkte, Anzahl Sterne) für die ab 2020 getesteten Pkw-Modelle mit den aktuellen ZFZR-Beständen (1.1.2021 bis 1.1.2024) verknüpft werden (matching). Die Verknüpfung der ZFZR-Bestandsdaten mit den (korrigierten) Euro NCAP-Bewertungsdaten erfolgt über einen Algorithmus, der im Kern auf den Merkmalen Fabrikat- und Modellcode basiert. In diesem Zusammenhang ist es auch erforderlich, die in Euro NCAP getestete Baureihe (Modellgeneration) des jeweiligen Modells im Bestand zu identifizieren, da sich Euro NCAP-Tests auch auf neue Generationen eines vorhandenen Modells beziehen können. Allerdings stehen - wie bereits erwähnt - Informationen wie Modellgeneration oder Baujahr in den ZFZR-Daten nicht zur Verfügung. Daher muss neben den Merkmalen Marke und Modell auf das Jahr der Erstzulassung zurückgegriffen werden, um eine Verknüpfung mit den Euro NCAP-Daten herstellen zu können: Die Baureihe eines Modells (gemäß einschlägiger Autokataloge im Internet) wird dabei über die Zusammenfassung von entsprechenden Erstzulassungsjahren abgebildet. Darüber hinaus werden auch Facelifts von Fahrzeugen (falls getestet) im Matching-Algorithmus berücksichtigt.

Auf Basis der genannten Merkmale war es nicht in allen Fällen möglich, das jeweils getestete Modell (bzw. Modellgeneration) im Bestand eindeutig zu identifizieren. Daher wurden nach Bedarf weitere Merkmale für das Matching herangezogen. Dies betrifft zum einen den Code zur Kraftstoff-/ Energiequelle zur Identifikation von Elektro- oder Hybridfahrzeugen (z.B. Fiat 500e). Zum anderen wurde die Aufbauart⁷ benutzt, um Modelle zu separieren, die im ZFZR denselben Modellcode aufweisen. Ein Beispiel hierfür ist die Unterscheidung von BMW 2-er Active Tourer und BMW 2-er Coupé (beide im Jahr 2022 getestet). Darüber hinaus mussten in einigen Fällen auch Klartexteinträge (wie Herstellerbezeichnung (nicht normiert), Handelsname und -bezeichnung) zur eindeutigen Identifikation eines Modells verwendet werden. Ein Beispiel hierfür ist der Mercedes EQE, der im ZFZR gemäß Modellcode zur E-Klasse gehört.

In Euro NCAP werden auch Modelle getestet, die gemäß Hersteller- und Typenverzeichnis der Fahrzeugklasse N1 oder N1G angehören (Nutzfahrzeuge). Diese Fahrzeuge sind somit nicht in den Daten zum Pkw-Bestand enthalten. In den Testjahren 2020 bis 2023 betraf dies die folgenden 4 Modelle (Testjahr in Klammern): Ford Ranger (2022), Isuzu D-Max (2020), Isuzu D-Max Crew Cab (2022) und VW Amarok (2022). Darüber hinaus sind auch einige Pkw-Modelle nicht in den Bestandsdaten bis zum 1.1.2024 auffindbar. Bei den Modellen „BYD Seal-U“, „XPENG P7“ und „XPENG G9“ (alle in 2023 getestet) liegt dies daran, dass die entsprechenden Fahrzeuge erst ab dem Jahr 2024 in Deutschland verkauft wurden. Schließlich ist auch das Modell „Mobilize Limo“ nicht in den Bestandsdaten zu identifizieren.

⁷ Beide Merkmale wurden über die Hersteller- und Typschlüsselnummer aus dem Verzeichnis „Hersteller und Typen“ (SV 4) zugespielt. Für „ungetypte“ Fahrzeuge sind diese Merkmale somit nicht bekannt.

3.3 Matching-Quote

Der Pkw-Bestand über alle hier betrachteten Stichtage (1.1.2021 bis 1.1.2024) beträgt ca. 191,27 Mio. Fahrzeuge, wobei Pkw, die über mehrere Jahre im Bestand sind, entsprechend mehrfach gezählt werden. 59,9 % dieser Fahrzeuge konnte eine Euro NCAP-Bewertung zugeordnet werden (Matching-Quote). Wie erwähnt, werden bei der Verknüpfung der Daten nur die zwischen 2009 und 2023 in Euro NCAP getesteten Pkw-Modelle berücksichtigt. Insofern erhalten nur wenige Fahrzeuge eine Sternebewertung, deren Erstzulassungsjahr vor 2009 liegt (dies sind immerhin rund 28 % des Gesamtbestandes 1.1.2021 bis 1.1.2024). Hier liegt die Matching-Quote bei nur ca. 3 %. Demgegenüber konnte über 81 % der Fahrzeuge mit Erstzulassungsjahr ab 2009 eine Bewertung zugewiesen werden. In den 4 Einzelbeständen ergeben sich die folgenden Matching-Quoten für Fahrzeuge mit Erstzulassung ab 2009:

- Bestand zum 1.1.2021: 80,0 %
- Bestand zum 1.1.2022: 81,2 %
- Bestand zum 1.1.2023: 82,1 %
- Bestand zum 1.1.2024: 82,4 %

Dass die Quote nicht 100 % beträgt, liegt zum einen daran, dass nicht alle Pkw-Modelle bzw. Modellgenerationen einem Euro NCAP-Test unterzogen werden. Zum anderen sind bei einem kleinen Teil der im ZFZR gespeicherten Fahrzeuge Fabrikat- und/ oder Modellcode unbekannt.

3.4 Imputation

Pkw mit Erstzulassung ab 2009, denen keine Bewertung zugeordnet werden konnte (weil nicht getestet oder im ZFZR nicht eindeutig identifizierbar), wurde der Mittelwert der bausteinspezifischen Euro NCAP-Bewertung nach Pkw-Segment und Erstzulassungsjahr zugewiesen („Imputation“). Fahrzeugen ohne Bewertung, die vor 2009 erstmals für den Verkehr zugelassen wurden, wurde - analog zur Vorgängerstudie - der Wert „0 Prozent erreichte Punkte“ bzw. „0 Sterne“ zugeordnet.

Führt man die Imputation in der beschriebenen Form durch (Erstzulassung vor 2009 und fehlende Bewertung: Bewertung 0 einsetzen; Erstzulassung ab 2009 und fehlende Bewertung: Mittelwertimputation nach Erstzulassungsjahr und Segment), verbleiben 331.395 Fahrzeuge, bei denen die Mittelwertimputation zu keinem Ergebnis führt. Das sind nur noch 0,17 % des Gesamtbestands 2021 bis 2024, wobei viele von diesen Fahrzeugen in mehreren Beständen enthalten sind und somit auch mehrfach gezählt werden. Fahrzeuge ohne (imputierte) Bewertung finden sich ausschließlich in den Segmenten „Oberklasse“ und „Sonstige“. Im Segment „Sonstige“ liegt die Ursache darin, dass es sich hier durchweg um Pkw mit unbekanntem Modellcode handelt. Bei den Oberklasse-Fahrzeugen ist es so, dass in manchen Erstzulassungsjahren kein Euro NCAP-Testergebnis für irgendein Fahrzeugmodell aus diesem Segment vorhanden ist.

4 Ergebnisse

4.1 Fortführung der Zeitreihe zum SPI für Fahrzeugsicherheit

Im Ergebnis führt die Hochrechnung dazu, dass (pro betrachtetem Jahr) für die gesamte Pkw-Flotte wieder Durchschnittswerte für die neu berechnete und vereinheitlichte „Sternzahl gemäß Euro NCAP (0 bis 5)“ abgeleitet werden können.

Analog zum Vorläuferprojekt wird als Safety Performance Indikator die mittlere bausteinspezifische Sternbewertung herangezogen. Dabei werden pro betrachtetem Bezugszeitpunkt des Bestands (z.B. 1.1.2021 für SPI 2020) für die gesamte Pkw-Flotte bausteinspezifische Durchschnittswerte des Merkmals „Anzahl Sterne gemäß Euro NCAP (0 bis 5)“ berechnet. Diese vier Mittelwerte lassen sich als „auf 2020 referenzierte bausteinspezifische Safety Performance Indikatoren der Pkw-Flotte“ charakterisieren. Aus diesen vier Indikatoren wird dann noch ein Safety Performance Gesamtindikator berechnet (gewichteter Mittelwert, bei dem - in Analogie zum Euro NCAP-Verfahren - die Bewertungen der vier Bausteine im Verhältnis 40:20:20:20 gewichtet werden). Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse für die gesamte Zeitreihe von 2013 bis 2023.

Bestandsstichtag/ Bezugsjahr SPI	Baustein 1	Baustein 2	Baustein 3	Baustein 4	Gesamt
	SPI der Pkw-Flotte				
1.1.2014 / 2013	0,60	1,24	0,60	0,02	0,63
1.1.2015 / 2014	0,70	1,45	0,73	0,04	0,74
1.1.2016 / 2015	0,82	1,67	0,89	0,09	0,87
1.1.2017 / 2016	0,94	1,88	1,04	0,14	1,00
1.1.2018 / 2017	1,09	2,10	1,22	0,22	1,14
1.1.2019 / 2018	1,24	2,32	1,40	0,31	1,30
1.1.2020 / 2019	1,41	2,53	1,60	0,45	1,48
1.1.2021 / 2020	1,56	2,71	1,78	0,59	1,64
1.1.2022 / 2021	1,70	2,87	1,94	0,73	1,79
1.1.2023 / 2022	1,83	2,99	2,09	0,87	1,93
1.1.2024 / 2023	1,98	3,12	2,23	1,03	2,07

Tabelle 7: Bausteinspezifische SPI und SPI (Gesamt) der Pkw-Flotte gegliedert nach Bestandsstichtag (Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2009 - 2023; ZFZR 2014 - 2024)

Die Resultate zeigen, dass die im aktuellen Vorhaben erzeugten Indikatorwerte für die Jahre 2020 bis 2023 die - im Vorgängerprojekt ermittelten - steigenden Trends fortsetzen. In allen Jahren erzielt Baustein 2 (Schutz von Kindern im Fahrzeug) die beste Bewertung, bei Baustein 4 (Assistenzsysteme) ist das Umgekehrte der Fall. Allerdings weist der Baustein 4 zwischen Beginn und Ende der gesamten Zeitreihe die größten Veränderungen auf. Allein zwischen 2019 und 2023 hat sich der Wert des diesbezüglichen SPI mehr als verdoppelt (von 0,45 auf 1,03). Im Bereich der Assistenzsysteme (Baustein 4) ist also - verglichen mit den anderen Bausteinen - trotz des niedrigen Niveaus eine deutlich stärkere Dynamik zu verzeichnen.

Generell hat die Zunahme der SPI-Werte über die Zeit natürlich auch damit zu tun, dass der Anteil der älteren Fahrzeuge im Bestand über die Jahre kontinuierlich abnimmt (Fahrzeugen mit Erstzulassung vor 2009 und fehlendem Testresultat wurde ja eine Bewertung mit 0 Sternen zugeordnet). Dass es sich jedoch keineswegs nur um einen rein statistischen Effekt handelt, zeigt sich, wenn man nur Fahrzeuge mit Erstzulassung ab 2009 in die Analyse einbezieht. Hier steigt z.B. der SPI (Gesamt) von 2,38 im Jahr 2020 auf 2,71 in 2023 (2021: 2,49; 2022: 2,60). Auch bei den SPIs der einzelnen Bausteine findet sich auf dieser Datenbasis jeweils ein monotoner Anstieg in diesem Zeitraum. Aufgrund der Normierung der Testergebnisse auf das Referenzjahr 2020 manifestiert sich darin ein realer Zuwachs an Fahrzeugsicherheit in der Pkw-Flotte.

Im Folgenden werden die vier bausteinspezifischen SPI-Werte sowie der SPI-Gesamtwert noch nach Pkw-Segmenten gemäß ZFZR gegliedert. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auf das gering besetzte Segment „Sonstige“ verzichtet.

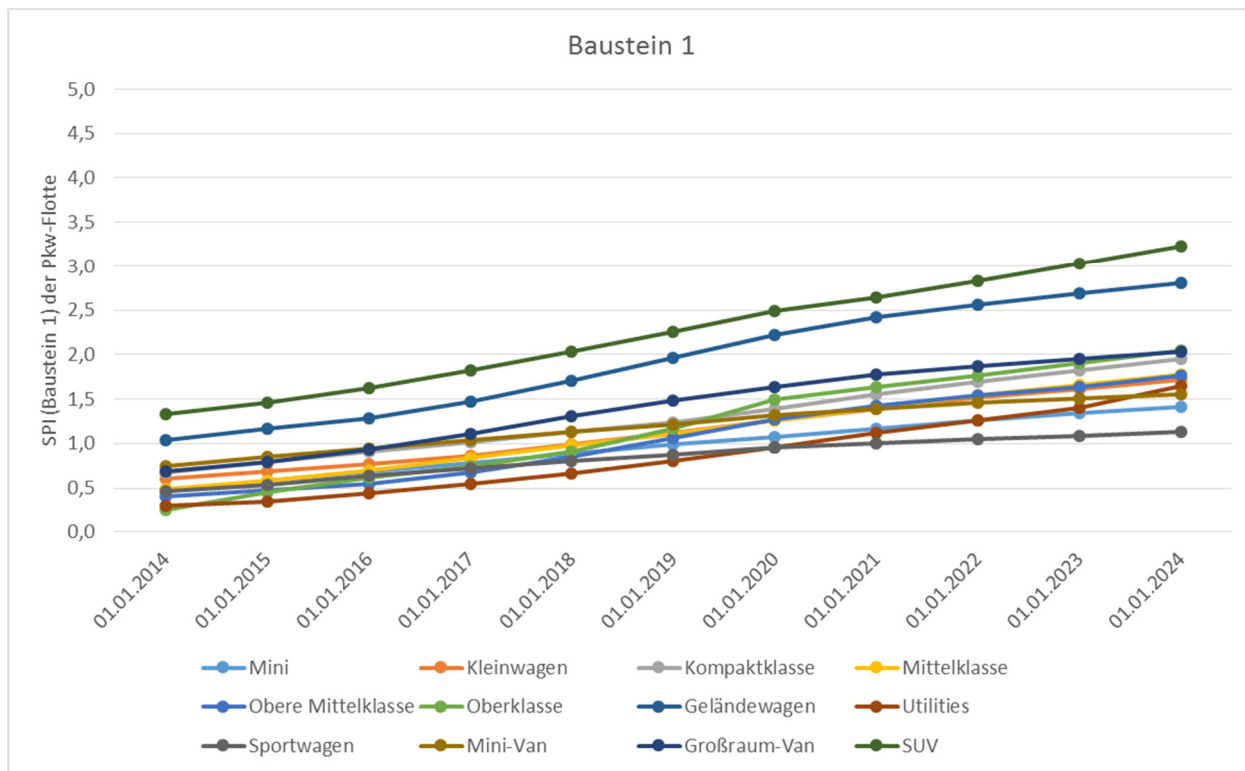


Bild 1: SPI (Baustein 1) der Pkw-Flotte gegliedert nach Pkw-Segment und Bestandsstichtag (Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2009 – 2023; ZFZR 2014 - 2024)

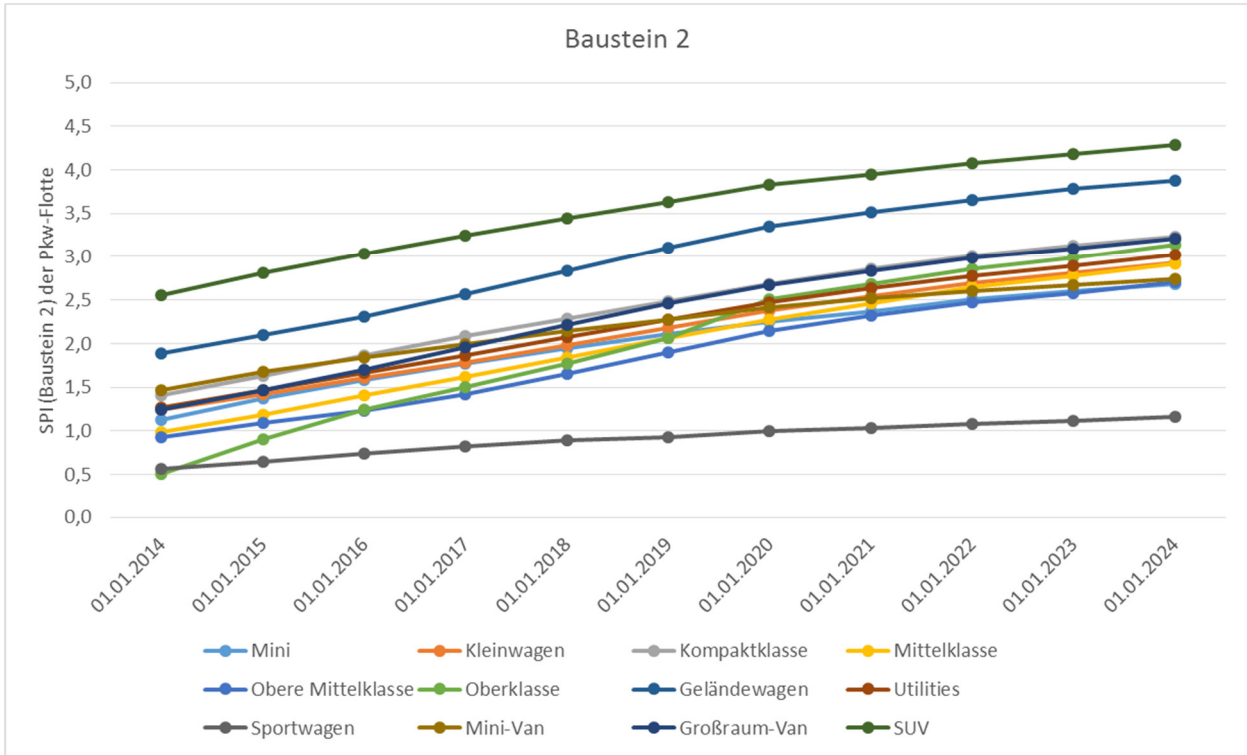


Bild 2: SPI (Baustein 2) der Pkw-Flotte gegliedert nach Pkw-Segment und Bestandsstichtag (Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2009 – 2023; ZFZR 2014 - 2024)

Beim Insassenschutz (Erwachsene - Baustein 1 und Kinder - Baustein 2) erzielt in allen betrachteten Jahren das Segment „SUV“ den höchsten SPI-Wert (Bild 1 und Bild 2). An zweiter Stelle liegen - ebenfalls zu allen Zeitpunkten - Geländewagen. Die größte Dynamik hinsichtlich des Insassenschutzes hat bei Fahrzeugen der Oberklasse stattgefunden. Zu Beginn der Zeitreihe weisen diese in beiden Bausteinen den niedrigsten SPI auf, im neuesten verfügbaren Bestand zum 1.1.2024 gehört dieses Segment zu den 4 am besten bewerteten. Speziell beim Schutz von Kindern im Fahrzeug (Baustein 2) fällt die stark unterdurchschnittliche Entwicklung des SPI im Segment „Sportwagen“ auf. Hier gilt es allerdings generell zu bedenken, dass dieses Segment zu einem hohen Anteil aus älteren Fahrzeugen besteht. Bei knapp 58 % der Sportwagen im Gesamtbestand 2021-2024 liegt das Jahr der ersten Zulassung vor 2009⁸, was ja eine 0-Sterne-Bewertung impliziert. Die Vielzahl an solchen älteren Fahrzeugen hat entsprechend vermindernde Auswirkungen auf die SPIs der gesamten Zeitreihe.

⁸ Über alle Segmente liegt der Wert bei rund 28 %.

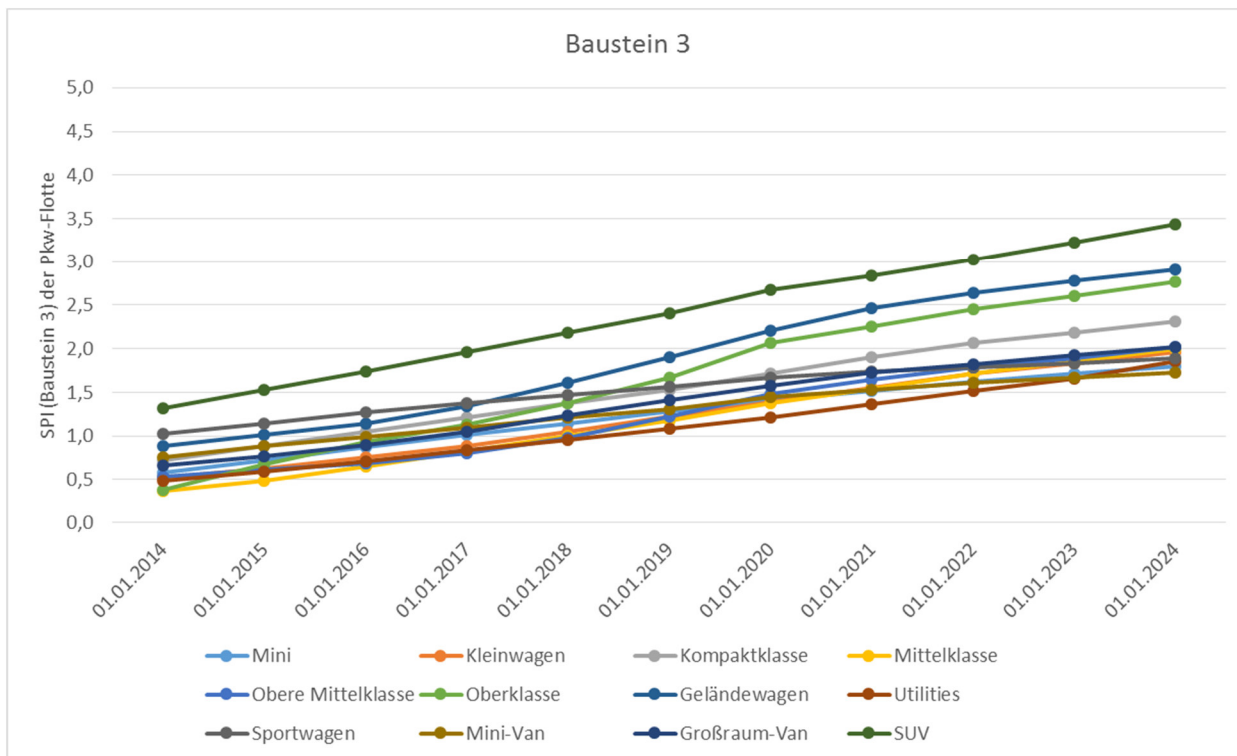


Bild 3: SPI (Baustein 3) der Pkw-Flotte gegliedert nach Pkw-Segment und Bestandsstichtag (Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2009 – 2023; ZFZR 2014 - 2024)

Die Struktur der Zeitreihe in Baustein 3 (Schutz schwächerer Verkehrsteilnehmer) ist der in den Bausteinen 1 und 2 relativ ähnlich (Bild 3): SUV haben durchweg den höchsten SPI, Geländewagen stehen - zumindest seit 2018 - an 2. Stelle, der SPI im Segment Oberklasse weist den größten Zuwachs auf. Im Hinblick auf die SUV ist generell zu erwähnen, dass es sich hier um ein vergleichsweise neues Segment handelt. Von allen Segmenten findet sich hier mit etwa 3 % des Gesamtbestandes 2021-2024 der niedrigste Anteil an Fahrzeugen, die vor 2009 zum ersten Mal für den Verkehr zugelassen wurden. Dementsprechend gibt es nur wenige Fahrzeuge, denen im Rahmen der Imputation eine 0-Sterne-Bewertung zugeordnet wurde. In etwas abgeschwächter Form gilt dies auch für Geländewagen. Bei diesen liegt der Anteil an „Altfahrzeugen“ im Gesamtbestand 2021-2024 bei rund 13 %, das ist der zweitniedrigste Wert aller Segmente.

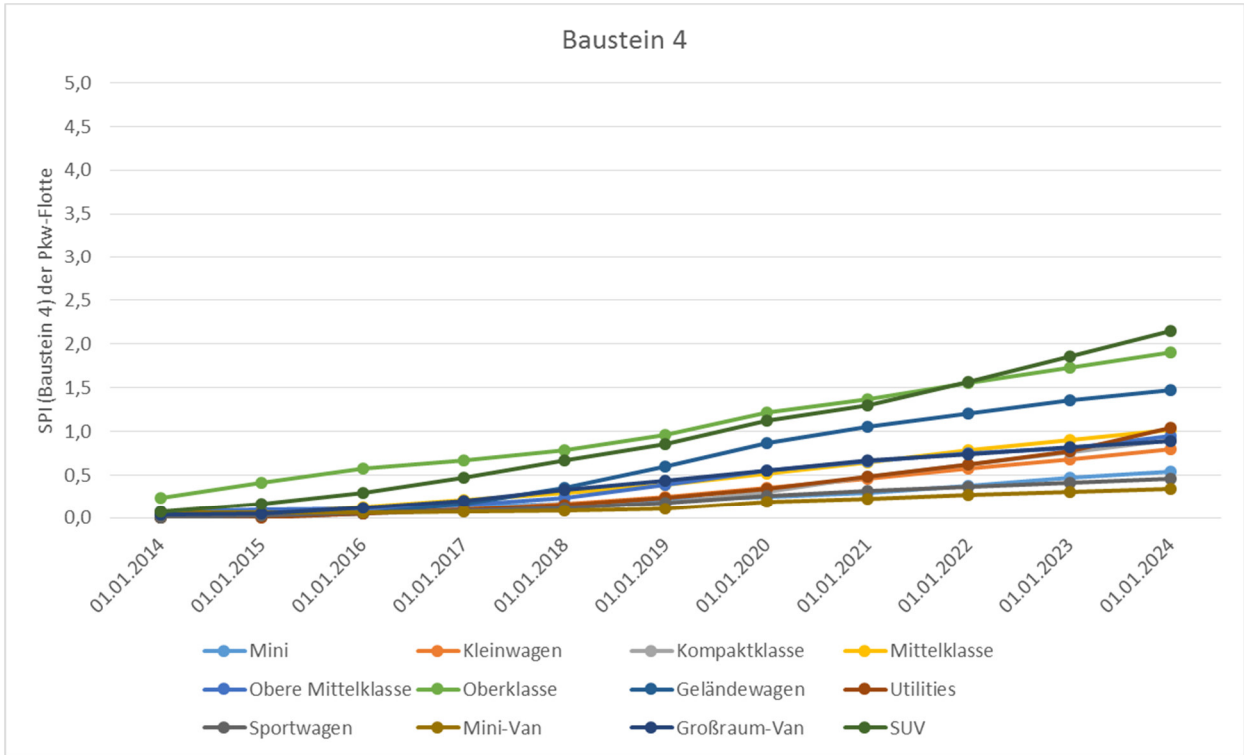


Bild 4: SPI (Baustein 4) der Pkw-Flotte gegliedert nach Pkw-Segment und Bestandsstichtag (Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2009 – 2023; ZFZR 2014 - 2024)

Die Zeitreihe in Baustein 4 (Assistenzsysteme) unterscheidet sich von den anderen vor allem dadurch, dass hier die Fahrzeuge der Oberklasse zu allen betrachteten Zeitpunkten einen hohen bzw. den höchsten SPI aufweisen (Bild 4). Im Zeitverlauf erreichen auch die Werte bei SUV und Geländewagen einen deutlichen Zugewinn. Relativ wenig Dynamik im Hinblick auf die Ausstattung mit Assistenzsystemen ist dagegen bei Minis, Sportwagen und Mini-Vans zu erkennen.

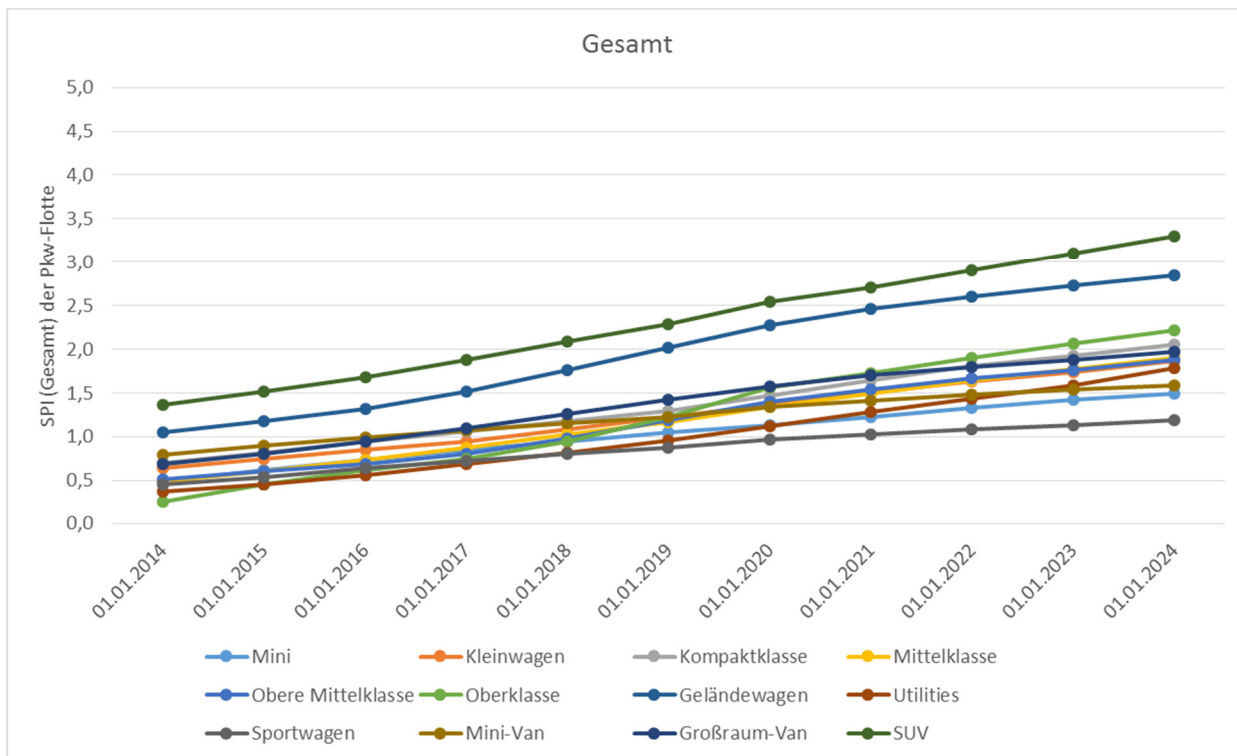


Bild 5: SPI (Gesamt) der Pkw-Flotte gegliedert nach Pkw-Segment und Bestandsstichtag (Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2009 – 2023; ZFZR 2014 - 2024)

Wie bereits erwähnt, wurde aus den vier Einzelindikatoren ein Safety Performance Gesamtindikator berechnet. Es handelt sich dabei um einen gewichteter Mittelwert, in den die Bewertungen der vier Bausteine im Verhältnis 40:20:20:20 eingehen (Bild 5). Der Schutz erwachsener Insassen (Baustein 1) erhält somit im Verhältnis zu den anderen Bausteinen ein doppelt so hohes Gewicht. Wie bei den Einzelindikatoren steigt auch der SPI (Gesamt) im betrachteten Zeitraum in allen Segmenten monoton an. SUV's und Geländewagen nehmen zu allen Zeitpunkten die ersten beiden Plätze ein und dies mit relativ deutlichem Abstand zu den anderen Pkw-Segmenten. Die größte Dynamik hinsichtlich des SPI-Anstiegs findet sich bei Fahrzeugen der Oberklasse.

4.2 Safety Performance Indikator und Unfallgeschehen

Im Folgenden wird untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen den vier Sicherheitsindikatoren (SPI [Baustein k]) für die Pkw-Flotte und den entsprechenden Verunglücktenzahlen aus der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik gibt. Hierfür werden die im Vorgängerprojekt entwickelten statistischen Modelle in leicht modifizierter Form auf die nun bis 2023 ergänzte Zeitreihe der bausteinspezifischen SPI (und der Unfalldaten) angewandt.

Im nächsten Abschnitt werden zunächst die auf den jeweiligen SPI abgestimmten Unfalldaten dargestellt. Da für jeden Euro NCAP-Baustein ein separater Flotten-SPI gebildet wurde, können bzw. sollten auch die Unfalldaten - als zu erklärende Größe in der Analyse - auf den jeweiligen Baustein zugeschnitten sein. Die zeitliche Entwicklung der bausteinspezifischen SPI's (dargestellt in Tabelle 7) wird deshalb der Entwicklung der Zahl der verunglückten Erwachsenen, Kinder, Fußgänger etc. gegenübergestellt.

4.2.1 Unfalldaten

In Baustein 1 (Schutz erwachsener Insassen) wird auf der Unfallseite die Zahl der pro Jahr verunglückten Pkw-Benutzer ab 12 Jahre herangezogen, die entsprechenden Werte sind in Tabelle 8 zusammengefasst (ohne Verunglückte mit fehlender Altersangabe).

Unfalljahr	Getötete	Schwerverletzte	Leichtverletzte	Summe
2013	1.565	27.287	175.362	204.214
2014	1.556	28.042	178.925	208.523
2015	1.592	28.647	182.415	212.654
2016	1.503	28.809	184.532	214.844
2017	1.420	28.444	181.210	211.074
2018	1.397	27.833	174.915	204.145
2019	1.343	27.271	170.427	199.041
2020	1.157	21.310	130.687	153.154
2021	1.099	21.478	133.825	156.402
2022	1.169	21.533	143.497	166.199
2023	1.181	19.690	151.822	172.693

Tabelle 8: Verunglückte Pkw-Benutzer (Fahrer und Mitfahrer) ab 12 Jahre gegliedert nach Unfallfolge und -jahr (Quelle: DESTATIS: Verkehrsunfälle, Fachserie 8, Reihe 7, div. Jahrgänge bis 2021)

Im Analysemodell besteht somit die abhängige Variable aus der jährlichen Zahl der verunglückten/ getöteten/ schwer verletzten/ leicht verletzten Pkw-Benutzer ab 12 Jahre. Insgesamt werden somit 4 Modelle geschätzt. Als erklärende Variable dienen jeweils der SPI in Baustein 1 und weitere Merkmale (siehe hierzu Kapitel 4.2.2).

Für die Modellschätzungen im Zusammenhang mit Baustein 2 (Schutz von Kindern im Fahrzeug) wird die Zahl der pro Jahr verunglückten Pkw-Benutzer unter 12 Jahre als abhängige Variable herangezogen (Tabelle 9, ohne Verunglückte mit fehlender Altersangabe).

Unfalljahr	Getötete	Schwerverletzte	Leichtverletzte	Summe
2013	22	940	6.987	7.949
2014	19	952	7.353	8.324
2015	28	916	7.490	8.434
2016	27	1.007	7.743	8.777
2017	14	1.043	7.647	8.704
2018	23	1.009	7.531	8.563
2019	20	1.016	7.300	8.336
2020	12	655	5.164	5.831
2021	18	701	5.180	5.899
2022	21	734	6.168	6.923
2023	9	671	6.749	7.429

Tabelle 9: Verunglückte Pkw-Benutzer bis unter 12 Jahre (Kinder) gegliedert nach Unfallfolge und -jahr (Quelle: DESTATIS: Verkehrsunfälle, Fachserie 8, Reihe 7, div. Jahrgänge bis 2021)

Die Unfalldaten für Baustein 3 umfassen Fußgänger und Radfahrer (einschl. Pedelecs), die bei Kollisionen mit Pkw verunglückt sind (Tabelle 10). Diese Zahlen werden bei DESTATIS nur für Unfälle mit genau 2 Beteiligten (also 1 beteiligter Pkw und 1 beteiligter Radfahrer bzw. Fußgänger) ausgewiesen.

Unfalljahr	Getötete		Schwerverletzte		Leichtverletzte		Summe	
	Fußgänger	Radfahrer	Fußgänger	Radfahrer	Fußgänger	Radfahrer	Fußgänger	Radfahrer
2013	322	138	5.518	6.118	16.044	36.106	21.884	42.362
2014	284	133	5.513	6.847	15.504	39.495	21.301	46.475
2015	317	156	5.599	6.777	16.150	39.392	22.066	46.325
2016	268	166	5.461	6.767	16.442	40.541	22.171	47.474
2017	271	137	5.341	6.444	16.042	39.590	21.654	46.171
2018	246	167	5.147	6.887	16.077	43.051	21.470	50.105
2019	245	172	4.830	6.449	15.719	41.628	20.794	48.249
2020	205	154	3.578	6.169	12.232	39.092	16.015	45.415
2021	165	136	3.222	5.466	11.766	35.684	15.153	41.286
2022	190	174	3.642	5.771	13.672	41.851	17.504	47.796
2023	228	178	3.646	5.112	15.182	40.916	19.056	46.206

Tabelle 10: Bei Kollisionen mit Pkw verunglückte Fußgänger und Radfahrer (einschl. Pedelecs) gegliedert nach Unfallfolge und -jahr (Quelle: DESTATIS: Verkehrsunfälle, Fachserie 8, Reihe 7, div. Jahrgänge bis 2021)

Der SPI des Bausteins 4 bezieht sich auf Assistenzsysteme zur Unfallvermeidung. Daher erscheint es hier naheliegend, auf der Unfallseite die Zahl der an Unfällen mit Personenschaden beteiligten Pkw-Fahrer heranzuziehen. Dabei kann die Zahl der Hauptverursacher nochmals separat betrachtet werden (Tabelle 11). Die Analyse wird auf Unfälle mit Personenschaden fokussiert, weil diese in besonderem Maße durch Assistenzsysteme vermieden werden sollen. Darüber hinaus ist hier die Dunkelzifferproblematik im Vergleich zu Sachschadensunfällen weniger stark ausgeprägt.

Unfalljahr	Beteiligte Pkw-Fahrer	
	Insgesamt	davon: Hauptverursacher
2013	359.808	201.194
2014	371.095	206.637
2015	378.156	209.950
2016	381.354	211.460
2017	372.144	206.413
2018	369.050	206.041
2019	357.327	199.369
2020	286.079	163.103
2021	283.352	160.771
2022	309.332	176.661
2023	317.764	180.049

Tabelle 11: An Unfällen mit Personenschaden beteiligte Pkw-Fahrer gegliedert nach Unfalljahr (Quelle: DESTATIS)

In allen Unfall-Tabellen ist deutlich zu erkennen, dass ab dem Jahr 2020 ein durch die Corona-Epidemie ausgelöster Strukturbruch in den Zeitreihen entstanden ist.

Schließlich soll auch noch der Zusammenhang zwischen dem Gesamt-SPI (siehe Tabelle 7) und der Gesamtheit der für Euro NCAP relevanten (= bisher dargestellten) Unfallmerkmale betrachtet werden. Da es sich bei diesen Unfallmerkmalen einerseits um verunglückte Personen (Pkw-Benutzer sowie bei Kollisionen mit Pkw verunglückte Radfahrer und Fußgänger) und andererseits um unfallbeteiligte Pkw handelt, können die entsprechenden Anzahlen nicht einfach addiert, sondern nur nach einer entsprechenden Monetarisierung, also über die Umrechnung in Unfallkosten, zusammengefasst werden. Hierfür wurden die jahresbezogenen Unfallkostensätze der BASt (Stand: Januar 2024) für Personenschäden (Getötete, Schwer- und Leichtverletzte) und Sachschäden (bei Unfällen mit Personenschaden) herangezogen (BASt 2024).

Allerdings bezieht sich der Kostensatz für Sachschäden auf *alle Unfälle* mit Personenschäden, während für die vorliegende Fragestellung im Hinblick auf Sachschäden nur die Kosten für an Unfällen mit Personenschaden *beteiligte Pkw* relevant sind. Hier musste somit eine entsprechende Anpassung vorgenommen werden: In einem ersten Schritt wurde der Anteil

der Unfälle mit Personenschaden und Pkw-Beteiligung an allen Unfällen mit Personenschaden⁹ auf den Sachschadenskostensatz übertragen. In einem zweiten Schritt wurde dann über die Zahl der an solchen Unfällen (mit Personenschaden und Pkw-Beteiligung) beteiligten Pkw ein Sachschadenskostensatz pro Pkw ermittelt. Dieser liegt - je nach Jahr - im Bereich zwischen 7.900 und 8.800 €.

Über die jahresweise Multiplikation der Kostensätze mit den entsprechenden Häufigkeiten (Verunglückte, beteiligte Pkw) ergeben sich die in Tabelle 12 dargestellten Schätzgrößen für die hier relevanten volkswirtschaftlichen Kosten von Straßenverkehrsunfällen (Personen- und Sachschäden).

Unfalljahr	Unfallkosten (in Mrd. €)
2013	11,607
2014	11,778
2015	11,698
2016	11,532
2017	11,404
2018	11,305
2019	11,275
2020	8,931
2021	9,148
2022	9,918
2023	9,770

Tabelle 12: Geschätzte Unfallkosten 2013 - 2023 (Quellen: DESTATIS: Verkehrsunfälle, Fachserie 8, Reihe 7, div. Jahrgänge und BASt 2024)

Da zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch keine Unfallkostensätze für das Jahr 2023 verfügbar waren, wurden zur Berechnung der Unfallkosten 2023 die Kostensätze des Vorjahres benutzt.

Aufgrund einer Revision der Unfallkostensätze bei der BASt im Jahr 2020, bei der rückwirkend auch die Kostensätze für den Zeitraum 2015 bis 2019 angepasst wurden¹⁰, weichen die in Tabelle 12 angegebenen Werte für die Jahre 2015 bis 2019 von den im Bericht zur

⁹ Zwischen 2013 und 2019 liegt dieser Anteil bei etwa 80 %, in den Corona-Jahren 2020 bis 2022 bei rund 74 %.

¹⁰ Nach der Revision betragen z.B. für das Jahr 2018 die Personenschadenskosten je getöteter Person 1.168.255 € (BASt 2024). Vor der Revision lag der Wert bei 1.121.888 €.

Vorgängeruntersuchung genannten Ergebnissen ab (BÄUMER, HAUTZINGER und PFEIFFER 2022, S. 23).

4.2.2 Methodik

Zur Bestimmung des Einflusses der Sicherheitsindikatoren auf die Verunglücktenzahl bzw. Unfallkosten ist es aus methodischer Sicht vorteilhaft, unter Verwendung statistischer Modelle (Regression für Zeitreihendaten) weitere (Kontroll-)Variable in die Analyse einzubeziehen. Hier ist vorrangig an die jährliche Pkw-Gesamtfahrleistung als „begleitende“ Variable zu denken, da ceteris paribus (d.h. bei gegebenem Niveau der Passiven und Aktiven Fahrzeugsicherheit) die Unfall- und Verunglücktenzahl mit der Gesamtfahrleistung variiert. Wie sich eine verbesserte sicherheitstechnische Ausstattung der Fahrzeuge (ausgedrückt durch den SPI der Pkw-Flotte) im Unfallgeschehen niederschlägt, kann mit Hilfe eines solchen Analyseansatzes quantifiziert werden.

Für Analysen zu durch Pkw verletzte bzw. getötete Radfahrer wäre darüber hinaus die Einbeziehung der jährlichen Fahrradverkehrsleistung sinnvoll. Hierzu stehen allerdings keine Zeitreihendaten zur Verfügung, daher wird im vorliegenden Projekt ersatzweise der Fahrradbestand (einschl. Pedelecs¹¹) als weitere Kontrollvariable herangezogen. Zeitreihen zur Pkw-Fahrleistung und zum Fahrradbestand sind in Tabelle 13 dargestellt, wobei die Tabelle sowohl die Fahrleistungsschätzung des KBA („Verkehr in Kilometern“) als auch die des BMDV („Verkehr in Zahlen“) enthält.

Bezüglich der Pkw-Fahrleistung ist noch darauf hinzuweisen, dass es sich hier um die Inländerfahrleistung handelt, während die oben dargestellten Unfalldaten ja auf dem Inlands-konzept basieren. Hier besteht somit eine kleine Unschärfe in der Analyse, da sich die Fahrleistung auf in Deutschland zugelassene Pkw bezieht, während die Unfallzahlen das Unfallgeschehen auf dem deutschen Straßennetz abbilden. So hatten z.B. im Jahr 2023 von den 317.764 an einem Unfall mit Personenschaden beteiligten Pkw-Fahrern 4.777 (ca. 1,5 %) ihren Wohnsitz im Ausland (DESTATIS).

¹¹ Pedelecs werden hier eingeschlossen, weil diese auch in den veröffentlichten Unfalldaten zu Pkw-Radfahrer-Unfällen enthalten sind.

Jahr	Pkw-Inländerfahrleistung (in Mrd. km) gem. KBA	Pkw-Inländerfahrleistung (in Mrd. km) gem. BMDV	Bestand an Fahrrädern und Pedelecs (in Mio.)
2013	611,037	615,1	71,0
2014	611,940	627,2	72,0
2015	619,099	635,8	72,0
2016	625,915	649,6	73,0
2017	630,837	642,8	73,5
2018	630,843	642,2	75,5
2019	627,950 ¹²	644,8	75,9
2020	622,728	578,1	79,1
2021	606,795	582,4	81,0
2022	594,477	600,6	82,8
2023	591,132	612,6 ¹³	84,0

Tabelle 13: Jährliche Pkw-Inländerfahrleistung 2013 - 2023 (Quelle: KBA 2024; BMDV 2023) und Fahrradbestand (einschl. Pedelecs) 2013 - 2023 (Quelle: ZIV 2024)

Im Vorgängerprojekt wurden die Fahrleistungsdaten des KBA (Verkehr in Kilometern) für die Modellierung verwendet. Aus methodischen Gründen ist es jedoch mit dieser Datenquelle¹⁴ nicht möglich, den starken Rückgang der Pkw-Fahrleistung zwischen 2019 und 2020 („Corona-Effekt“) adäquat abzubilden. Deshalb werden nun die BMDV-Ergebnisse („Verkehr in Zahlen“ - ViZ) herangezogen.

Modellierungsansatz

Betrachtet man z.B. die Zahl y der verunglückten erwachsenen Pkw-Benutzer in Abhängigkeit von der Pkw-Gesamtfahrleistung, so liegt ein Regressionsmodell nahe, bei welchem die Verunglücktenzahl keine negativen Werte annehmen kann. Auch sollte die Verunglücktenzahl gleich Null sein, wenn die Fahrleistung den Wert Null aufweist. In Regressionsmodellen für Zeitreihendaten ist darüber hinaus dem Thema „Trend“ Aufmerksamkeit zu schenken.

¹² Beim KBA wurden die Ergebnisse der Inländerfahrleistung (Verkehr in Kilometern) für die Jahre 2019 bis 2022 rückwirkend einer Revision unterzogen. Daher weicht der in Tabelle 13 angegebene Wert für das Jahr 2019 von der im Bericht zur Vorgängeruntersuchung genannten Zahl ab (vgl. BÄUMER, HAUTZINGER und PFEIFFER 2022, S. 23).

¹³ Bei dem Wert für das Jahr 2023 handelt es sich um eine Schätzung auf der Basis von Veränderungsrechnungen gegenüber dem Jahr 2022, da der entsprechende ViZ-Wert zum Projektende noch nicht vorlag.

¹⁴ Die Basis für die Fahrleistungsschätzung ist hier die Erfassung der Kilometerstände bei der Fahrzeug-Hauptuntersuchung.

Zur Trendbereinigung liegt die Einbeziehung eines Zeittrends als erklärende Variable nahe (zur Schätzung der „autonomen Veränderung der Sicherheit im Straßenverkehr“).

Bezeichnet man den SPI der Pkw-Flotte mit x , die Pkw-Gesamtfahrleistung mit z und die Trendvariable mit t , so besitzt der multiplikative Ansatz (Cobb-Douglas-Funktion)

$$(1) \quad y = e^{\theta} \cdot t^{\lambda} \cdot x^{\alpha} \cdot z^{\beta} \cdot e^{\varepsilon}$$

die gewünschte Eigenschaft (ε bezeichnet den normalverteilten Störterm des Modells mit $E(\varepsilon)=0$).¹⁵ Durch Logarithmierung beider Seiten kann der Ansatz linearisiert werden:

$$(1^*) \quad \ln(y) = \theta + \lambda \cdot \ln(t) + \alpha \cdot \ln(x) + \beta \cdot \ln(z) + \varepsilon$$

Als abhängige Variable (y) fungieren die oben dargestellten Unfallmerkmale und Unfallkosten, wobei für die Zahl verunglückter Fußgänger und Radfahrer separate Modelle geschätzt werden. Mit Ausnahme der Modelle für verunglückte Radfahrer stellen jeweils der bausteinspezifische bzw. Gesamt-SPI, die Pkw-Fahrleistung und die Trendvariable die erklärenden Größen dar. In den Modellen für verunglückte Radfahrer wird neben der Pkw-Fahrleistung auch der Bestand an Fahrrädern (und Pedelecs) als (erklärende) Kontrollvariable einbezogen. Die Parameter¹⁶ des Modells (1) sind als konstante Elastizitäten zu interpretieren, deren Wert nicht vom Niveau des betreffenden Regressors abhängt.

Beispiel für die Zahl verunglückter Pkw-Insassen: Ist $\beta=2,0$, so führt ceteris paribus, d.h. bei gegebenem SPI (Baustein 1) der Pkw-Flotte, eine 1-prozentige Erhöhung der Pkw-Fahrleistung zu einer rund 2-prozentigen Zunahme der Verunglücktenzahl. Entsprechend bedeutet $\alpha=-0,2$, dass ceteris paribus, d.h. bei gegebener Pkw-Gesamtfahrleistung, eine Zunahme des SPI um 1 Prozent die betreffende Verunglücktenzahl um 0,2 Prozent reduziert.

Die im Jahr 2020 einsetzende Corona-Epidemie und die damit verbundenen Maßnahmen haben zu erheblichen Strukturbrüchen in den Zeitreihen geführt (siehe obige Tabellen), denen durch eine Anpassung des ursprünglichen Modellierungsansatzes Rechnung getragen wurde:

- Die wesentliche Änderung zur Berücksichtigung des Corona-Effekts ist die Einbindung einer Strukturbruchvariablen t_c . Diese Klassifizierungsvariable nimmt den Wert 1 für die Vor-Corona-Jahre (bis einschließlich 2019) und das Jahr 2023 an. Den Jahren 2020 bis 2022 werden die Werte 2, 3, 4 zugeordnet, um die Unterschiedlichkeit dieser 3 Jahre hinsichtlich der Corona-Maßnahmen und deren verkehrlichen Auswirkungen abbilden zu können.
- Um eine Ausgewogenheit der zeitlichen Merkmale in den Modellen zu gewährleisten, wurde die Trendvariable t im Modell (1) bzw. (1*) entsprechend durch diese neue Variable t_c ersetzt.

In Tabelle 14 sind die Strukturen der zu schätzenden Zeitreihenmodelle der Übersichtlichkeit halber nochmals zusammengefasst.

¹⁵ Nähere Informationen zur Begründung und Herleitung des Modells finden sich in BÄUMER, HAUTZINGER und PFEIFFER 2022, Kap. 5.2.

¹⁶ Die Parameter werden auch als Regressionskoeffizienten bezeichnet.

Abhängige Variable	Erklärende und Kontrollvariable	Anzahl Modelle
Getötete, schwerverletzte, leichtverletzte Pkw-Benutzer ab 12 Jahre, verunglückte Pkw-Benutzer ab 12 Jahre insgesamt	jeweils: SPI (Baustein 1); Pkw-Fahrleistung, Strukturbruchvariable	4
Getötete, schwerverletzte, leichtverletzte Pkw-Benutzer unter 12 Jahre, verunglückte Pkw-Benutzer unter 12 Jahre insgesamt	jeweils: SPI (Baustein 2); Pkw-Fahrleistung, Strukturbruchvariable	4
Bei Kollisionen mit Pkw getötete, schwerverletzte, leichtverletzte, verunglückte Fußgänger	jeweils: SPI (Baustein 3); Pkw-Fahrleistung, Strukturbruchvariable	4
Bei Kollisionen mit Pkw getötete, schwerverletzte, leichtverletzte, verunglückte Radfahrer	jeweils: SPI (Baustein 3); Pkw-Fahrleistung, Fahrrad-Bestand, Strukturbruchvariable	4
An Unfällen mit Personenschaden beteiligte Pkw-Fahrer insgesamt und als Hauptverursacher	jeweils: SPI (Baustein 4); Pkw-Fahrleistung, Strukturbruchvariable	2
Unfallkosten	SPI (Gesamt); Pkw-Fahrleistung, Strukturbruchvariable	1

Tabelle 14: Struktur der statistischen Modelle zum Zusammenhang zwischen SPI und Unfallgeschehen

4.2.3 Ergebnisse

Baustein 1

Aufgrund der Vielzahl an zu schätzenden Regressionsmodellen wird so vorgegangen, dass im Hinblick auf den SPI (Baustein 1) zunächst das Modell für die Gesamtzahl der verunglückten Pkw-Benutzer ab 12 Jahre etwas ausführlicher mit den Parameterschätzwerten für alle Erklärungsvariablen dargestellt wird (Tabelle 15). Bei den Modellen für die Zahl der Getöteten bzw. Schwer-/ Leichtverletzten werden dann nur noch die - primär interessierenden - Schätzwerte für den Parameter des (logarithmierten) SPI ausgewiesen. Dies gilt auch für die Modellschätzungen in den übrigen Bausteinen.

Parameter		Parameter-schätzwert	Signifikanz
Konstante		-1,58	0,2526
log SPI (Baustein 1)		-0,14	<0,0001
log Pkw-Fahrleistung		2,14	<0,0001
Strukturbruchvariable (Jahr)	bis 2019; 2023	0 (Referenz)	-
	2020	-0,03	0,2561
	2021	-0,01	0,6336
	2022	-0,01	0,7619

Tabelle 15: Parameterschätzwerte und Signifikanzen des log-linearen Modells für die Gesamtzahl der verunglückten Pkw-Benutzer ab 12 Jahre

In dem Modell für die Gesamtzahl der verunglückten erwachsenen Pkw-Insassen ist - wie auch in den im Weiteren vorgestellten Modellen - der entscheidende Schätzwert der für den Parameter SPI (hier: SPI (Baustein 1)). Dieser Parameter (in Tabelle 15 fett gedruckt) zeigt wegen der Interpretation als Elastizität eine Reduktion der Zahl der verunglückten erwachsenen Pkw-Insassen (ab 12 Jahre) um rund 0,14 % an, wenn ceteris paribus der SPI (Baustein 1) um 1 % zunimmt. Der Parameterschätzwert ist hoch signifikant, somit ist es als gesichert zu betrachten, dass ein steigender SPI (Baustein 1) der Pkw-Flotte zu einem Rückgang der verunglückten Pkw-Benutzer führt¹⁷.

Bei der Pkw-Gesamtfahrleistung ergibt sich ceteris paribus mit steigendem Merkmalswert eine signifikante Zunahme der Verunglücktenzahl. Die Parameterschätzwerte der Strukturbruchvariablen zeigen an, ob - unter sonst gleichen Bedingungen - die Verunglücktenzahl in den einzelnen „Corona-Jahren“ (2020, 2021, 2022) von der im restlichen Zeitraum (bis 2019 und 2023; Referenzkategorie) abweicht. Die negativen Parameterschätzwerte zeigen zwar eine niedrigere Verunglücktenzahl in den Corona-Jahren an, jedoch sind die Unterschiede statistisch nicht signifikant. Der Strukturbruch in der Verunglücktenzeitreihe wird im vorliegenden Fall also bereits durch den SPI (Baustein 1) und die Fahrleistung gut erklärt.

Tabelle 16 enthält in der Zusammenschau die Parameterschätzwerte für den Verkehrssicherheitsindikator SPI (Baustein 1) in Bezug auf alle Verunglückte (siehe bereits oben, Tabelle 15) sowie Getötete, Schwerverletzte und Leichtverletzte.

¹⁷ Bei Signifikanzbetrachtungen geht es darum, ob der Parameterschätzwert r nur zufallsbedingt von 0 verschieden ist (Nullhypothese: $r=0$). Ist diese Wahrscheinlichkeit hinreichend klein, spricht man von Signifikanz. Üblicherweise wird als Schwellenwert eine Signifikanz auf dem 5 %-Niveau ($p < 0,05$) herangezogen, d.h. ein Fehler von 5 % wird akzeptiert, wenn man diese Nullhypothese ablehnt.

Abhängige Variable (Modell für...)	Parameter	Parameter-schätzwert	Signifikanz
alle verunglückte Pkw-Benutzer ab 12 Jahre	log SPI (Baustein 1)	-0,14	<0,0001
getötete Pkw-Benutzer ab 12 Jahre	log SPI (Baustein 1)	-0,25	<0,0001
schwerverletzte Pkw-Benutzer ab 12 Jahre	log SPI (Baustein 1)	-0,23	0,0004
leichtverletzte Pkw-Benutzer ab 12 Jahre	log SPI (Baustein 1)	-0,12	0,0002

Tabelle 16: Parameterschätzwerte und Signifikanzen für den Faktor „SPI (Baustein 1) der Pkw-Flotte“ in den log-linearen Modellen für die Zahl verunglückter Pkw-Benutzer ab 12 Jahre

Auch in den Modellen für die Zahl der getöteten sowie schwer- und leichtverletzten Pkw-Benutzer (ab 12 Jahre) weist der Parameterschätzwert für den SPI (Baustein 1) ein negatives Vorzeichen auf. Dies bedeutet, auch die Zahl der Getöteten bzw. Schwer-/ Leichtverletzten ist umso niedriger, je höher der Indikatorwert für den Insassenschutz ausfällt. Hervorzuheben ist, dass sich Verbesserungen beim SPI dabei stärker auf die Zahl der Getöteten und Schwerverletzten auswirken als auf alle verunglückten Pkw-Benutzer ab 12 Jahre. Alle Schätzwerte sind statistisch hoch signifikant, d.h. auf dem 1 %-Niveau signifikant (zweiseitiger Test).

Baustein 2

Die Parameterschätzwerte für die Erklärungsvariable SPI (Baustein 2) in den verschiedenen Regressionsmodellen für die Zahl der in Pkw verunglückten Kinder unter 12 Jahre sind in Tabelle 17 zusammengestellt.

Abhängige Variable (Modell für...)	Parameter	Parameter-schätzwert	Signifikanz
alle verunglückte Pkw-Benutzer unter 12 Jahre	log SPI (Baustein 2)	-0,07	0,0102
getötete Pkw-Benutzer unter 12 Jahre	log SPI (Baustein 2)	-0,84	0,0361
schwerverletzte Pkw-Benutzer unter 12 Jahre	log SPI (Baustein 2)	-0,25	0,0324
leichtverletzte Pkw-Benutzer unter 12 Jahre	log SPI (Baustein 2)	-0,05	0,0690

Tabelle 17: Parameterschätzwerte und Signifikanzen für den Faktor „SPI (Baustein 2) der Pkw-Flotte“ in den log-linearen Modellen für die Zahl verunglückter Pkw-Benutzer unter 12 Jahre

Wie bei Baustein 1 sind alle Parameterschätzwerte negativ, allerdings ist der Schätzwert im Modell für die Zahl der Leichtverletzten nicht zum (üblichen) 5 %-Niveau signifikant. Der stärkste Effekt des Indikators für den Kinderinsassenschutz findet sich im Modell für die Zahl der Getöteten. Dieses Ergebnis sollte allerdings vorsichtig interpretiert werden, da hier die Zahl der Verunglückten klein und damit anfällig für Zufallsschwankungen ist (vgl. Tabelle 9).

Baustein 3

Für bei Kollisionen mit Pkw verunglückte Fußgänger und Radfahrer wurden getrennte Modelle gerechnet. Dabei geht jedoch immer der SPI (Baustein 3) als erklärende Variable ein, da sich in Euro NCAP die Tests zum 3. Baustein sowohl auf den Fußgänger- als auch auf den Radfaherschutz beziehen. Tabelle 18 enthält die Parameterschätzwerte des SPI (Baustein 3) für verunglückte Fußgänger, Tabelle 19 die für verunglückte Radfahrer.

Abhängige Variable (Modell für...)	Parameter	Parameterschätzwert	Signifikanz
alle bei Kollisionen mit Pkw verunglückte Fußgänger	log SPI (Baustein 3)	-0,09	0,0009
bei Kollisionen mit Pkw getötete Fußgänger	log SPI (Baustein 3)	-0,26	0,0034
bei Kollisionen mit Pkw schwerverletzte Fußgänger	log SPI (Baustein 3)	-0,29	<0,0001
bei Kollisionen mit Pkw leichtverletzte Fußgänger	log SPI (Baustein 3)	-0,03	0,1013

Tabelle 18: Parameterschätzwerte und Signifikanzen für den Faktor „SPI (Baustein 3) der Pkw-Flotte“ in den log-linearen Modellen für die Zahl der bei Kollisionen mit Pkw verunglückten Fußgänger

Aus den 4 Modellen für verunglückte Fußgänger resultiert nur im Modell für die Zahl der Leichtverletzten kein signifikanter Effekt des SPI (Baustein 3) auf die Verunglücktenzahl. Positiv ist hervorzuheben, dass sich Verbesserungen beim SPI vor allem auf die Zahl der getöteten und schwerverletzten Fußgänger auswirken. Dies spiegelt den Fokus des Verbraucherschutzprogramms Euro NCAP wider, die Zahl der Verunglückten insbesondere in dieser Gruppe zu reduzieren. Hier finden sich mit Parameterschätzwerten von -0,26 bzw. -0,29 relativ starke Effekte in Richtung einer mit steigendem SPI einhergehenden Verringerung der Verunglücktenzahl.

Abhängige Variable (Modell für...)	Parameter	Parameterschätzwert	Signifikanz
alle bei Kollisionen mit Pkw verunglückte Radfahrer	log SPI (Baustein 3)	-0,10	0,6466
bei Kollisionen mit Pkw getötete Radfahrer	log SPI (Baustein 3)	-0,32	0,5819
bei Kollisionen mit Pkw schwerverletzte Radfahrer	log SPI (Baustein 3)	-0,16	0,6265
bei Kollisionen mit Pkw leichtverletzte Radfahrer	log SPI (Baustein 3)	-0,08	0,6719

Tabelle 19: Parameterschätzwerte und Signifikanzen für den Faktor „SPI (Baustein 3) der Pkw-Flotte“ in den log-linearen Modellen für die Zahl der bei Kollisionen mit Pkw verunglückten Radfahrer

In den 4 Modellen für bei Kollisionen mit einem Pkw verunglückte Radfahrer resultieren zwar durchgehend ebenfalls negative Parameterschätzwerte, was eine Verringerung der Zahl der Verunglückten bei steigendem SPI (Baustein 3) anzeigt. Allerdings ist keiner der 4 Schätzwerte statistisch signifikant.

Baustein 4

Da Fahrerassistenzsysteme primär zur Unfallvermeidung beitragen sollen, werden im Zusammenhang mit dem SPI (Baustein 4) nicht Verunglückte, sondern an Unfällen mit Personenschaden beteiligte Fahrzeuge als Zielgröße betrachtet (beteiligte Pkw insgesamt und als Hauptverursacher beteiligte Pkw). Tabelle 20 zeigt die aus dem jeweiligen Modell resultierenden Parameterschätzwerte für den SPI (Baustein 4).

Abhängige Variable (Modell für...)	Parameter	Parameter-schätzwert	Signifikanz
alle an Unfällen mit Personenschaden beteiligte Pkw-Fahrer	log SPI (Baustein 4)	-0,03	0,0006
an Unfällen mit Personenschaden als Hauptverursacher beteiligte Pkw-Fahrer	log SPI (Baustein 4)	-0,03	0,0007

Tabelle 20: Parameterschätzwerte und Signifikanzen für den Faktor „SPI (Baustein 4) der Pkw-Flotte“ in den log-linearen Modellen für die Zahl der bei Unfällen mit Personenschaden beteiligten Pkw

In beiden Modellen sinkt die Zahl der an Unfällen mit Personenschaden beteiligten Pkw signifikant mit dem Wert des SPI (Baustein 4). Der positive Sicherheitsbeitrag der Verbreitung von Fahrerassistenzsystemen in der Pkw-Flotte ist insoweit also statistisch gesichert. Allerdings zeigen die Schätzwerte, dass die Effektstärke trotz statistischer Signifikanz eher gering ausgeprägt ist.

Gesamtbetrachtung

Zum Abschluss der Unfallanalysen soll nun noch der Zusammenhang zwischen dem Gesamt-SPI und allen für Euro NCAP relevanten und in Unfallkosten transformierten Unfallmerkmalen betrachtet werden. Die Parameterschätzwerte und deren Signifikanzen für sämtliche im Modell enthaltenen Einflussfaktoren sind in Tabelle 21 dargestellt.

Parameter		Parameter-schätzwert	Signifikanz
Konstante		-6,81	0,0079
log SPI (Gesamt)		-0,13	0,0002
log Pkw-Fahrleistung		1,43	0,0021
Strukturbruchvariable (Jahr)	bis 2019; 2023	0 (Referenz)	-
	2020	-0,05	0,1636
	2021	-0,02	0,4766
	2022	0,03	0,3005

Tabelle 21: Parameterschätzwerte und Signifikanzen des log-linearen Modells für die Unfallkosten

Der Schätzwert für den Parameter der Variablen log SPI (Gesamt) (fett gedruckt) zeigt mit - 0,13 eine moderate Elastizität der Unfallkosten an: Steigt der Gesamt-SPI der Pkw-Flotte um 1 %, sinken die entsprechenden Unfallkosten ceteris paribus um 0,13 %. Der Parameter ist signifikant von Null verschieden (p-Wert 0,0002). Der positive Parameter der Variablen log Pkw-Fahrleistung (d.h. mit der Gesamtfahrleistung steigen ceteris paribus die Unfallkosten) ist ebenfalls auf dem 5-Prozent-Niveau signifikant. Die Parameterschätzwerte der Strukturbruchvariablen zeigen zwar eine - im Vergleich zur Vor-Corona-Situation - niedrigere Verunglücktenzahl in den Corona-Jahren 2020 und 2021 an, jedoch sind die Unterschiede statistisch nicht signifikant.

Resümee:

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in allen - insgesamt 19 - log-linearen Modellen ein höherer Wert des Safety Performance Indikators mit einer geringeren Zahl an verunglückten Personen bzw. unfallbeteiligten Pkw einhergeht, d.h. alle SPI-Parameterschätzer haben ein negatives Vorzeichen.

Allerdings ist der positive Sicherheitsbeitrag des jeweiligen SPI zwar überwiegend, aber doch nicht in allen Fällen signifikant. In 13 von 19 Modellen ergibt sich ein signifikanter Schätzwert für den jeweiligen SPI zur Fahrzeugsicherheit. Im Wesentlichen kann dies darauf zurückgeführt werden, dass den Modellschätzungen nur die Daten von elf Zeitperioden (Jahre) als Beobachtungen zu Grunde liegen. Insgesamt sollten die Ergebnisse vorsichtig interpretiert werden, da die Corona-Pandemie im Untersuchungszeitraum lag und die Verunglückten- und Beteiligtenzahlen generell von Jahr zu Jahr gewissen zufälligen Schwankungen unterliegen.

4.3 Ableitung eines KPI gemäß des Projekts „Trendline“

Ergänzend zu dem im Vorgängerprojekt entwickelten nationalen SPI zur Fahrzeugsicherheit soll im aktuellen Forschungsvorhaben erstmals auch der in den EU-Projekten „Baseline“ bzw. „Trendline“ vorgeschlagene Key Performance Indicator (KPI) zur Fahrzeugsicherheit auf Basis der Euro NCAP- und ZFZR-Daten berechnet und ausgewiesen werden.

Dieser KPI basiert auf dem Anteil an Neufahrzeugen (Pkw), bei denen das entsprechende Modell im Euro NCAP-Test 5 oder mindestens 4 Sterne (2 Varianten) erreicht hat (WARDENIER und SILVERANS 2023). In jedem Stichtagsbestand eines Jahres werden hierfür die erstmals für den Verkehr zugelassenen Fahrzeuge gefiltert (z.B. Fahrzeuge mit Jahr der Erstzulassung 2020 im Bestand zum Stichtag 1.1.2021) und für jedes Jahr 4 verschiedene Indikatoren in Form von Prozentwerten berechnet:

- KPI-EU1a) Anzahl der erstmals zugelassenen Fahrzeuge mit einer Euro NCAP-Bewertung von 5 Sternen bezogen auf alle erstmals zugelassenen Fahrzeuge
- KPI-EU1b) Anzahl der erstmals zugelassenen Fahrzeuge mit einer Euro NCAP-Bewertung von mindestens 4 Sternen bezogen auf alle erstmals zugelassenen Fahrzeuge
- KPI-EU2a) Anzahl der erstmals zugelassenen Fahrzeuge mit einer Euro NCAP-Bewertung von 5 Sternen bezogen auf alle erstmals zugelassenen Fahrzeuge mit Euro NCAP-Bewertung
- KPI-EU2b) Anzahl der erstmals zugelassenen Fahrzeuge mit einer Euro NCAP-Bewertung von mindestens 4 Sternen bezogen auf alle erstmals zugelassenen Fahrzeuge mit Euro NCAP-Bewertung

Im Gegensatz zum nationalen SPI handelt es sich hier also um Anteilswerte und nicht um Mittelwerte. Zudem werden für diese Berechnung die Original-Sternebewertungen verwendet, d.h. etwaige Veränderungen in den Testprozeduren werden nicht berücksichtigt. Den Fahrzeugbeständen müssen somit neben den auf das Referenzjahr 2020 bezogenen vereinheitlichten Bewertungen (für den nationalen SPI) auch die ursprünglichen Bewertungen zugeordnet werden. In Tabelle 22 sind die zur Berechnung des KPI benötigten Basisdaten zusammengestellt.

Anzahl Sterne im Euro NCAP-Test	Bestandsstichtag 1.1.2021	Bestandsstichtag 1.1.2022	Bestandsstichtag 1.1.2023	Bestandsstichtag 1.1.2024
	Erstzulassung 2020	Erstzulassung 2021	Erstzulassung 2022	Erstzulassung 2023
	Anzahl Pkw			
ohne Euro NCAP-Bewertung	95.069	177.403	153.923	192.341
0	35.639	27.468	12.662	7.515
1	1.909	6.509	24.964	27.251
2	3	19.517	19.238	23.437
3	148.846	122.652	80.012	84.452
4	354.624	294.047	359.426	374.722
5	2.026.273	1.749.320	1.774.237	1.860.553
Summe	2.662.363	2.396.916	2.424.462	2.570.271
davon mit vorhandener Euro NCAP-Bewertung	2.567.294	2.219.513	2.270.539	2.377.930

Tabelle 22: Häufigkeitsverteilung der Sternenzahl von Neufahrzeugen in der Pkw-Flotte 2020-2023

Die Zahl der jährlichen Neuzulassungen variiert in den hier betrachteten Pkw-Beständen zwischen 2,40 und 2,66 Mio. Fahrzeugen¹⁸. Dabei liegt der Anteil an Fahrzeugen ohne Euro NCAP-Bewertung zwischen 3,6 und 7,5 %. Mit dem in Tabelle 22 dargestellten Zahlenmaterial lassen sich pro Jahr die vier oben angesprochenen KPI's berechnen. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 23.

¹⁸ Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass die hier analysierten Bestände keine Pkw mit zweckbestimmter Aufbauart enthalten.

Jahr der Erstzulassung (Bestandsstichtag)	KPI-EU1a	KPI-EU1b	KPI-EU2a	KPI-EU2b
	Anteil 5 Sterne an allen Neuzulassungen	Anteil 4 oder mehr Sterne an allen Neuzulassungen	Anteil 5 Sterne an allen Neuzul. mit vorhandener Sternebewertung	Anteil 4 oder mehr Sterne an allen Neuzul. mit vorh. Sternebewertung
Pkw in %				
2020 (Stichtag 1.1.2021)	76,1	89,4	78,9	92,7
2021 (Stichtag 1.1.2022)	73,0	85,3	78,8	92,1
2022 (Stichtag 1.1.2023)	73,2	88,0	78,1	94,0
2023 (Stichtag 1.1.2024)	72,4	87,0	78,2	94,0

Tabelle 23: KPI zur Fahrzeugsicherheit 2020-2023 gemäß EU-Projekt Trendline/ Baseline

Die Ergebnisse zeigen, dass keine der vier KPI-Varianten eine lineare oder zumindest monotone Entwicklung im Zeitverlauf aufweist. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass der hier betrachtete Zeitraum teilweise stark von der Corona-Pandemie geprägt war.

Generell spiegeln diese Indikatoren das Kaufverhalten von Neuwagenkäufern wider. Welcher Stellenwert dabei der Fahrzeugsicherheit als Kaufentscheidungskriterium zukommt, lässt sich daraus nicht ableiten. Wichtig für den Kaufentscheidungsprozess sind sicherlich auch die jeweiligen ökonomischen Rahmenbedingungen sowie das Angebot an Neufahrzeugen und deren Vermarktung (Preisgestaltung, Werbung, Sicherheitsausstattung, staatliche Förderung u.a.). All diese Faktoren können von Jahr zu Jahr variieren. Wie aus Tabelle 22 ersichtlich ist, hat die Zahl der Neuzulassungen von Fahrzeugen mit einer 0-Sterne-Bewertung (Fiat Panda und Renault Zoe) in den hier betrachteten Jahren stark abgenommen. Ein Grund dafür ist sicherlich, dass der Renault Zoe sich dem Ende seines Produktlebenszyklus' genähert hat (die Produktion wurde Ende März 2024 eingestellt). Ebenfalls rückläufig war die Zahl der Neuzulassungen von 3-Sterne-Fahrzeugen, während bei mit 1 Stern bewerteten Pkw eine Zunahme stattgefunden hat (Tabelle 22). In dem KPI manifestiert sich die jeweilige Zusammensetzung der Neuwagenflotte, insofern handelt es sich bei diesem KPI vorwiegend um eine statistische Kategorie.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das European New Car Assessment Programme (Euro NCAP) ist ein Verbraucherschutzorientiertes Programm zur Bewertung der Sicherheit von - in der Regel - neuen Kraftfahrzeugmodellen. Das Programm gibt es seit 1997, seit 2009 besteht es aus den folgenden 4 Bausteinen:

- Schutz erwachsener Insassen (Baustein 1)
- Schutz von Kindern im Fahrzeug (Baustein 2)
- Schutz schwächerer Verkehrsteilnehmer (Baustein 3)
- Ausstattung mit Fahrerassistenzsystemen (Baustein 4)

In jedem Baustein werden mehrere - jeweils mit Punkten bewertete - Einzeltests durchgeführt, wobei Crashtests eine wichtige Rolle einnehmen. Die Sicherheitsbewertung eines Modells erfolgt anhand von „Sternen“ (0 bis 5). Für jeden Baustein wird zunächst der Anteil erreichter Testpunkte ermittelt und dann über eine vorgegebene Tabelle mit Schwellenwerten in eine Sternebewertung übersetzt. Für jedes Fahrzeugmodell wird daraus eine Gesamtbewertung - ebenfalls in Form von Sternen - erstellt.

Das zentrale Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, den im Rahmen der Vorgängeruntersuchung bis 2019 generierten SPI zur Fahrzeugsicherheit für die Jahre 2020 bis 2023 fortzuschreiben. Analog zur Vorgängerstudie wurden insgesamt vier (bausteinspezifische) Safety Performance Indikatoren gebildet, die auf neu berechneten und vereinheitlichten Fahrzeugbewertungen aus Euro NCAP basieren. Aufgrund der identischen Vorgehensweise bei der Indikatorbildung sowie der Normierung aller Euro NCAP-Testergebnisse auf das Referenzjahr 2020 konnten die für 2013 bis 2019 vorliegenden Zeitreihen der vier bausteinspezifischen SPI-Werte sowie des SPI-Gesamtwerts konsistent auf den Zeitraum bis 2023 erweitert werden. Als Basis für die Bestimmung des Safety Performance Indikators dienten dabei u.a. die folgenden Datenquellen:

- Euro NCAP-Testergebnisse zwischen 2009 und 2023
- Pkw-Bestandsdaten aus dem Zentralen Fahrzeugregister (ZFZR) des Kraftfahrt-Bundesamts (KBA) zwischen 2009 und 2024 (jeweils zum Stichtag 1.1.)

Ein weiteres Ziel war es, den Zusammenhang zwischen der Euro NCAP-Bewertung von Fahrzeugen und dem Unfallgeschehen zu untersuchen. Hierzu wurden wieder statistische Modelle zum Einfluss der durch den SPI ausgedrückten (durchschnittlichen) Fahrzeugsicherheit auf die korrespondierende Zahl der Verunglückten aus der amtlichen Verkehrsunfallstatistik gerechnet.

Die Daten für die Unfallanalyse wurden der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik entnommen (DESTATIS).

Insgesamt dient der SPI dazu, den Beitrag der Fahrzeugtechnik zum Sicherheitsniveau auf deutschen Straßen sichtbar zu machen.

5.1 Methodik

Die Methodik der Fahrzeugbewertung in Euro NCAP war im Lauf der Jahre einem stetigen Wandel unterworfen. Dies betrifft die Schwellenwerte zur Zuordnung der Sterne und insbesondere die Art und Zahl der durchgeführten Tests. In verschiedenen Jahren wurden bei einigen Tests die Anforderungen für eine gute Bewertung erhöht oder es wurden neue Testverfahren hinzugefügt. Andererseits wurden auch gewisse Verfahrenselemente ab einem bestimmten Zeitpunkt ganz aus dem Programm gestrichen.

Dies führt dazu, dass die Euro NCAP-Ergebnisse für in verschiedenen Jahren bewertete Fahrzeugmodelle nicht oder nur bedingt miteinander vergleichbar sind. Die Vergleichbarkeit ist aber eine entscheidende Voraussetzung für die Erstellung einer aussagekräftigen Zeitreihe eines SPI zur Fahrzeugsicherheit. Bei der Fortführung des SPI besteht somit ein wesentlicher Schritt darin, die Euro NCAP-Testresultate der verschiedenen Jahre miteinander kompatibel zu machen, es müssen also entsprechende Datenmodifikationen durchgeführt werden.

Im Vorgängerprojekt wurde eine Projektgruppe bestehend aus Experten der BASt in den Bereichen Aktive und Passive Fahrzeugsicherheit gebildet, welche die Aufgabe hatte, je Baustein zu quantifizieren, wie sich die jeweiligen Veränderungen der Testprozeduren auf die Fahrzeugbewertung auswirken. Da unter Veränderungen der Testprozeduren tendenziell Verschärfungen zu verstehen sind, wurden ganz konkret *Abschlagsfaktoren* bestimmt, mit denen die Bewertungsergebnisse für frühere Testjahre entsprechend abgesenkt wurden. Dabei wurden die Testrahmenbedingungen des Jahres 2020 als Referenz herangezogen, d.h. die korrigierten Testergebnisse entsprachen somit dem hypothetischen Fall, dass in den Jahren 2009 bis 2019 bereits die Testprozeduren des Jahres 2020 gültig gewesen wären.

Insofern können im Hinblick auf die Weiterführung der SPI-Zeitreihe die Euro NCAP-Ergebnisse für das Jahr 2020 ohne Korrekturen (bezüglich veränderter Testprozeduren) übernommen werden. Dasselbe gilt für die Ergebnisse der Jahre 2021 und 2022, da hier keine weiteren Änderungen in den Testprozeduren vorgenommen wurden. 2023 wurde das Testprogramm jedoch erneut überarbeitet. Daraus ergibt sich auch hier wieder die Notwendigkeit, die Bewertungsergebnisse - für eben dieses Jahr - über die Abschätzung von Veränderungsfaktoren auf das Referenzjahr 2020 zu „normieren“. Da sich durch diese Änderungen in aller Regel die Anforderungen an die Fahrzeugsicherheit erhöhen und das Jahr 2020 als Referenz benutzt werden soll, müssen im Gegensatz zum Vorgängerprojekt nun *Aufschlagsfaktoren* für die Testergebnisse 2023 gebildet werden, da die betreffenden Fahrzeugmodelle unter den 2020 gültigen Testbedingungen mit hoher Wahrscheinlichkeit eine bessere Bewertung erhalten hätten. Zur zahlenmäßigen Bestimmung dieser Faktoren wurde erneut auf die Einschätzungen einer Expertengruppe zurückgegriffen, welche sich wiederum aus Mitarbeitenden der BASt aus den Bereichen Aktive und Passive Fahrzeugsicherheit zusammensetzte. Die entsprechend korrigierten Testergebnisse bilden somit den hypothetischen Fall ab, dass ein im Jahr 2023 getestetes Modell auf Basis der 2020 gültigen Testprozeduren bewertet worden wäre.

Im Hinblick auf die Verknüpfung von Euro NCAP- und Pkw-Bestandsdaten waren in einem ersten Schritt die zwischen 2009 und 2019 im Rahmen von Euro NCAP getesteten Fahrzeugmodelle in den aktuell betrachteten ZFZR-Beständen (1.1.2021 bis 1.1.2024) zu identifizieren und - falls noch gültig - den im Bestand vorhandenen Fahrzeugen das jeweils erzielte (und auf das Referenzjahr 2020 normierte) Testergebnis zuzuweisen. In einem zweiten Schritt mussten die - neu berechneten - Euro NCAP-Ergebnisdaten (Anteil erreichter Punkte, Anzahl Sterne) für die ab 2020 getesteten Pkw-Modelle mit den aktuellen ZFZR-Beständen

(1.1.2021 bis 1.1.2024) verknüpft werden (matching). Die Verknüpfung der ZFZR-Bestandsdaten mit den (korrigierten) Euro NCAP-Bewertungsdaten erfolgte über einen Algorithmus, der im Kern auf den Merkmalen Fabrikat- und Modellcode basiert. In diesem Zusammenhang war es auch erforderlich, die in Euro NCAP getestete Baureihe (Modellgeneration) des jeweiligen Modells im Bestand zu identifizieren, da sich Euro NCAP-Tests auch auf neue Generationen eines vorhandenen Modells beziehen können. Allerdings stehen Informationen wie Modellgeneration oder Baujahr in den ZFZR-Daten nicht zur Verfügung. Daher musste neben den Merkmalen Marke und Modell auf das Jahr der Erstzulassung zurückgegriffen werden, um eine Verknüpfung mit den Euro NCAP-Daten herstellen zu können. Die Baureihe eines Modells (gemäß einschlägiger Autokataloge im Internet) wurde dabei über die Zusammenfassung von entsprechenden Erstzulassungsjahren approximiert. Darüber hinaus werden auch Facelifts von Fahrzeugen (falls getestet) im Matching-Algorithmus berücksichtigt.

Im Ergebnis konnte im Durchschnitt über die neu betrachteten vier Bestandsjahre (Stichtage: 1.1.2020 bis 1.1.2024) über 81 % der Fahrzeuge mit Erstzulassungsjahr ab 2009 eine Bewertung zugewiesen werden. Pkw mit Erstzulassung ab 2009, denen keine Bewertung zugeordnet werden konnte (weil nicht getestet oder im ZFZR nicht eindeutig identifizierbar), wurde der Mittelwert der bausteinspezifischen Euro NCAP-Bewertung nach Pkw-Segment und Erstzulassungsjahr zugewiesen („Imputation“). Fahrzeugen ohne Bewertung, die vor 2009 erstmals für den Verkehr zugelassen wurden, wurde - analog zur Vorgängerstudie - der Wert „0 Prozent erreichte Punkte“ bzw. „0 Sterne“ zugeordnet. Führt man die Imputation in der beschriebenen Form durch, verbleiben nur noch 0,17 % des Gesamtbestands 2021 bis 2024, bei denen die Mittelwertimputation zu keinem Ergebnis führt.

Als Safety Performance Indikator wurde wiederum die mittlere bausteinspezifische Sternbewertung herangezogen. Dabei wurden pro betrachtetem Bezugszeitpunkt des Bestands (ab 2014) für die gesamte Pkw-Flotte bausteinspezifische Durchschnittswerte des Merkmals „Anzahl Sterne gemäß Euro NCAP (0 bis 5)“ berechnet. Diese basieren auf den neu berechneten und vereinheitlichten bausteinspezifischen Fahrzeugbewertungen aus Euro NCAP. Diese Mittelwerte lassen sich als „auf 2020 referenzierte bausteinspezifische Safety Performance Indikatoren der Pkw-Flotte“ charakterisieren und werden nachfolgend als

SPI (Baustein x) der Pkw-Flotte

bezeichnet.

Es wurden auf diese Weise insgesamt vier Safety Performance Indikatoren gebildet, bei denen es sich, wie erwähnt, um bausteinspezifische Durchschnittswerte der Sicherheitsbewertung der im ZFZR erfassten Pkw handelt. Aus diesen vier Indikatoren wurde dann noch ein Safety Performance Gesamtindikator

SPI (Gesamt) der Pkw-Flotte

berechnet (gewichteter Mittelwert, bei dem - in Analogie zum Euro NCAP-Verfahren - die Bewertungen der vier Bausteine im Verhältnis 40:20:20:20 gewichtet wurden).

Im Rahmen der Unfallanalyse wurden wieder log-lineare Regressionsmodelle gerechnet, um den Einfluss der vier genannten SPI auf entsprechende Unfallmerkmale zu schätzen. Bei der Modellierung wurde es notwendig, neben der Pkw-Gesamtfahrleistung als weitere erklärende Variable eine Strukturbruchvariable zur Berücksichtigung des Corona-Effekts hinzuzunehmen, da die im Jahr 2020 einsetzende Corona-Epidemie und die damit verbundenen Maßnahmen zu erheblichen Strukturbrüchen in den Zeitreihen geführt haben.

Bei der Analyse des Zusammenhangs zwischen den einzelnen Safety Performance Indikatoren und dem Unfallgeschehen wurden folgende, auf den jeweiligen SPI abgestimmte Daten der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik verwendet:

- SPI_1: jährliche Anzahl verunglückter/ getöteter/ schwer verletzter/ leicht verletzter Pkw-Benutzer ab 12 Jahre (2013 bis 2023)
 - SPI_2: jährliche Anzahl verunglückter/ getöteter/ schwer verletzter/ leicht verletzter Pkw-Benutzer bis unter 12 Jahre (2013 bis 2023)
 - SPI_3: jährliche Anzahl verunglückter/ getöteter/ schwer verletzter/ leicht verletzter Radfahrer bzw. Fußgänger (jeweils bei Kollisionen mit einem Pkw) (2013 bis 2023)
 - SPI_4: jährliche Anzahl unfallbeteiligter Pkw bzw. Pkw-Hauptverursacher (bei Unfällen mit Personenschaden) (2013 bis 2023)
- SPI_Gesamt: resultierende jährliche Unfallkosten (2013 bis 2023)

Ergänzend zu dem im Vorgängerprojekt entwickelten nationalen SPI zur Fahrzeugsicherheit wird im aktuellen Forschungsvorhaben erstmals auch der in den EU-Projekten „Baseline“ bzw. „Trendline“ vorgeschlagene Key Performance Indicator (KPI) zur Fahrzeugsicherheit auf Basis der Euro NCAP- und ZFZR-Daten berechnet und ausgewiesen. Dieser KPI basiert auf dem Anteil an Neufahrzeugen (Pkw), bei denen das entsprechende Modell im Euro NCAP-Test 5 oder mindestens 4 Sterne (2 Varianten) erreicht hat. In jedem Stichtagsbestand eines Jahres werden hierfür die erstmals für den Verkehr zugelassenen Fahrzeuge gefiltert (z.B. Fahrzeuge mit Jahr der Erstzulassung 2020 im Bestand zum Stichtag 1.1.2021) und für jedes Jahr 4 verschiedene Indikatoren in Form von Prozentwerten berechnet.

5.2 Ergebnisse

5.2.1 Safety Performance Indikator (SPI)

Das zentrale Ergebnis der Übertragung der Euro NCAP-Bewertungen auf den Pkw-Bestand insgesamt, d.h. die Zeitreihen der vier bausteinspezifischen SPI-Werte sowie des SPI-Gesamtwerts, wird in Bild 6 gezeigt.

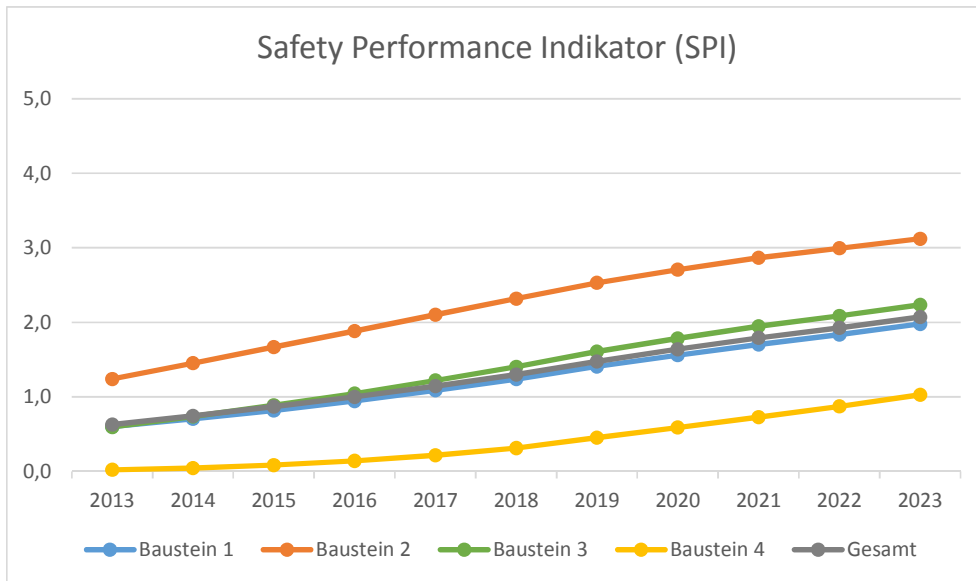


Bild 6: Bausteinspezifische SPI sowie SPI (Gesamt) der Pkw-Flotte gegliedert nach Jahr (Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2009 - 2023; ZFZR 01.01.2014 - 01.01.2024)

Die Resultate zeigen, dass die im aktuellen Vorhaben erzeugten Indikatorwerte für die Jahre 2020 bis 2023 die - im Vorgängerprojekt ermittelten - steigenden Trends fortsetzen. In allen Jahren erzielt Baustein 2 (Schutz von Kindern im Fahrzeug) die beste Bewertung, bei Baustein 4 (Assistenzsysteme) ist das Umgekehrte der Fall. Allerdings weist der Baustein 4 zwischen Beginn und Ende der gesamten Zeitreihe die größten Veränderungen auf. Allein zwischen 2019 und 2023 hat sich der Wert des diesbezüglichen SPI mehr als verdoppelt (von 0,45 auf 1,03). Im Bereich der Assistenzsysteme (Baustein 4) ist also - verglichen mit den anderen Bausteinen - trotz des niedrigen Niveaus eine deutlich stärkere Dynamik zu verzeichnen.

Generell hat die Zunahme der SPI-Werte über die Zeit natürlich auch damit zu tun, dass der Anteil der älteren Fahrzeuge im Bestand über die Jahre kontinuierlich abnimmt (Fahrzeugen mit Erstzulassung vor 2009 und fehlendem Testresultat wurde ja eine Bewertung mit 0 Sternen zugeordnet). Dass es sich jedoch keineswegs nur um einen rein statistischen Effekt handelt, zeigt sich, wenn man nur Fahrzeuge mit Erstzulassung ab 2009 in die Analyse einbezieht. Hier steigt z.B. der SPI (Gesamt) von 2,38 im Jahr 2020 auf 2,71 in 2023. Auch bei den SPIs der einzelnen Bausteine findet sich auf dieser Datenbasis jeweils ein monotoner Anstieg in diesem Zeitraum. Aufgrund der Normierung der Testergebnisse auf das Referenzjahr 2020 manifestiert sich darin ein realer Zuwachs an Fahrzeugsicherheit in der Pkw-Flotte.

Gliedert man die Indikatoren zusätzlich nach Pkw-Segment, so nehmen SUV's und Geländewagen zu allen Zeitpunkten die ersten beiden Plätze ein und dies mit relativ deutlichem Abstand zu den anderen Pkw-Segmenten. Die größte Dynamik hinsichtlich des SPI-Anstiegs findet sich bei Fahrzeugen der Oberklasse. Dass das relativ neue Segment der SUV's den höchsten SPI aufweisen, hat allerdings auch damit zu tun, dass der Anteil älterer Fahrzeuge vergleichsweise niedrig ist. Bei der Einordnung der Ergebnisse sollten auch immer die in Kapitel 4 gegebenen Hinweise für deren Interpretation im Blick behalten werden.

5.2.2 Key Performance Indicator (KPI) gemäß EU

Im Gegensatz zum nationalen SPI handelt es sich beim in den EU-Projekten „Baseline“ bzw. „Trendline“ vorgeschlagenen Key Performance Indicator (KPI) zur Fahrzeugsicherheit um Anteilswerte und nicht um Mittelwerte. Zudem werden für diese Berechnung die Original-Sternebewertungen verwendet, d.h. etwaige Veränderungen in den Testprozeduren werden nicht berücksichtigt. Den Fahrzeugbeständen müssen somit neben den auf das Referenzjahr 2020 bezogenen vereinheitlichten Bewertungen (für den nationalen SPI) auch die ursprünglichen Bewertungen zugeordnet werden. Die nachfolgenden KPI's sollten ausgewiesen werden:

- KPI-EU1a) Anzahl der erstmals zugelassenen Fahrzeuge mit einer Euro NCAP-Bewertung von 5 Sternen bezogen auf alle erstmals zugelassenen Fahrzeuge
- KPI-EU1b) Anzahl der erstmals zugelassenen Fahrzeuge mit einer Euro NCAP-Bewertung von mindestens 4 Sternen bezogen auf alle erstmals zugelassenen Fahrzeuge
- KPI-EU2a) Anzahl der erstmals zugelassenen Fahrzeuge mit einer Euro NCAP-Bewertung von 5 Sternen bezogen auf alle erstmals zugelassenen Fahrzeuge mit Euro NCAP-Bewertung
- KPI-EU2b) Anzahl der erstmals zugelassenen Fahrzeuge mit einer Euro NCAP-Bewertung von mindestens 4 Sternen bezogen auf alle erstmals zugelassenen Fahrzeuge mit Euro NCAP-Bewertung

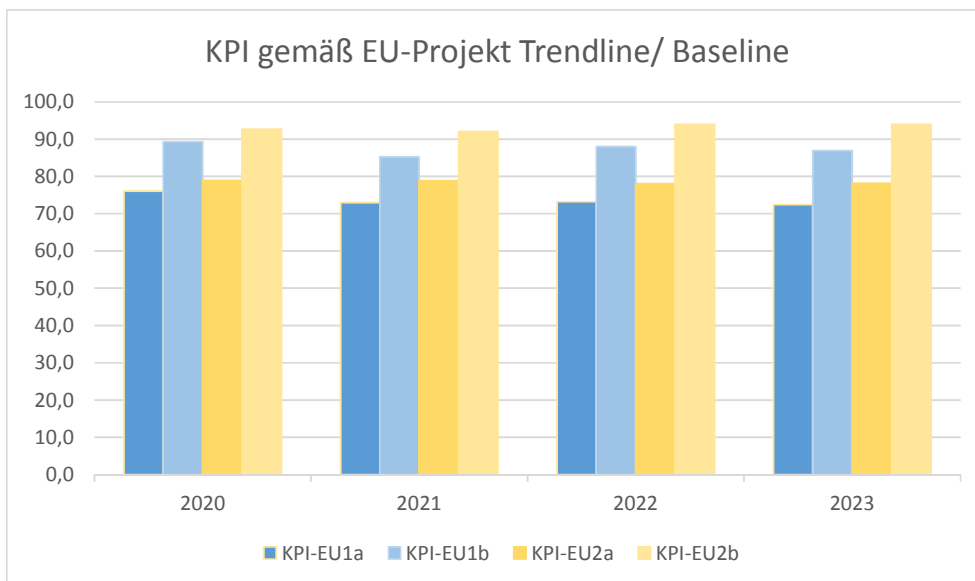


Bild 7: KPI zur Fahrzeugsicherheit 2020-2023 gemäß EU-Projekt Trendline/ Baseline (in %)

Die Ergebnisse zeigen, dass keine der vier KPI-Varianten einen klaren Trend (lineare oder zumindest monotone Entwicklung) im Zeitverlauf aufweist. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass der hier betrachtete Zeitraum teilweise stark von der Corona-Pandemie geprägt war. Generell spiegeln diese Indikatoren das Kaufverhalten von Neuwagenkäufern wider. Welcher Stellenwert dabei der Fahrzeugsicherheit als Kaufentscheidungskriterium zukommt, lässt sich daraus nicht ableiten. Wichtig für den Kaufentscheidungsprozess sind sicherlich auch die jeweiligen ökonomischen Rahmenbedingungen sowie das Angebot an Neufahrzeugen und deren Vermarktung (Preisgestaltung, Werbung, Sicherheitsausstattung, staatliche Förderung u.a.). All diese Faktoren können von Jahr zu Jahr variieren. In

dem KPI manifestiert sich die jeweilige Zusammensetzung der Neuwagenflotte, insofern handelt es sich bei diesem KPI vorwiegend um eine statistische Kategorie.

5.2.3 Zusammenhang zwischen SPI und Unfallzahlen

Zur Bewertung der Eignung der auf Euro NCAP-Tests basierenden SPI als Indikatoren der Verkehrssicherheit im realen Straßennetz wurden log-lineare Regressionsmodelle gerechnet, um den Einfluss der vier SPI auf die jeweils entsprechenden Unfallmerkmale (verunglückte Pkw-Insassen (Erwachsene und Kinder), verunglückte Fußgänger und Radfahrer, unfallbeteiligte Pkw) zu quantifizieren. In allen Analysen wurde der SPI im Pkw-Bestand zum 1. Januar eines Jahres (z.B. 1.1.2024) mit den Unfallzahlen und der Fahrleistung des Vorjahres (hier entsprechend dann 2023) verknüpft.

Als Ergebnis zeigten sich in allen 19 untersuchten Fällen wieder Zusammenhänge zwischen SPI und Unfallgeschehen. Wichtigstes Ergebnis hier: Ein höherer Wert des entsprechenden Safety Performance Indikators geht mit einer geringeren Zahl an verunglückten Personen bzw. unfallbeteiligten Pkw einher.

Es können auf Basis der Berechnungen beispielsweise folgende spezifische Aussagen zur „SPI-Elastizität der Verunglücktenzahl“ gemacht werden: Im Regressionsmodell für die (logarithmierte) Gesamtzahl der verunglückten erwachsenen Pkw-Insassen wird der Koeffizient von $\log \text{SPI}_1$ auf $-0,14$ geschätzt, was eine (signifikante) Reduktion der Zahl der verunglückten erwachsenen Pkw-Insassen (ab 12 Jahre) um $0,14\%$ anzeigt, wenn der SPI (Baustein 1) um 1% zunimmt. Sicherheitstechnische Verbesserungen in der Pkw-Flotte schlagen sich also direkt in rückläufigen Opferzahlen im Straßenverkehr nieder.

Zu berücksichtigen ist, dass der Parameterschätzwert für den jeweiligen SPI zwar stets negativ, aber nicht in allen 19 berechneten Regressionsmodellen auch signifikant ist. Im Wesentlichen kann dies darauf zurückgeführt werden, dass den Modellschätzungen nur die Daten der letzten elf Jahre als Beobachtungen zu Grunde liegen. Insgesamt sollten die Ergebnisse vorsichtig interpretiert werden, da die Corona-Pandemie im Untersuchungszeitraum lag und die Verunglückten- und Beteiligtenzahlen generell von Jahr zu Jahr gewissen zufälligen Schwankungen unterliegen.

Darüber hinaus wurde der Zusammenhang zwischen dem SPI-Gesamtwert und den aus den hier relevanten Unfallzahlen resultierenden monetären volkswirtschaftlichen Unfallkosten analysiert. Hier ergab sich, dass bei einer Zunahme des Gesamt-SPI der Pkw-Flotte um 1% die entsprechenden Unfallkosten ceteris paribus um $0,13\%$ sinken.

5.3 Ausblick

Im vorliegenden Projekt wurden die Ergebnisse der Euro NCAP-Tests dazu benutzt, Safety Performance Indikatoren für die gesamte deutsche Pkw-Flotte auch zu den Stichtagen 1.1.2020 bis 1.1.2024 zu berechnen. Eine entscheidende Voraussetzung hierfür war die Angleichung der Testergebnisse der verschiedenen Jahre im Hinblick auf die im Zeitverlauf geänderten Testprozeduren unter Verwendung des Euro NCAP-Bewertungsverfahrens des Jahres 2020 als Referenz. Mit dieser Angleichung konnte eine kontinuierliche Fortführung der Zeitreihen für die Jahre 2013 bis 2023 gewährleistet werden.

Im Hinblick auf die weitere Fortschreibung des SPI bzw. des Indikatoren-Sets gilt es zu berücksichtigen, dass im Jahr 2026 eine grundlegende Revision des Euro NCAP-Testpro-

gramms geplant ist. Die aktuelle Gliederung der Tests in die 4 Bausteine wird dann aufgegeben, stattdessen findet eine Neugruppierung statt, die sich an den 4 Phasen eines Unfalls orientiert:

- Safe Driving
- Crash Avoidance
- Crash Protection
- Post-crash Safety

Es wird empfohlen, bereits bei der nächsten Fortschreibung des SPI die Auswirkungen dieser umfassenden Revision für die Fortführung des SPI zu untersuchen, um die Zeitreihe konsistent weiterführen zu können.

Literatur

- BAST (2024). Volkswirtschaftliche Kosten von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen. Unter: https://www.bast.de/DE/Publicationen/Statistik/Unfaelle/volkswirtschaftliche_kosten.html. Abgerufen am 21.06.2024
- BÄUMER, M., HAUTZINGER, H. & PFEIFFER, M. (2022). Entwicklung eines Verfahrens zur Generierung eines Safety Performance Indikators aus der Bewertung von Euro NCAP. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F 144. Bremen: Schünemann.
- BMDV (Hrsg.) (2023). Verkehr in Zahlen 2023/2024. Berlin: Bundesministerium für Digitales und Verkehr.
- DESTATIS (2024). Verkehrsunfälle – Zeitreihen 2014-2023. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- DESTATIS (div. Jahrgänge). Verkehrsunfälle - Fachserie 8, Reihe 7. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- ENDERS, W. (2010). Applied Econometric Time Series, 3rd Ed. Hoboken: John Wiley & Sons.
- ETSC (2001). Transport Safety Performance Indicators. Brüssel.
- EURO NCAP (2020). Euro NCAP Rating Review 2018, Version 1.2. Brüssel.
- EURO NCAP (2023). Euro NCAP Rating Review 2023. Brüssel.
- FUNK, W., ORLOWSKI, B., BRAUN, K. & RÜCKER, J. (2021). Safety Performance Indicators im Straßenverkehr - Überblick und Erfahrungen aus der internationalen Praxis. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 311. Bremen: Schünemann.
- GREENE, W.H. (2000). Econometric Analysis, 4th Ed. New Jersey: Prentice Hall.
- HAKKERT, A.S., GITELMAN, V. & VIS, M.A. (Hrsg.) (2007). Road Safety Performance Indicators: Theory. Deliverable D3.6 of the EU FP6 Project SafetyNet.
- KBA (2024). Verkehr in Kilometern - Inländerfahrleistung. Unter https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/vk_inlaenderfahrleistung_node.html. Abgerufen am 21.06.2024.
- WARDENIER, N. & SILVERANS, P. (2023). Baseline report on the KPI Vehicle Safety. Baseline project, Brussels: Vias institute.
- ZIV (Zweirad-Industrie-Verband) (2024). Marktdaten Fahrräder und E-Bikes für 2023. Berlin: ZIV/ VSF.

Bilder

Bild 1: SPI (Baustein 1) der Pkw-Flotte gegliedert nach Pkw-Segment und Bestandsstichtag
(Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2009 – 2023; ZFZR 2014 - 2024)

Bild 2: SPI (Baustein 2) der Pkw-Flotte gegliedert nach Pkw-Segment und Bestandsstichtag
(Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2009 – 2023; ZFZR 2014 - 2024)

Bild 3: SPI (Baustein 3) der Pkw-Flotte gegliedert nach Pkw-Segment und Bestandsstichtag
(Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2009 – 2023; ZFZR 2014 - 2024)

Bild 4: SPI (Baustein 4) der Pkw-Flotte gegliedert nach Pkw-Segment und Bestandsstichtag
(Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2009 – 2023; ZFZR 2014 - 2024)

Bild 5: SPI (Gesamt) der Pkw-Flotte gegliedert nach Pkw-Segment und Bestandsstichtag
(Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2009 – 2023; ZFZR 2014 - 2024)

Bild 6: Bausteinspezifische SPI sowie SPI (Gesamt) der Pkw-Flotte gegliedert nach Jahr
(Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2009 - 2023; ZFZR 01.01.2014 - 01.01.2024)

Bild 7: KPI zur Fahrzeugsicherheit 2020-2023 gemäß EU-Projekt Trendline/ Baseline (in %)

Bild 8: Ergebnis der Expertenbewertung der Euro NCAP-Protokolländerungen seit 2009
(Referenzjahr 2020)

Tabellen

Tabelle 1: Mittlere Sternezahl (Gesamtbewertung) der zwischen 2020 und 2023 in Euro NCAP getesteten Fahrzeugmodelle gegliedert nach Jahr des Tests (Quelle: Euro NCAP 2020 - 2023)

Tabelle 2: Euro NCAP-Punkteschema 2009 - 2023 (Quelle: euroncap.com)

Tabelle 3: Euro NCAP-Bewertungsschema für das Referenzjahr 2020 (Quelle: EURO NCAP 2020, S. 15)

Tabelle 4: Ergebnis der Expertenbewertung der Euro NCAP-Protokolländerungen seit 2020 (Referenzjahr: 2020)

Tabelle 5: Mittlerer Prozentwert (durchschnittlicher Anteil erreichter Punkte) vor und nach der Datenaufbereitung gegliedert nach Baustein und Testjahr (Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2020 - 2023)

Tabelle 6: Durchschnittliche Sternezahl vor und nach der Datenaufbereitung gegliedert nach Baustein und Testjahr (Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2020 - 2023)

Tabelle 7: Bausteinspezifische SPI und SPI (Gesamt) der Pkw-Flotte gegliedert nach Bestandsstichtag (Quelle: Eigene Berechnungen - Datenbasis: Euro NCAP 2009 - 2023; ZFZR 2014 - 2024)

Tabelle 8: Verunglückte Pkw-Benutzer (Fahrer und Mitfahrer) ab 12 Jahre gegliedert nach Unfallfolge und -jahr (Quelle: DESTATIS: Verkehrsunfälle, Fachserie 8, Reihe 7, div. Jahrgänge bis 2021)

Tabelle 9: Verunglückte Pkw-Benutzer bis unter 12 Jahre (Kinder) gegliedert nach Unfallfolge und -jahr (Quelle: DESTATIS: Verkehrsunfälle, Fachserie 8, Reihe 7, div. Jahrgänge bis 2021)

Tabelle 10: Bei Kollisionen mit Pkw verunglückte Fußgänger und Radfahrer (einschl. Pedelecs) gegliedert nach Unfallfolge und -jahr (Quelle: DESTATIS: Verkehrsunfälle, Fachserie 8, Reihe 7, div. Jahrgänge bis 2021)

Tabelle 11: An Unfällen mit Personenschaden beteiligte Pkw-Fahrer gegliedert nach Unfalljahr (Quelle: DESTATIS)

Tabelle 12: Geschätzte Unfallkosten 2013 - 2023 (Quellen: DESTATIS: Verkehrsunfälle, Fachserie 8, Reihe 7, div. Jahrgänge und BASt 2024)

Tabelle 13: Jährliche Pkw-Inländerfahrleistung 2013 - 2023 (Quelle: KBA 2024; BMDV 2023) und Fahrradbestand (einschl. Pedelecs) 2013 - 2023 (Quelle: ZIV 2024)

Tabelle 14: Struktur der statistischen Modelle zum Zusammenhang zwischen SPI und Unfallgeschehen

Tabelle 15: Parameterschätzwerte und Signifikanzen des log-linearen Modells für die Gesamtzahl der verunglückten Pkw-Benutzer ab 12 Jahre

Tabelle 16: Parameterschätzwerte und Signifikanzen für den Faktor „SPI (Baustein 1) der Pkw-Flotte“ in den log-linearen Modellen für die Zahl verunglückter Pkw-Benutzer ab 12 Jahre

Tabelle 17: Parameterschätzwerte und Signifikanzen für den Faktor „SPI (Baustein 2) der Pkw-Flotte“ in den log-linearen Modellen für die Zahl verunglückter Pkw-Benutzer unter 12 Jahre

Tabelle 18: Parameterschätzwerte und Signifikanzen für den Faktor „SPI (Baustein 3) der Pkw-Flotte“ in den log-linearen Modellen für die Zahl der bei Kollisionen mit Pkw verunglückten Fußgänger

Tabelle 19: Parameterschätzwerte und Signifikanzen für den Faktor „SPI (Baustein 3) der Pkw-Flotte“ in den log-linearen Modellen für die Zahl der bei Kollisionen mit Pkw verunglückten Radfahrer

Tabelle 20: Parameterschätzwerte und Signifikanzen für den Faktor „SPI (Baustein 4) der Pkw-Flotte“ in den log-linearen Modellen für die Zahl der bei Unfällen mit Personenschaden beteiligten Pkw

Tabelle 21: Parameterschätzwerte und Signifikanzen des log-linearen Modells für die Unfallkosten

Tabelle 22: Häufigkeitsverteilung der Sternanzahl von Neufahrzeugen in der Pkw-Flotte 2020-2023

Tabelle 23: KPI zur Fahrzeugsicherheit 2020-2023 gemäß EU-Projekt Trendline/ Baseline

Tabelle 24: Berechnungsschema zur Angleichung der zahlreichen Revisionen des Testprogramms auf Basis von Experteneinschätzungen

Anhang

Experteneinschätzungen zu den Auswirkungen veränderter Testprozeduren auf die Euro NCAP-Testergebnisse

Wie in Kapitel 3.1.2 erläutert, gibt es für die zahlreichen Revisionen des Testprogramms kein ausreichend „objektives“ (d.h. aus der Testpraxis fundiert ableitbares) Verfahren, mit dem sich diese Veränderungen in die Neuberechnung der Bewertung mathematisch integrieren lassen.

Um eine hinreichend valide quantitative Einschätzung zu erhalten, wie sich diese Veränderungen der Testprozeduren auf die Fahrzeugbewertung auswirken, wurden daher wieder Expertenurteile herangezogen. Da sich durch diese Änderungen in aller Regel die Anforderungen an die Fahrzeugsicherheit erhöhen und das Jahr 2020 als Referenz benutzt werden soll, müssen im Gegensatz zum Vorgängerprojekt nun Aufschlagsfaktoren für die Testergebnisse 2023 gebildet werden, da die betreffenden Fahrzeugmodelle unter den 2020 gültigen Testbedingungen mit hoher Wahrscheinlichkeit eine bessere Bewertung erhalten hätten. Die entsprechend korrigierten Testergebnisse bilden somit den hypothetischen Fall ab, dass ein im Jahr 2023 getestetes Modell auf Basis der 2020 gültigen Testprozeduren bewertet worden wäre.

Bild 8 zeigt für jeden der 4 Bausteine die ermittelten Veränderungsfaktoren sowohl für den aktuellen als auch für den im Vorgängerprojekt betrachteten Zeitraum (2009 bis 2019).

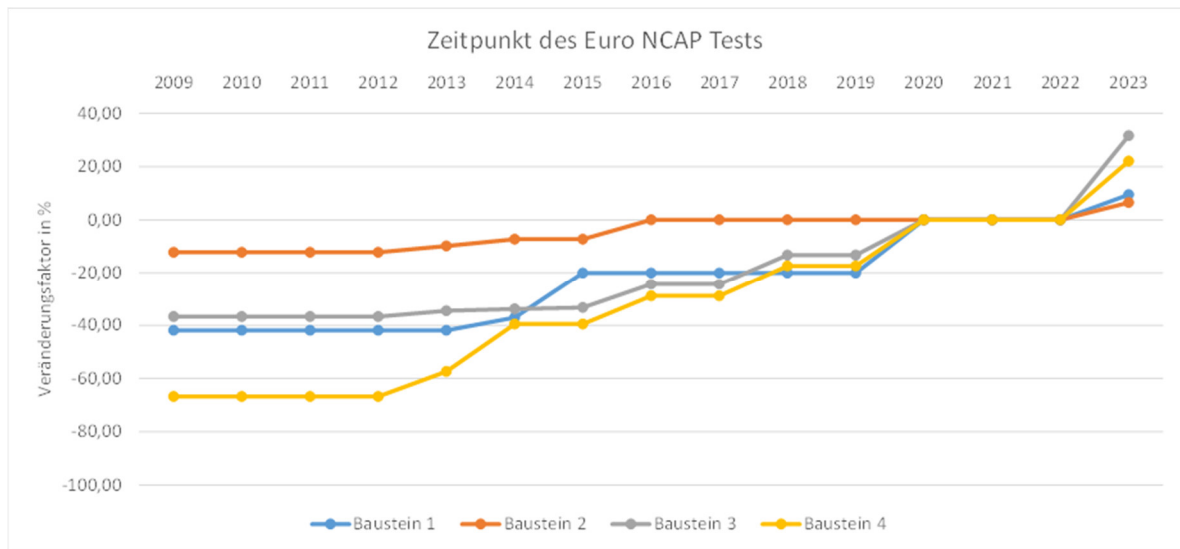


Bild 8: Ergebnis der Expertenbewertung der Euro NCAP-Protokolländerungen seit 2009 (Referenzjahr 2020)

Den Veränderungsfaktoren liegen dabei folgende Überlegungen zugrunde:

- Die *Aufnahme neuer Tests* in das Testprogramm wird durch die hierfür zusätzlich erreichbaren Punkte abgedeckt. Insbesondere bei Systemen der Aktiven Sicherheit wird angenommen, dass Systeme vor Einführung des zugehörigen Tests in Euro NCAP in den bewerteten Modellen nicht oder nur ganz vereinzelt vorhanden waren. Diese werden somit mit 0 Punkten bewertet. So wurden die Systeme Spurassistent und Notbremsassistent erst 2014 in das Testprogramm aufgenommen. Da diese Systeme vor 2014 nur in einigen wenigen Modellen der Oberklasse mit einem sehr geringen Anteil am Gesamtfahrzeugbestand verbaut waren, dürfte ein Einschluss dieser Systeme in die Bewertungen vor 2014 (mit dann 0 Punkten) mit einem nur geringen Fehler behaftet sein. Ab 2023 kam in Baustein 3 die Kategorie „AEB/LSS PTW“ hinzu, welche die neuen Tests „Notbremssystem motor. Zweiradnutzer (AEB PTW)“ sowie „Spurhaltesystem motor. Zweiradnutzer (LSS PTW)“ beinhaltet und in der insgesamt 9 Punkte erreicht werden konnten.
- *Aufhebung von Tests*: Für das System ESC werden seit 2016 keine Punkte mehr vergeben, weil es seitdem keine Neufahrzeuge ohne dieses System gibt. Dies wird hier dadurch berücksichtigt, dass ab dem Testjahr 2016 dem Testergebnis drei fiktive Punkte für ESC zugeschlagen werden (grün markiert in Tabelle 24). Dasselbe gilt auch für das System AEB City (4 fiktive Punkte ab 2020).
- Der *Verschärfung bestehender Tests* wurde bis zum Jahr 2019 durch prozentuale Abschlagsfaktoren (Expertenurteil) auf die Einzel-Testergebnisse der jeweiligen Jahre (je nach Zeitpunkt der Protokolländerung) Rechnung getragen, ab dem Jahr 2020 dann durch prozentuale Aufschlagsfaktoren (Expertenurteil) auf die Einzel-Testergebnisse der jeweiligen Jahre (je nach Zeitpunkt der Protokolländerung).

Die konkrete Berechnung der in Bild 8 dargestellten Werte erfolgt nach dem in Tabelle 24 detailliert aufgelisteten Berechnungsschema. Hierbei werden zunächst je Baustein und Testjahr die testspezifischen Ab- bzw. Aufschläge mit dem erreichbaren Punktwert für den jeweiligen Test gewichtet. Durch Summation über alle Tests des Bausteins ergibt sich pro Testjahr ein neuer maximal erreichbarer Gesamtpunktwert (*Adjusted max. Score*). Diese Werte werden schließlich pro Baustein auf die maximal erreichbare Punktezahl im Jahr 2020 bezogen (*max. Points Referenz 2020*), woraus sich dann die dargestellten Veränderungsfaktoren ergeben (*Ab- bzw. Aufwertung in % insgesamt*).

Diese Ab- bzw. Aufschlagsfaktoren können dann wie in Kapitel 3.1 beschrieben auf den *Anteil* erreichter Punkte (sog. Prozentwert) angewendet werden, um damit abzuschätzen zu können, wie die zwischen 2009 und 2023 getesteten Modelle unter den 2020 geltenden Testkriterien und Testbedingungen abgeschnitten hätten.

Baustein 1

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Adult Occupant Protection															
OB Frontal Impact	16	50,0%	16	50,0%	16	50,0%	8	30,0%	8	30,0%	8	30,0%	8	30,0%	8
MPDB Frontal Impact	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Dynamic Frontal Impact	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Side Impact	8	25,0%	8	25,0%	8	25,0%	8	15,0%	8	15,0%	8	15,0%	6	0,0%	6
Side Impact (MORB)	8	25,0%	8	25,0%	8	25,0%	8	15,0%	8	15,0%	8	15,0%	6	0,0%	6
Side Impact (PABH)	8	25,0%	8	25,0%	8	25,0%	8	10,0%	8	10,0%	8	10,0%	6	0,0%	6
Far Side Impact (MORB & Pole)	4	0,0%	4	0,0%	4	0,0%	2	0,0%	2	0,0%	2	0,0%	4	0,0%	4
Whiplash Front Seats	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1	0,0%	1	0,0%	1,5	0,0%	3	0,0%	3
Whiplash Rear Seats	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	4	0,0%	1	0,0%	1
AEBCity	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	4	0,0%	1	0,0%	1
Rescue	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4	0,0%	4	0,0%
Retting und Bergung	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2	0,0%	2	0,0%
max. Punkte	36	36	36	36	36	38	38	38	38	38	38	42	42	42	44
Adjusted max. Score	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4	26,4	33,6	33,6	33,6	33,6	42	42	42	42	46
max. Points (Referenz 2020)	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	46
Ab-bzw. Aufwertung in % (insgesamt)	-41,9%	-41,9%	-41,9%	-41,9%	-41,9%	-37,1%	-20,0%	-20,0%	-20,0%	-20,0%	-20,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9,3%

Baustein 2

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Child Occupant Protection															
Dynamic Side Frontal Impact	16	20,0%	16	20,0%	16	20,0%	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Dynamic Side Rear Impact	8	10,0%	8	10,0%	8	10,0%	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CRS Installation	12	10,0%	12	10,0%	12	10,0%	12	10,0%	12	10,0%	12	10,0%	12	10,0%	12
Vehicle-based	13	0,0%	13	0,0%	13	0,0%	13	0,0%	13	0,0%	13	0,0%	13	0,0%	13
max. Punkte	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
Adjusted max. Score	43	43	43	43	44,2	45,4	45,4	49	49	49	49	49	49	49	52,2
max. Points (Referenz 2020)	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
Ab-bzw. Aufwertung in % (insgesamt)	-12,2%	-12,2%	-12,2%	-12,2%	-9,8%	-7,3%	-7,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,5%

Baustein 3

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
VRU Protection															
Head Impact	24	5,0%	24	5,0%	24	5,0%	24	0,0%	24	0,0%	24	0,0%	24	0,0%	18
Leg Impact	6	6,7%	6	6,7%	6	6,7%	6	0,0%	6	0,0%	6	0,0%	6	0,0%	13,5
Upper Leg Impact	6	3,8%	6	3,8%	6	3,8%	6	0,0%	6	0,0%	6	0,0%	6	0,0%	10,0%
AEB/AS VRU-Pedestrian	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,0%
AEB/AS VRU-Cyclist	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7
AEB/AS VRU-Pedestrian	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9
AEB/AS PTW	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2
max. Punkte	36	36	36	36	36	36	42	42	42	48	48	54	54	54	63
Adjusted max. Score	34,175	34,175	34,175	35,375	35,375	35,775	40,8	40,8	40,8	46,8	46,8	54	54	54	71,1
max. Points (Referenz 2020)	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Ab-bzw. Aufwertung in % (insgesamt)	-36,7%	-36,7%	-36,7%	-36,7%	-34,5%	-34,5%	-33,3%	-24,4%	-24,4%	-13,3%	-13,3%	0,0%	0,0%	0,0%	31,7%

Baustein 4

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Safety Assist															
SBE (Seat Belt Reminder)	3	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	2
Occupant Status	1	10,0%	1	10,0%	1	10,0%	3	10,0%	3	10,0%	3	0,0%	3	0,0%	3
SAS (Speed Assistance Systems)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1	0,0%	1	0,0%	4	0,0%	4	0,0%	3
LSB C2C (Lane Support Systems Car to Car)	3	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	3
ESC	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	3	0,0%	3
AEB/AS CCR-C2C	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3	20,0%	3	20,0%	3	0,0%	6	0,0%	6
AEB/AS Pkw-Pkw Heckaufprall / Kreuzung	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9
max. Punkte	7	7	7	7	7	13	13	15	15	16	16	19	19	19	21
Adjusted max. Score	6,3	6,3	6,3	6,3	8,1	11,5	13,5	13,5	13,5	15,7	15,7	19	19	19	23,2
max. Points (Referenz 2020)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Ab-bzw. Aufwertung in % (insgesamt)	-66,8%	-66,8%	-66,8%	-66,8%	-57,4%	-39,5%	-39,5%	-28,9%	-28,9%	-17,4%	-17,4%	0,0%	0,0%	0,0%	22,1%

Tabelle 24: Berechnungsschema zur Angleichung der zahlreichen Revisionen des Testprogramms auf Basis von Experteneinschätzungen

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

2024

F 156: Entwicklung eines Konzepts und Lastenheftes für eine Szenariendatenbank zur Bewertung der Sicherheitswirkung hochautomatisierter Fahrfunktionen

Klinge, Krampitz, Ehrich, Siemon, Wiegand, Lassowski, Stavesand, Simon

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 157: Statistischer und methodischer Ansatz zur Erhebung vertiefter Verkehrsunfalldaten

Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 158: Wissenschaftliche Begleitung der Teilnahme von Elektrokleinstfahrzeugen am Straßenverkehr

Unger, Grosche, Rößler, Uhlenhof, Bierbach, Huster, Panwinkler, Straßgütl, Suing, Zelazny

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 159: Pilotprojekt zu Emissionsmessungen mittels Remote Sensing Devices

Hager, Kathmann, Brandt, Roggendorf, Scharrenbroich, Borken-Kleefeld

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2025

F 160: Verbesserte Unfallrekonstruktion durch zusätzliche Anknüpfungstatsachen und KI

Breitlauch, Erbsmehl, Schramm, Urban, Hauck, Sinen, Espig, Walter, Jänsch

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 161: Datenverknüpfung zur Erfassung von Fahrzeugausstattungen in GIDAS

Rößler, Uhlenhof

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 162: Motorrad Kurven-ABS MOKABS

Erlinger, Kraut, Tomasch, Ausserer, Rieß, Kaufmann

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 163a: Anhänger mit elektrisch angetriebener Unterstützungsachse

Seiniger, Bierbach, Bartels, Gail

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 163b: Trailers with an electrically powered support axle

Seiniger, Bierbach, Bartels, Gail

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 164: Methodenstudie zur Konzeption der Fahrleistungserhebung 2026

Bäumer, Pfeiffer, Kathmann, Müller, Wyrich, Eisenmann, Nobis

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 165: Prognose des Kraftschlusspotenzials bei schweren Güterkraftfahrzeugen (> 12 t zGG.)

Büteröwe, Müller

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 166a: Forschungsbedarf Teleoperation

Arbeitsgruppe „Forschungsbedarf Teleoperation“

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 167: Psychologisch-technische Anforderungen an einen Teleoperatorarbeitsplatz

Gary, Maag, Merkel, Neukum

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 168: Erhebung des Informationsverhaltens der Verkehrsteilnehmer

Bäumer, Pfeiffer, Kathmann, Müller, Lammer

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 169: Werbung an Fahrzeugen

Zwicker, Schulze, Petzoldt

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 170: Recherche zu Bremsstaubemissionen im Rahmen von EURO 7 – Technologiebewertung verschiedener Bremssysteme zur Erfüllung der Euro 7 Bremspartikelgrenzwerte

Crampen, Vossen, Seibel

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 171: Bewertung der Usability und Akzeptanz eines kontinuierlichen Informations- und situationsspezifischen dynamischen Warnkonzeptes

Graefe, Karakaya, Bengler, Prasz, Maruhn

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 172: Vernetzung von Fahrrädern – Direkte Kommunikation von Fahrrädern mit anderen Verkehrsteilnehmenden

Bargmann, Pflug, Hermann, Junghans

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 173: Untersuchung zur Wirksamkeit sowie Notwendigkeit von zusätzlichen gerichteten gelben Kennleuchten (Warnleuchten) an Kraftfahrzeugen

Helmer, Trampert, Baumann, Zimmermann

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2026

F 174: Entwicklung und Erprobung eines pragmatischen Prüfansatzes für die Fahrsicherheit automatisierten und autonomen Fahrens

Grabowski, Gasser, Bourauel, Sander, Hellmann, Seiniger, Gail

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 175: Daten bildgebender Verfahren der Medizin in GIDAS

Wagner, Schick, Rahm, Mühlbauer, Bauer, Peldschus

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 176: Fortführung der Bestimmung von fahrzeugtechnischen Safety Performance Indikatoren aus der Bewertung von Euro NCAP (Jahre 2020 - 2023)

Bäumer, Pfeiffer

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG


Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen

Telefon (04 21) 3 69 03 - 0 · E-Mail: kontakt@schuenemann-verlag.de

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

www.schuenemann-verlag.de

Alle Berichte, die nur in digitaler Form erscheinen, können wir auf Wunsch als »Book on Demand« für Sie herstellen.



ISSN 0943-9307
ISBN 978-3-95606-926-0
<https://doi.org/10.60850/bericht-f176>

www.bast.de