

**Ermittlung der realistischen  
Verkehrsverteilung auf  
mehrstreifigen Bundesfern-  
straßen als Eingangsgröße  
für die rechnerische Dimen-  
sionierung und Bewertung  
der strukturellen Substanz**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Straßenbau Heft S 161**

**bast**

# **Ermittlung der realistischen Verkehrsverteilung auf mehrstreifigen Bundesfern- straßen als Eingangsgröße für die rechnerische Dimen- sionierung und Bewertung der strukturellen Substanz**

von

Thorsten Kathmann  
Stephan Schroeder

DTV-Verkehrsconsult GmbH  
Aachen

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Straßenbau Heft S 161**

**bast**

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. 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 Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Ed. Schünemann KG, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** stehen zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.  
<https://bast.opus.hbz-nrw.de>

## Impressum

**Bericht zum Forschungsprojekt FE 83.0028/2013:**  
Ermittlung der realistischen Verkehrsverteilung auf mehrstreifigen Bundesfernstraßen als Eingangsgröße für die rechnerische Dimensionierung und Bewertung der strukturellen Substanz

### Fachbetreuung

Bianca Leipzig

### Referat

Analyse und Entwicklung von Straßenoberbauten

### Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

### Redaktion

Stabsstelle Presse und Kommunikation

### Druck und Verlag

Fachverlag NW in der  
Carl Ed. Schünemann KG  
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen  
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53  
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48  
[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

ISSN 0943-9323  
ISBN 978-3-95606-635-1

Bergisch Gladbach, Oktober 2021

## Kurzfassung - Abstract

### Ermittlung der realistischen Verkehrsverteilung auf mehrstreifigen Bundesfernstraßen als Eingangsgröße für die rechnerische Dimensionierung und Bewertung der strukturellen Substanz

Bei der Erstellung der RStO 2012 erfolgte keine Überprüfung bzw. Anpassung der ursprünglichen Fahrstreifenfaktoren  $f_1$ . Die Vielzahl von Randbedingungen (z.B. Geschwindigkeitsbeschränkungen, Überholverbote und auch Verkehrssteuerungsmöglichkeiten) erfordern die Überprüfung der ursprünglich angenommenen Aufteilung des Schwerverkehrs auf die Fahrstreifen. Um auch für den Fahrstreifenfaktor  $f_1$  zukünftig aktuelle und belastbare Eingangsparameter bei der Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung  $B$  zugrunde legen zu können, wurde im Rahmen des gegenständlichen Forschungsprojektes ein Verfahren entwickelt, mit dem die Aufteilung des Schwerverkehrs bei mehrstreifigen Richtungsfahrbahnen ermittelt werden kann.

Die Ableitung der Fahrstreifenfaktoren erfolgte auf der Basis der Daten der automatischen Dauerzählstellen auf den mehrstreifigen Bundesfernstraßen. Hierzu wurden in einem ersten Schritt die Randbedingungen der Zählstellen aufgenommen und ein entsprechendes Zählstellenkollektiv ausgewählt.

Im Rahmen einer deskriptiven Statistik wurde zunächst der Einfluss der einzelnen Parameter untersucht. Hierbei zeigte sich, dass neben der Anzahl der Fahrstreifen nur wenige Randbedingungen einen nennenswerten Einfluss auf den Fahrstreifenfaktor haben. Größere Unterschiede konnten nur bei verschiedenen Steigungen auf 3-streifigen Abschnitten festgestellt werden. Die empfohlenen aktualisierten Faktoren wurden abschließend tabellarisch zusammengestellt. Es zeigt sich, dass im Vergleich zu den in der RStO 12 enthaltenen Faktoren insgesamt deutlich höhere Werte erreicht werden.

Für Abschnitte mit temporärer Seitenstreifenfreigabe wurde ein modelltheoretischer Ansatz entwickelt, mit dessen Hilfe in Abhängigkeit von der Tagesganglinie und den Schaltzuständen der TSF die jeweiligen Fahrstreifenfaktoren ermittelt werden können.

Insgesamt stehen somit für die standardisierte und rechnerische Dimensionierung und Bewertung der strukturellen Substanz wieder realistische Verkehrsverteilungen für mehrstreifige Bundesfernstraßen zur Verfügung.

### Determination of a realistic traffic distribution on multi-lane federal roads as input parameter for numerical dimensioning and assessment of the structural substance

When the RStO 2012 was drawn up, the original lane factors  $f_1$  were not checked or adjusted. However, the wide range of boundary conditions (such as speed restrictions, overtaking prohibitions and traffic control facilities) require a re-examination of the original distribution of heavy traffic on the different lanes.

In order to be able to use current and robust input parameters for the lane factor  $f_1$  for calculating the dimensioning-relevant load  $B$  in the future, a procedure was developed within the framework of the research project, which can be used to determine the distribution of heavy traffic in multi-lane directional lanes.

The lane factors were derived on the basis of the data of the automatic classifiers on the multi-lane main roads. To this end, the boundary conditions of the counting locations were recorded in a first step and a relevant collective of automatic classifier locations was selected for further analysis.

In the context of descriptive statistics, the influence of the individual parameters was first investigated. It was found that in addition to the number of lanes, only a few boundary conditions have a significant influence on the lane factor. Larger differences could only be observed for different slopes on 3-lane sections. The recommended and updated factors were compiled in tabular form. Compared to the factors contained in the RStO 12, significantly higher values are achieved.

For sections with temporary use of the hard strip, a model-theoretic approach has been developed, with the aid of which the respective lane factor factors can be determined depending on the time-variation curve and the times when the use of the hard strip is allowed.

All in all, new parameters for the realistic distribution of traffic are now available for multi-lane federal roads. They can be used for the computational dimensioning of the road surface and the evaluation of the structural substance.





## Summary

### Determination of a realistic traffic distribution on multi-lane federal roads as input parameter for numerical dimensioning and assessment of the structural substance

Due to limited budgetary resources, there is a tendency in road construction to look for possible potential savings and optimization options in order to make more efficient use of available resources. To this end, the methods for the computational dimensioning of road surfaces have been introduced which require the most exact description and quantification of the input variables.

The thickness and structure of a road structure are determined as a function of the dimensioning-relevant load  $B$ , which is essentially dependent on the heavy traffic  $AADT_{HGV} / DTV_{SV}$ , the axle number factor  $f_A$  and the load spectrum quotient  $q_{BM}$ . Furthermore, the type of traffic detection (cross-section, direction-of-travel or lane-related) as well as the lane selection behaviour of the heavy traffic via the lane factor  $f_1$  are taken into account during the dimensioning.

In the framework of the revision of the predecessor guideline (RStO 2001), the RStO 2012 essentially amended the calculations to include increased traffic loads and changed traffic combinations (axle number factor  $f_A$  and load spectrum quotient  $q_{BM}$ ). An examination or an adaptation of the original lane factors  $f_1$  did not take place at the time.

In order to be able to use current and robust input parameters for calculating the dimensioning-relevant load  $B$  also for the lane factor  $f_1$  in the future, a method is to be developed within the framework of the research project which can be used to determine the distribution of heavy traffic in multiple directional lanes.

It is the objective of the project to ensure that the road surface is dimensioned in a manner appropriate to the requirements by taking into account various boundary conditions and a description of the local input parameters as realistic as possible.

### Important parameters

According to the German Road Traffic Regulations (StVO) §2 Paragraph 2, the most right lane is to be used if possible (compulsory right hand driving ("Rechtsfahrgebot"). Pursuant to section 7 (2) of the Road Traffic Regulations, on roads with several

lanes per direction motor vehicles may deviate from this system if traffic density permits. (StVO, 2015)

Moreover, the number of available lanes can be increased by the release of the side strip. In this case, road sign 223.1 releases the side strip as a lane, which is then to be used as a normal right lane. With the sign 223.2, the release of the side strip is canceled again. Where the external boundary conditions permit this, the side strip release is temporarily carried out on regularly overloaded motorways in order to temporarily provide an additional lane in peak hours and thus an increased capacity of the cross-section.

In addition to the number of lanes per direction, the distribution of heavy traffic on the driving lanes is also dependent on further boundary conditions.

From the statistical analyses carried out by LATZEL (2015), there were indications of the dependencies of the lane factors on the following features:

- Number of lanes per direction
- Truck overtaking prohibition
- Level of Service, Definition of load factors
- Longitudinal Gradient (only minor correlation)

The effects of the slightly increased lane factors from the counting data on the dimensioning of the road surface according to RStO 12, RDO Asphalt 09 and RDO Concrete 09 are classified as low by LATZEL (2015), since other factors within the determination of the load  $B$  are more significant. Only in cases where the results are in the boundary region between two construction classes a slightly larger lane factor can be decisive for the dimensioning.

In addition to the dependencies for the lane factor so far contained in the guidelines, a dependency on the road condition could also be assumed. Within the framework of a research project, KOMMA ET AL. (2015) examined the influence of the road condition on traffic behavior.

Among other things, the lane choice behaviour of the vehicles was examined here. The background was a presumption that passenger cars (and, if necessary, also trucks) drive on the first overtaking lane in low traffic conditions if the road condition – especially the rutting depth - of the right lane is poor. Here, only the night hours of several days were chosen, as a free lane choice is only available with low traffic conditions (as opposed to higher daytime traffic when the lane selection is not completely free).

Nevertheless, the results on the examined cross sections have shown that the lane coverage is independent of the road condition.

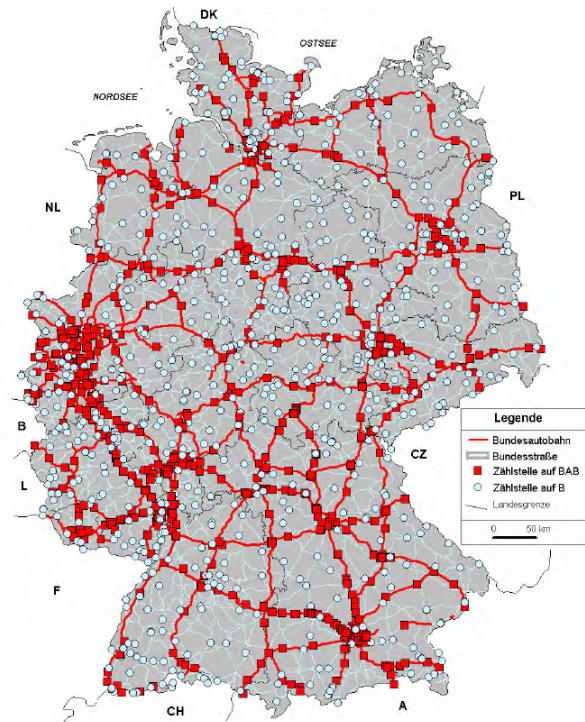
All in all, it should be noted that in the international design manuals so far only the number of lanes (as in the German RStO 12) as well as the traffic volume - heavy traffic or total traffic - are essential conditions for selecting the lane factor. The influencing variables mentioned by PAGER (2016) should primarily serve to select the permanent counting points to be used for the determination of the lane factor, and to filter out faulty data (detector failure, work stations).

Based on the findings presented above, the following possible influencing variables can be defined:

- AADT
- Percentage of HGV's
- Number of lanes
- Truck-overtaking ban
- Speed limit / telematics application
- Temporary side strip release
- Location in Agglomeration (yes/no)
- Longitudinal Gradient
- Distance to the next junction
- Junction density

### Automatic Classifiers in Germany

Since 1975, the traffic volumes with automatic classifiers have been recorded and analyzed in Germany on selected sections of the Federal Highway Network. As of 2015, this network comprises 1,744 permanent sites. Of these, 929 are on federal motorways and 815 on federal roads (BAST, 2016, see also FITSCHEN & NORDMANN, 2014). Overall, this results in a good coverage of the Federal Highway Network (Fig. 1).



**Fig. 1:** Map of the automatic classifiers on federal roads in Germany (FITSCHE & NORDMANN, 2014)

The vehicles are continuously recorded and classified at the automatic classifiers. The recorded data are summarized as hourly values, which are separately available for each lane. At 96% of all counting locations a differentiation according to 8 + 1 vehicle types (see TLS 2012) is now possible. A further 2% have a differentiation according to 5 + 1 vehicle types.

In order to improve the data quality and, in particular, to close data gaps, the hourly data of the automatic classifiers are subjected to a plausibility check. The exact method is described in FITSCHEN & NORDMANN (2014). Within the scope of the closure of data gaps, vehicle quantities as well as vehicle types and distribution to the respective lanes are estimated. The traffic composition as well as the lane division are here determined on the basis of plausible data records of the different time ranges of the same counting location. All changes to the data records are documented.

The data of the automatic classifiers on multi-lane federal roadways are to be used as a basis to determine the lane factors for different boundary conditions. For this purpose, the plausible hourly values for the years 2008 to 2015 were made available by the Federal Highway Research Institute (BAST). The data is available in the typical BAST format (BAST-Bestandsbandformat) and has been imported into the evaluation program DAUZ.

In addition to the data, the counting location directory available at the BAST was also transmitted. Here, among other things, information on the exact location of the metering point, vehicle differentiation and other boundary conditions are recorded. For further analysis of the data, the following information was helpful, which unfortunately was not always complete:

- Type of counting location
- Vehicle differentiation
- Number of lanes direction 1/2
- Speed limit direction 1/2
- Truck overtaking ban direction 1/2
- Location in agglomeration

The documentation of the classifier location (xls- or pdf-file) available at the BAST was also made available to the researcher. Overall, the information provided here is a good basis, but the existing feature fields are not always completely filled and further parameters have to be added.

### **Documentation of the boundary conditions of automatic classifier locations**

Since the boundary conditions were not completely filled up for all counting locations and, in addition, individual boundary conditions were defined for the lane factor, which so far were not necessary for the evaluation, these features had to be supplemented. The aim was therefore to use appropriate methods to supplement the missing boundary conditions in order to obtain a complete documentation. Based on this, the selection of suitable counting location collectives can be designed.

For the determination and also verification of the different boundary conditions different procedures were used which differ in terms of effort and also accuracy of the results.

In this case, the two directions of travel of a counting location were viewed separately from each other, as if they were two independent counting locations each with one direction of travel. The percentage of heavy traffic on the right lane in relation to the direction of travel is the most important factor. In the context of this project almost exclusively roads with structural directional separation are considered, so cross-section values are not of interest.

A restricted account for the IT ZEB database has been created for the assessment of the route and the respective location of a classifier. This gave access to the most recent information available of

the federal autobahns and federal roads in all federal states.

The position of the counting location is determined by coordinates. The traffic signs of the section could be analyzed using the visual material of the IT-ZEB. Thus, for each counting cross-section, the permitted static speed limit, an existing static truck overtaking ban, and the position within the range of a telematics application (VBA) could be determined.

Characteristics of the routes, e.g. Information on the longitudinal gradient could be supplemented by an additional tabular compilation.

There have been various approaches to assessing the existence of a counting location within an agglomeration area. Since this information is hardly used in practice, the entries in the BAST counter register are very incomplete. The basis for these entries is the assessment of the location of a classifier in comparison to large cities by the user.

A clear, universal definition of the term "agglomeration area" is not known in practice - in particular not with respect to counting locations.

A classification of Germany into so called BIK-regions by ASCHPURWIS & BEHRENS (2016) is very common. This classification is also used, for example, by the Federal Statistical Office, and is essentially based on the evaluation of commuter flows and population density. This classification was also used in the present research project.

It was also the aim to look for a possible solution to determine the distance to the next junction. For the distance to the next junction or to the next intersection so far no information was available. Sometimes only indirect data such as the road station according to the road information system (BISStra) was available.

For this purpose, the geo coordinates of the counting locations were used as data bases in order to intersect them with the likewise georeferenced entries from the location code list (LCL) of the BAST. For this, only selected entries were considered, which are types P1 (Intersections, junctions etc.) or P3 (service areas, parking lots, etc.) and certain subgroups. By means of this programmed method, the respective points (counting locations, junctions) were calculated and sorted with respect to the stretch of road, so that a series of the elements were present at the end. From the resultant sequence, the distances and numbers of junctions, the mean junctions distance (= junction density) and the distance to the next junction were calculated.

## Data processing and evaluation

The program package DAUZ was mainly used for the evaluation of the count data.

In addition, the available data was pre-filtered for usability. The data preparations carried out are described below.

The maximum available collective is limited in practice due to different characteristics of the counting locations. Some of these may even vary from year to year. This relates, for example, to the amount of estimated values at a counting location. The counting technology used and the number of different vehicle types can also have improved over the years. In 2015, the collective consisted of 1,552 directional counting locations (hardly limited), whereas in 2008, for example, only 1,022 directional counting locations were available.

It also makes sense to use only counting locations for the evaluation where the proportion of estimated traffic data is not too high. In agreement with the client, a limitation of the permitted percentage of estimated data was defined as 70%.

After the filtering described here has been carried out, the counting point collective has already been restricted and unsuitable counting locations are rejected (for example, single-lane and virtual cross-sections, only counting locations with a 5 + 1 or 8 + 1 classification, estimated values  $\leq 70\%$ ). To filter the counting locations, programmed routines were used.

In the next step, the lane factor for each counting year, separated by the direction of travel, was calculated for the selected counting locations. To get an overview of the lane factor for a typical collective as a whole, the average lane factors were calculated for different road classes (BAB, B), different number of driving lanes and considering the parameter "lorry overtaking ban".

It was found that both the scale of the lane factors and their spread are relatively constant in the years 2008 to 2015. This is due to the fact that within the counting years, the same counting locations are largely used. Therefore it was concluded that no value is added by increasing the sample size using as many census years as possible. In addition, individual characteristics and boundary conditions may have changed since 2008. Against this background, only the data from the latest counting years 2014 and 2015 were used for further analyzes.

During the plausibility check of the data records, some counts were also noticed which have particularly small lane factors. As a test criterion,

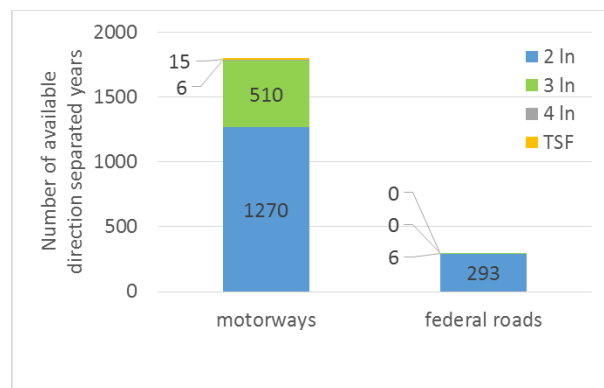
whether the lane factor is extremely low, a limit of 85% was assumed for directions with two lanes and a value of 80% for three lanes in one direction.

For this outlier check, all data records whose lane factors were below the above-mentioned limits are individually tested for possible characteristics by means of satellite images and / or the images of the IT-ZEB. In the case of very small lane factors it was quite often noted that the counting locations lies in the vicinity of a larger intersection or a major junction. This results in the fact that the right lane is ultimately the turning lane.

If no clear indications for untypical boundary situations could be obtained from the aerial images or the IT-ZEB images, the lane factors of the metering points were compared over all available counting years (2008 - 2015). If the conspicuous value that led to the outlier check does not fit into the time series, this counter data record was also removed from the entire collective.

All other records whose lane factors are below the threshold values for the outlier test, but no peculiarities were found, were included in the overall collective.

From the data sets thus tested and filtered, a robust basic collective is obtained, which was used for all further analyses. The composition of the basic collective of road classes and number of lanes (including temporary side strip release, TSF) is shown in Fig. 2.



**Fig. 2:** Basic collective: direction-separated counts in 2014/2015, by road class and number of lanes

After transferring missing information from the documentation of the permanent counts, further information about the boundary conditions is available. In order to visualize this information and to provide it for internal use, all the information about the classifier locations has been integrated into an internet-based map. Numerous filter possibilities allow the evaluation and visualization of the database.

## Calculation of the lane factors

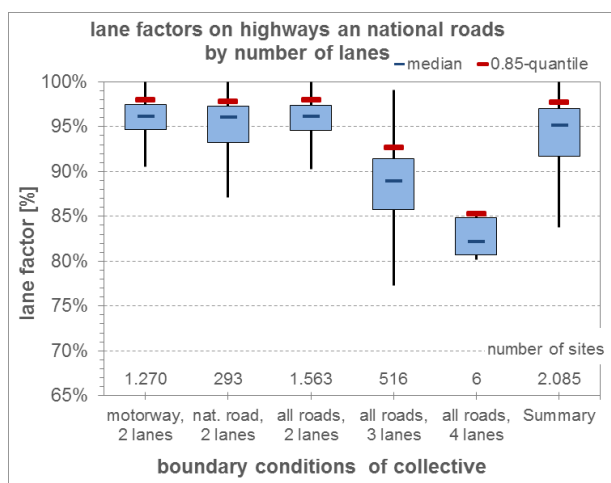
By means of descriptive statistics, the individual characteristics were first viewed separately and the results were compared. For this purpose, the lane factors were displayed for each characteristic for different value ranges in the form of box-plot diagrams.

In this way, the median is marked as a horizontal line within the box. The box itself marks the area where 50% of all values lie. Accordingly, it is bounded by the upper (75%) and lower (25%) quartiles. The length of the box is called an interquartile range (IQR). The lines above and below the box, the so-called whiskers, end with the value from the data, which is still within 1.5 times the interquartile distance, but do not exceed the greatest / smallest single value.

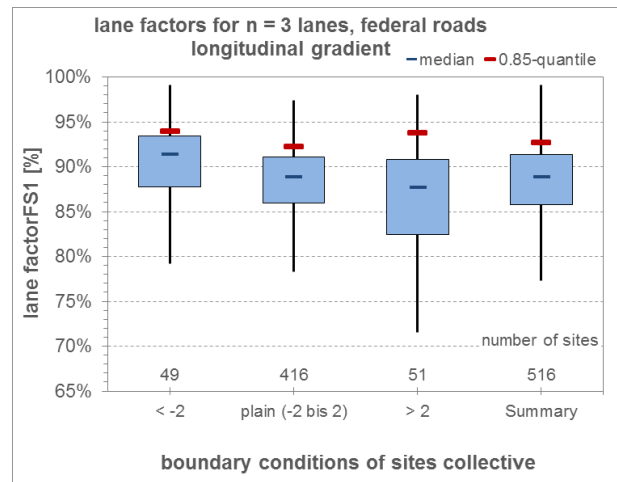
Furthermore, the number of road sections with in the subgroups is shown in the diagrams in order to be able to take the accuracy of the values indirectly into account when interpreting the results. For further information, the 85% quantile value of the lane factor of the respective subgroups is also entered as a red horizontal line in the diagrams. It marks the lane factor, which is only exceeded by 15% of the values within the subgroup.

Based on the analysis of the results, it was found that only a few parameters have a significant influence on the lane factors.

This includes, in particular, the evaluation of the lane factors shown in Fig. 3, separated by the number of lanes and the road category. In addition, a correlation between the lane factor and the longitudinal gradient could be determined for road sections with three lanes per direction (see Fig. 4).

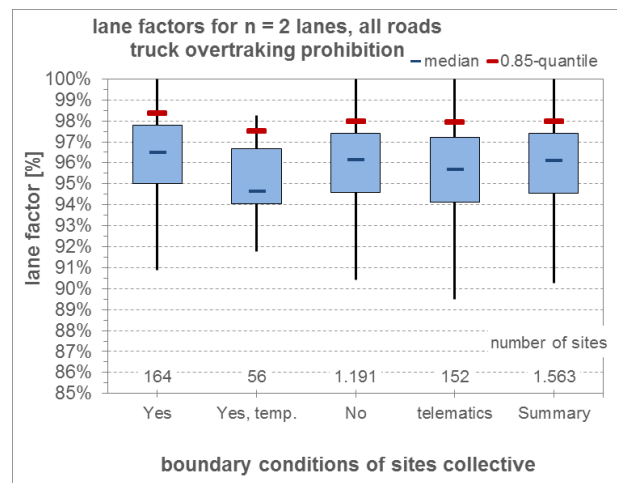


**Fig. 3:** Lane factors as a function of the road class and the number of lanes



**Fig. 4:** Lane factors as a function of the lane number and the longitudinal gradient (3 lanes)

The other evaluations have shown that the lane factors vary only in a small range and there are no significant differences. This is shown even in the analysis of the overtaking ban for trucks, exemplary shown for directions with two lanes in Fig. 5.



**Fig. 5:** Lane factors as a function of truck overtaking prohibition (2 lanes)

Based on the evaluations and analyses, the following findings can be summarized:

- The counting locations on motorways (BAB) and A-roads (B) can be considered together in one collective.
- Overall, the fluctuation widths of the lane factor in the different classes are rather small.
- The location of a road within or outside a agglomeration area does not affect the lane factor.
- The arrangement of a truck overtaking ban has only a minor influence on the lane factor.

- The differentiation according to the number of lanes is still appropriate and should be maintained.
- Different permissible speed limits have only a slight influence on the lane factor and can be neglected.
- An influence of the longitudinal gradient could be determined only with three-lane roadways.
- There is little influence on the traffic load (AADT value and type of time-variation-curve).
- As the percentage of HGVs increases, the lane factor drops slightly

### Recommendations of new lane factors

Both the median value and the 85% quantile value were shown in the previous statements and representations. In principle, both values are suitable for determining future characteristic values, which then find input into the guidelines. However, the median values are initially given priority, since additional safety surcharges can thus be anchored uniformly in the guidelines itself.

The number of lanes and the longitudinal gradient have been found as essential influencing variables on the lane factors. Based on this, the lane factors summarized in Tab. 1 are proposed as final values. The 85%-quantile values of the lane factors are compiled in analogy in Tab. 2.

Number of lanes per direction	Factor $f_1$
1	1,00
2	0,96
3 (level)	0,89
3 ( $g > 2\%$ )	0,88
3 ( $g < 2\%$ )	0,91
4 and more	0,85

Tab. 1: Recommendations of new lane factors (Median values)

Number of lanes per direction	Factor $f_1$
1	1,00
2	0,98
3 (level)	0,92
3 ( $g > 2\%$ )	0,94
3 ( $g < 2\%$ )	0,94
4 and more	0,92

Tab. 2: Lane factors as 85%-Quantile values

Compared to the existing lane factors, the recommended new lane factors have significantly increased. In the context of sensitivity studies, the effects on the dimensioning-relevant load B were analyzed.

From the calculation formula of the load B

$$B = N \cdot DTA^{(SV)} \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365$$

it is clear that a linear relationship exists for all factors.

Using average traffic characteristics with different traffic growth factors and varying the lane factor between 0,9 and 1,0 as a result the load B varies between 53 million and 96 million. Nevertheless, in all cases the Bk100 is reached and a dimensioning according to RDO is not yet recommended.

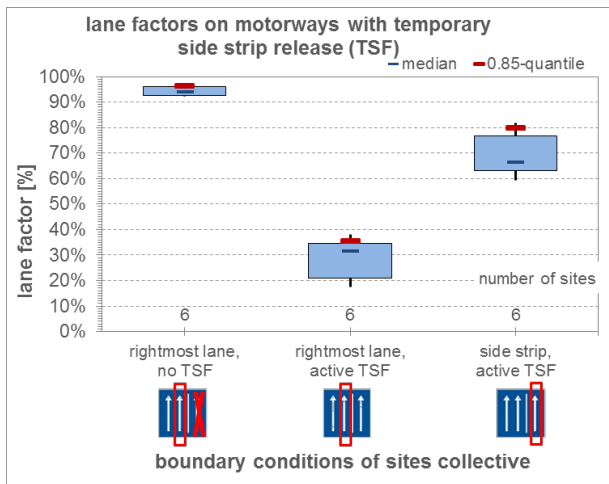
In addition to the relationship shown here, it was analyzed which traffic volumes as a function of the lane factor lead to a change in the building class Bk. It is shown that, due to the recommended higher lane factor, the next higher load class is already achieved with a traffic volume ( $AADT_{HGV}$ ) which is about 7% lower.

### Lane factors on road sections with temporary side strip use (TSF)

The evaluations of the counting locations in the area of temporary side strip use have shown that the lane factors ascertained here differ fundamentally from those of the other collectives.

A total of 6 counting locations with a clear temporary side strip release were available for detailed analysis. The counting data were analyzed with regard to the actual states of the TSF and an evaluation per lane was made for the different states (see Fig. 6).



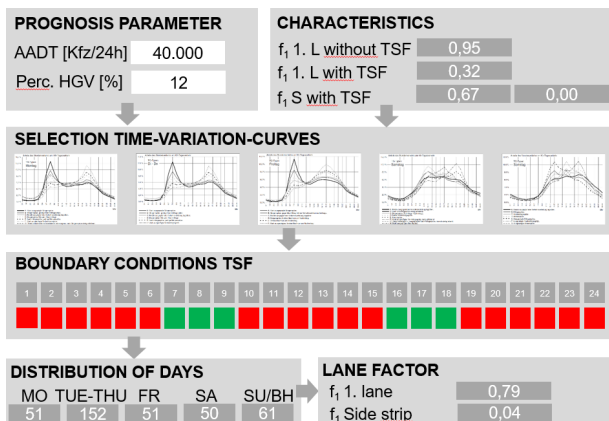


**Fig. 6:** Lane factors in the area of temporary side strip release for different lanes and states

The results show that here, too, the lane factor is 94.1% when the side-strip release is not active and thus does not show any large deviations from the other collectives. As soon as the TSF is activated, the lane factor on the right lane drops to 31.5%, as in these hours, in particular, heavy traffic is shifted to the side strip. The lane factor for the side strip and for this time range is 66.5%.

A methodological approach has also been developed as to how the lane factor can be determined for these areas. Taken into account is the time period when the side strip is released for use. In this case, not only is a determination of the lane factors for the main lane, but additionally also for the temporarily used side strip possible.

The basic methodical concept is shown schematically in Fig. 7 and is also explained below.



**Fig. 7:** Model approach for the calculation of the lane factor taking into account the temporary side strip release

The input variables are primarily the lane factors currently determined by means of the existing

permanent classifiers for areas with temporary side strip release.

The other prognosis variables - AADT value and percentage of heavy traffic - are generally known but are not absolutely necessary for the determination of the lane factor because this is only determined with the aid of share values [%].

In order to be able to estimate the proportion of the vehicles affected by the temporary side strip release, the knowledge of the time-variation curve as well as the hours of operation of the TSF are necessary. With the aid of this information, it is possible to determine how the traffic volume is distributed over the individual lanes / side strips for the different daily time-variation curves.

If these distributions per daily time-variation curve are also weighted with the respective number of days per year of the specific type, the relevant lane factor can be determined.

The method presented here offers the advantage that it can be easily implemented in Excel. Against this background, this was carried out as an example.

### Summary and Outlook

The lane factor  $f_1$  is one of a number of parameters which are used in the mathematical dimensioning of the road structure. In the revision of the RStO, the existing factors were integrated unchanged in the 2012 version. Thus, the factors previously defined in the guidelines are based on evaluations that are over 20 years old.

At the same time, over the past few years, the collective of automatic classifiers has been steadily increased as well as the quality of the data. This is particularly evident in the fact that now almost the entire counting location collective has an 8 + 1 vehicle type classification. Due to the increased number of counting locations and new algorithms, the plausibility check of the counting data was also improved. Many of the counting locations were also better documented, so that in addition to the traffic data, further parameters for the description of the counting locations (for example, the speed limit) are available as metadata. The granularity of the evaluations into hourly and lane-based counting data allows a differentiated analysis.

Against this background, the aim of the research project was to determine the current lane factors on the basis of the data of the automatic classifiers on multi-lane motorways and national roads. In this case, it was necessary to check not only the previous differentiation by the number of lanes, but also other boundary conditions such as, for



example, truck overtaking ban, longitudinal gradients and areas with temporary side strip release. These were also integrated into the analysis.

A differentiated analysis could be carried out by means of the recorded boundary conditions (number of lanes, lorry overtaking ban, longitudinal gradient, speed limit, AADT value, percentage of heavy goods vehicle, time-variation-curve, agglomeration area and temporary side strip release). In the context of descriptive statistics, the influence of the individual parameters was first investigated. In this case, it was shown that, apart from the number of lanes, only a few boundary conditions have a significant influence on the lane factor. Larger differences could only be detected with different longitudinal gradients on sections with three lanes. On the basis of these findings, a summary of sub-collectives was made, which however underpinned the statements made. Overall, the lane factors are all within a very small range.

For the different subgroups, the data of several continuous classifiers are generally available. With regard to future lane factors, the recommendation is given to take into account the respective median values for the revision of the guidelines. The recommended factors are summarized in tabular form. Compared to the factors contained so far in the RStO 12, significantly higher values are achieved.

The use of the 85% quantile values as new factors was also discussed in the context of the study. These quantile values lie once again above the determined median values and thus have a higher safety margin. Ultimately, the decision was made in favour of the median values, since the implementation of a safety margin should be only be made at a

central point within the guideline of the road dimensioning. The 85% quantile values are also documented in the report for the sake of completeness.

In the last few years, the areas with a temporary side strip release have significantly increased. Even if there were only a few permanent classifiers in these sections, this data basis has nevertheless been used to make statements for these areas. Since the side strip is only released temporarily, generally at the peak hours, significantly different lane factors result for these sections compared to other road sections. This aspect was taken into account by developing a model-theoretical approach. On the basis of the determined lane factors for the main lane as well as for the side strip at different release states, the lane factors could be determined, taking into account standard time-variation-curves and the release times of the TSF. In particular, the fundamental methodological approach is presented, so that new findings on standard time-variation-curves, especially for heavy goods traffic, can be directly integrated into the model. The same applies to new findings on the release times of the side strip.

As a result, a realistic distribution of traffic for multi-lane federal roadways is available for the computational dimensioning and evaluation of the structural substance. These should be taken into account when revising the relevant guidelines.

Due to the improved data base of the automatic counting stations, it is a good idea to continually check the development of the lane factors and, if necessary, update them at regular intervals. For this purpose, it is recommended to maintain the documentation of the permanent classifier location based on the boundary conditions defined here. If necessary, it would be a good idea to relocate the care of the documentation to the respective federal states and to offer a map- and database supported system.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Ausgangslage und Zielsetzung.....</b>	<b>15</b>	6.1.2	Lkw-Überholverbot .....	36
<b>2</b>	<b>Einflussgrößen.....</b>	<b>16</b>	6.1.3	Steigung.....	36
2.1	Gesetzliche Grundlagen.....	16	6.1.4	Zulässige Höchstgeschwindigkeit .....	37
2.2	Vorhandene Erkenntnisse .....	17	6.1.5	DTV-Wert.....	38
2.3	Zusammenstellung möglicher Einflussgrößen.....	20	6.1.6	Schwerverkehrsmenge und -anteil....	39
2.3.1	Verkehrsstärke und SV-Anteil .....	20	6.1.7	Tagesganglinientyp .....	40
2.3.2	Fahrstreifenanzahl .....	20	6.1.8	Lage Ballungsraum .....	41
2.3.3	Lkw-Überholverbot.....	20	6.1.9	Temporäre Seitenstreifenfreigabe (TSF) .....	41
2.3.4	Fahrbahnlängsneigung .....	20	6.1.10	Fazit.....	41
2.3.5	Temporäre Seitenstreifenfreigabe (TSF) .....	20	6.2	Fahrstreifenfaktoren in Teilkollektiven	42
2.3.6	Zul. Höchstgeschwindigkeit/VBA.....	20	6.3	Fahrstreifenfaktoren im Bereich temporärer Seitenstreifenfreigabe (TSF) .....	45
2.3.7	Lage Ballungsraum .....	21	<b>7</b>	<b>Empfehlung neuer Fahrstreifenfaktoren.....</b>	<b>48</b>
2.3.8	Abstand zur nächsten Anschlussstelle/ Anschlussstellendichte .....	21	7.1	Berechnung aktualisierter Fahrstreifenfaktoren .....	48
<b>3</b>	<b>Dauerzählstellen in Deutschland... </b>	<b>22</b>	7.2	Auswirkungen der neuen Fahrstreifenfaktoren .....	49
<b>4</b>	<b>Dokumentation der Randbedingungen automatischer Dauerzählstellen .....</b>	<b>25</b>	7.3	Verfahren zur Berechnung von Fahrstreifenfaktoren im Bereich von temporären Seitenstreifenfreigaben..	53
4.1	Auswertung der Stundenwerte .....	25	7.3.1	Methodisches Vorgehen.....	53
4.2	Nutzung IT-ZEB.....	25	7.3.2	Anwendungsbeispiel .....	55
4.3	Ergebnisdateien IT-ZEB.....	25	<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick..</b>	<b>57</b>
4.4	Lage Ballungsraum .....	26	<b>Literatur .....</b>	<b>58</b>	
4.5	Abstand Anschlussstelle / Anschlussstellendichte .....	27	<b>Bilder .....</b>	<b>59</b>	
<b>5</b>	<b>Datenaufbereitung und -auswertung .....</b>	<b>29</b>	<b>Tabellen .....</b>	<b>61</b>	
5.1	Filterung verwertbarer Daten.....	29			
5.2	Kartendarstellung.....	33			
<b>6</b>	<b>Berechnung von Fahrstreifenfaktoren .....</b>	<b>35</b>			
6.1	Fahrstreifenfaktoren nach Merkmalen	35			
6.1.1	Anzahl der Fahrstreifen.....	35			



## 1 Ausgangslage und Zielsetzung

Aufgrund begrenzter Haushaltsmittel wird auch im Straßenbau nach möglichen Einsparpotentialen und Optimierungsmöglichkeiten gesucht, um die verfügbaren Mittel effizienter nutzen zu können. Mit diesem Ziel wurden die Verfahren zur rechnerischen Dimensionierung von Verkehrsbefestigungen eingeführt, die eine möglichst exakte Beschreibung und Quantifizierung der Eingangsgrößen erfordert.

Derzeit werden in Deutschland zur Dimensionierung des Straßenoberbaus die Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (FGSV, 2012) angewendet. Diese wurden mit dem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau ARS Nr. 30/2012 für die Bundesfernstraßen verbindlich eingeführt. Die RStO 12 regeln die Standardfälle bei Neubau und Erneuerung von Verkehrsflächen innerhalb und außerhalb geschlossener Ortschaften. Für besonders hohe Verkehrsbelastungen (dimensionierungsrelevante Beanspruchung  $B > 100$  Mio. äquivalente 10-t-Achsübergänge) wird empfohlen, Strecken nach den Richtlinien zur rechnerischen Dimensionierung des Oberbaus (RDO Asphalt, RDO Beton) zu dimensionieren.

Entscheidend für die Dicke und den Aufbau einer Fahrbahnbefestigung sind die erforderliche Dicke des frostsicheren Oberbaus sowie die Belastungsklasse. Diese wird bei der standardisierten Dimensionierung nach den RStO in Abhängigkeit von der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung  $B$  ermittelt, welche im Wesentlichen vom Schwerverkehr  $DTV_{SV}$ , dem Achszahlfaktor  $f_A$  sowie dem Lastkollektivquotienten  $q_{Bm}$  abhängig ist. Weiterhin wird bei der Dimensionierung die Erfassungsart (querschnitts-, fahrtrichtungs- oder fahrstreifenbezogen) sowie das Spurwahlverhalten des Schwerverkehrs über den Fahrstreifenfaktor  $f_1$  berücksichtigt.

Im Rahmen der Überarbeitung der Vorgängerrichtlinie (RStO 2001) erfolgte in den RStO 2012 im Wesentlichen eine Anpassung der dimensionierungsrelevanten Eingangsgrößen an gestiegene Verkehrsbelastungen und veränderte Verkehrszusammensetzungen (Achszahlfaktor  $f_A$  und Lastkollektivquotient  $q_{Bm}$ ). Eine Überprüfung bzw. eine Anpassung der ursprünglichen Fahrstreifenfaktoren  $f_1$  hat seinerzeit nicht stattgefunden. Durch heute bereits weit verbreitete Verkehrssteuerungsmöglichkeiten (VBA, NBA) ist jedoch zu erwarten, dass die ursprünglich angenommene Aufteilung des

Schwerverkehrs auf die Fahrstreifen ebenfalls eine relevante Veränderung erfahren hat und zukünftig erfahren wird. Zusätzlich sind aus heutiger Sicht nicht nur die Anzahl der Fahrstreifen, sondern auch weitere Parameter wie z.B. Überholverbote, Verkehrsstärke, Fahrbahnbreiten, Längsneigung etc. bei der Frage der Wahl des Fahrstreifens zu beachten.

Um auch für den Fahrstreifenfaktor  $f_1$  zukünftig aktuelle und belastbare Eingangsparameter bei der Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung  $B$  zugrunde legen zu können, soll im Rahmen des gegenständlichen Forschungsprojektes ein Verfahren entwickelt werden, mit dem die Aufteilung des Schwerverkehrs bei mehrstreifigen Richtungsfahrbahnen ermittelt werden kann.

Ziel ist es, durch die Berücksichtigung verschiedener relevanter Randbedingungen und eine möglichst realitätsnahe Beschreibung der örtlichen Eingangsparameter eine beanspruchungsgerechte Dimensionierung des Straßenoberbaus zu gewährleisten. Dazu soll auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse ein Vorschlag zur Aktualisierung der bisherigen Werte für den Fahrstreifenfaktor  $f_1$  (Tabelle A 1.3 der RStO 2012) für verschiedene relevante Randbedingungen erarbeitet werden.

## 2 Einflussgrößen

Die Verteilung des Schwerverkehrs auf die Fahrstreifen von Bundesfernstraßen ist eine maßgebliche Eingangsgröße in die Dimensionierung der Straßen. In diesem Zusammenhang wird der Fahrstreifenfaktor als Beurteilungsgröße herangezogen. Dieser ist definiert als das Verhältnis des Schwerverkehrs auf dem Hauptfahrstreifen (rechter Fahrstreifen) zum Gesamtschwerverkehr auf allen Fahrstreifen des Querschnitts oder Richtungs-Querschnitts.

Neben der Anzahl der Fahrstreifen je Richtung ist die Verteilung des Schwerverkehrs auf die Fahrstreifen auch von weiteren Randbedingungen abhängig.

Einen direkten Einfluss auf die Fahrstreifenwahl haben zum Beispiel Lkw-Überholverbote oder temporäre Seitenstreifenfreigaben. Aber auch indirekte Einflussgrößen wie Verkehrsstärke, Geschwindigkeitsbegrenzungen oder Längsneigung können sich auf die Verteilung des Schwerverkehrs auf die vorhandenen Fahrstreifen auswirken.

Nachfolgend werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen sowie vorhandene Erkenntnisse zur Fahrstreifenwahl dargestellt, um auf dieser Basis die im Rahmen des vorliegenden Projektes relevanten Einflussgrößen auf den Fahrstreifenfaktor zu benennen und zu beschreiben. Dieser erste Schritt dient der Vorauswahl von relevanten Randbedingungen und beeinflusst insbesondere die anschließende Aufnahme dieser Randbedingungen in die Ableitung von neuen Fahrstreifenfaktoren. Die eigentliche Quantifizierung sowie die Auswahl der tatsächlich relevanten Einflüsse auf die Fahrstreifenverteilung des Schwerverkehrs werden im Rahmen einer deskriptiven Statistik vorgenommen.

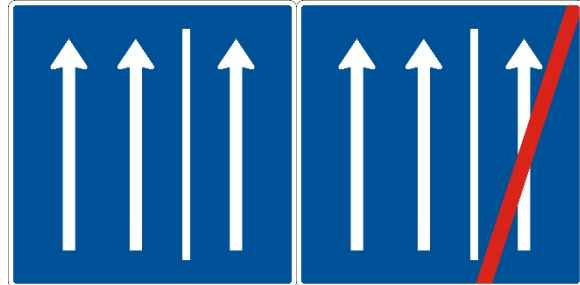
### 2.1 Gesetzliche Grundlagen

Gemäß Straßenverkehrsordnung (StVO) §2 Absatz 2 gilt, dass möglichst weit rechts zu fahren ist (Rechtsfahrgebot). Nach StVO §7 Absatz 2 dürfen auf Fahrbahnen mit mehreren Fahrstreifen je Richtung Kraftfahrzeuge von dieser Regelung abweichen, wenn es die Verkehrsdichte zulässt. (StVO, 2015)

Ein Fahrstreifenwechsel, um einen Überholvorgang durchzuführen, ist zulässig, sofern hierdurch keine anderen Verkehrsteilnehmer gefährdet werden.

Durch die temporäre Freigabe des Seitenstreifens kann die Anzahl der zur Verfügung stehenden

Fahrstreifen erhöht werden. Hierbei gibt StVO Zeichen 223.1 den Seitenstreifen als Fahrstreifen frei, der dann wie ein rechter Fahrstreifen zu befahren ist. Mit dem Zeichen 223.2 wird die Freigabe des Seitenstreifens wieder aufgehoben. (siehe Bild 1)



**Bild 1:** StVO Zeichen 223.1 und 223.2: Seitenstreifenfreigabe und entsprechende Aufhebung

Dort, wo die äußeren Randbedingungen dies erlauben, erfolgt die Seitenstreifenfreigabe temporär auf regelmäßig überlasteten Autobahnen, um hierdurch in den Spitzenstunden kurzzeitig einen zusätzlichen Fahrstreifen und somit eine erhöhte Kapazität des Querschnitts zur Verfügung zu stellen. Meist werden die Seitenstreifenfreigaben mit Streckenbeeinflussungsanlagen kombiniert, können aber auch als separate Anlagen errichtet werden. Aus Verkehrssicherheitsgründen gilt für alle Fahrspuren während der Freigabe des Seitenstreifens häufig eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von maximal 100 km/h. Meist kann ein Lkw-Überholverbot bei Bedarf zusätzlich geschaltet werden.



**Bild 2:** Beispiel einer temporären Seitenstreifenfreigabe (Foto: BAST)

In den letzten Jahren hat die Anordnung von temporären Seitenstreifenfreigaben zugenommen. Derzeit sind rund 210 Kilometer Seitenstreifen durch temporäre Seitenstreifenfreigaben nutzbar. Laut "Projektplan Straßenverkehrstelematik 2015" sollen weitere 350 km Seitenstreifen mit einer temporären Freigabe ausgestattet werden.

Für den Schwerverkehr werden häufig Überholverbote angeordnet. Dies wird durch das Zeichen 277 angeordnet und mit Zeichen 281 wieder

aufgehoben (siehe Bild 3). Die Verkehrszeichen regeln das Überholverbot für Kraftfahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse über 3,5 t, einschließlich ihrer Anhänger, und für Zugmaschinen. Ausgenommen sind Personenkraftwagen und Kraftomnibusse.



**Bild 3:** StVO Zeichen 277 und 281: Anordnung und Aufhebung eines Überholverbots für Kraftfahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse über 3,5 t

## 2.2 Vorhandene Erkenntnisse

In den aktuellen Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12) sind die in Tab. 1 dargestellten Fahrstreifenfaktoren enthalten, die im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes aktualisiert und ggfs. weiter differenziert werden sollen.

Zahl der Fahrstreifen im Querschnitt oder Fahrtrichtung	Faktor $f_1$ bei Erfassung des DTV in beiden Fahrtrichtungen für jede Fahrtrichtung getrennt	
1	-	1,00
2	0,50	0,90
3	0,50	0,80
4	0,45	0,80
5	0,45	0,80
6 und mehr	0,40	-

**Tab. 1:** Fahrstreifenfaktor  $f_1$  zur Ermittlung des DTV<sub>SV</sub> auf dem Hauptfahrstreifen (Tabelle A 1.3 nach RStO 12)

Eine Differenzierung des Fahrstreifenfaktors ist hier in Abhängigkeit der Erfassungsart des Schwerverkehrs, der Anzahl der Fahrstreifen des Querschnitts oder der Fahrtrichtung vorgesehen.

Ähnliche Faktoren finden sich auch in internationalen Entwurfsregelwerken, von denen einige ausgewählte nachfolgend vorgestellt werden sollen. In den USA werden im HIGHWAY DESIGN MANUAL (2012) ähnlich der RStO 12 in Abhängigkeit der Fahrstreifenanzahl die Fahrstreifenfaktoren tabellarisch aufgelistet (siehe Tab. 2).

Number of Mixed Flow Lanes in One Direction	Factors to be Applied to Projected Annual Average Daily Truck Traffic (AADTT)			
	Mixed Flow Lanes (see Notes 1-6)			
	Lane 1	Lane 2	Lane 3	Lane 4
One	1.0	-	-	-
Two	1.0	1.0	-	-
Three	0.2	0.8	0.8	-
Four	0.2	0.2	0.8	0.8

NOTES:

- Lane 1 is next to the centerline or median.
- For more than four lanes in one direction, use a factor of 0.8 for the outer two lanes plus any auxiliary/collector lanes, use a factor of 0.2 for other mixed flow through lanes.
- For HOV lanes and other inside lanes (non truck lanes), use a factor of 0.2. However, as noted in Index 613.5(1)(b), the TI should not be less than 10 for a 20-year pavement design life, or than 11 for a 40-year pavement design life. Additionally, for freeways and expressways, the maximum TI must not exceed 11 or 12 for a 20-year and 40-year design life, respectively.
- If trucks are permitted to use HOV or other inside lanes, HOV and/or other inside lanes shall be designed to the same standards as found in this table for the outside lanes.
- For lanes devoted exclusively to buses and/or trucks, use a factor of 1.0 based on projected AADTT of mixed-flow lanes for auxiliary and truck lanes, and a separate AADTT based on expected bus traffic for exclusive bus-only lanes.
- The lane distribution factors in this table represent minimum factors and, based on knowledge of local traffic conditions and sound engineering judgment, higher values should be used for specific locations when warranted.

**Tab. 2:** Fahrstreifenfaktor (lane distribution factor) (HIGHWAY DESIGN MANUAL, 2012)

Aus West-Australien gibt es einen Hinweis, wie der Schwerverkehr auf die einzelnen Fahrstreifen aufzuteilen ist (siehe Tab. 3, ENGINEERING ROAD NOTE 9, 2012). Interessant ist hierbei die Unterscheidung zwischen ländlichem und städtischem Raum, wo sich die Faktoren deutlich unterscheiden.

Location	Lanes each direction	Minimum Design Lane Distribution Factor for Design lane d (%)
Rural	1 lane	100
Rural	2 lane	95
Rural	3 lane	95
Urban	1 lane	100
Urban	2 lane	80
Urban	3 lane	65

**Tab. 3:** Fahrstreifenfaktor (lane distribution factor) (ENGINEERING ROAD NOTE 9, 2012)

In anderen Entwurfsrichtlinien wird als weitere Einflussgröße auf den Fahrstreifenfaktor die Verkehrsstärke aufgeführt. In Tab. 4 ist der Anteil der gewerblichen Fahrzeuge im äußeren Fahrstreifen auf zweibahnigen Straßen in Abhängigkeit von der Verkehrsmenge angegeben (KENT COUNTY COUNCIL, 2000). Mit steigender Verkehrsmenge an gewerblichen Fahrzeugen sinkt der Fahrstreifenfaktor, da die Fahrzeuge sich auf mehrere Fahrstreifen verteilen. Gleichzeitig wird auch in diesem Entwurfsregelwerk der Hinweis gegeben, dass Unterschiede zwischen Verkehrswegen in ländlichen und urbanen Raum bestehen können.

Traffic Flow (cv/day)	Percentage in Lane 1(Left hand lane)
100	97%
500	95%
1000	93%
3000	85%
6000	75%

**Tab. 4:** Anteil des gewerblichen Verkehrs auf dem ersten Fahrstreifen (KENT COUNTY COUNCIL, 2000)

Auch vom Florida Department of Transportation (FDOT, 2015) werden in der Entwurfsrichtlinie die Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Verkehrsmenge angegeben. Hier wird allerdings als Bezugsgröße der DTV-Wert [Kfz/24h] ausgewählt (siehe Tab. 5). Auch hier ist deutlich zu erkennen, dass der Fahrstreifenfaktor mit zunehmender Verkehrsmenge abnimmt.

LANE FACTORS (L<sub>F</sub>) FOR DIFFERENT TYPES OF FACILITIES

Total AADT	Number of Lanes In One Direction	
	Two Lanes L <sub>F</sub>	Three Lanes L <sub>F</sub>
4 000	0.94	0.82
8 000	0.88	0.76
12 000	0.85	0.72
16 000	0.82	0.70
20 000	0.81	0.68
30 000	0.77	0.65
40 000	0.75	0.63
50 000	0.73	0.61
60 000	0.72	0.59
70 000	0.70	0.58
80 000	0.69	0.57
100 000	0.67	0.55
120 000	0.66	0.53
140 000	-	0.52
160 000	-	0.51
200 000	-	0.49

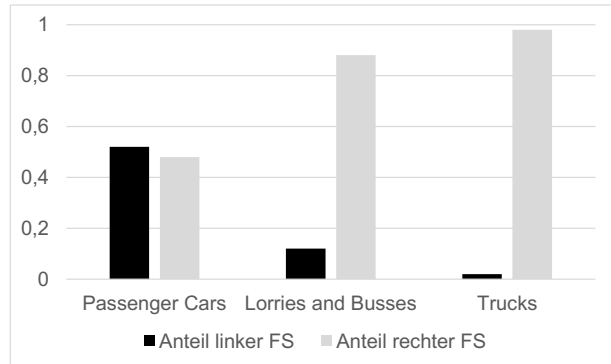
The equation that best defines this Lane Factor (L<sub>F</sub>) information is:  
 $L_F = (1.567 - 0.0826 \times \ln(\text{One Way AADT}) - 0.12368 \times LV)$

Where:

- L<sub>F</sub> = Proportion of all one directional trucks in the design lane.
- LV = 0 if the number of lanes in one direction is 2. LV = 1 if the number of lanes in one direction is 3 or more.
- Ln = Natural Logarithm.

**Tab. 5:** Fahrstreifenfaktoren (FDOT, 2015)

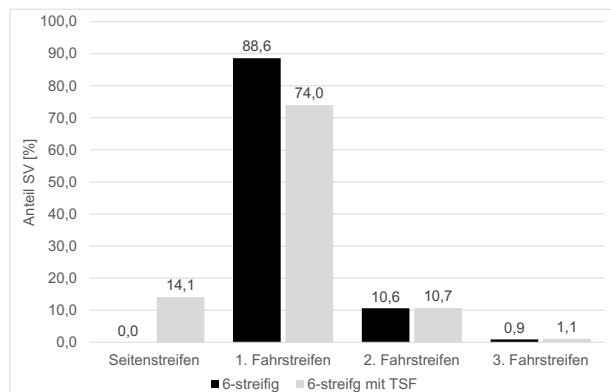
Eine generelle Untersuchung der Aufteilung der unterschiedlichen Fahrzeugarten wurde von BLADH (1998) exemplarisch für eine Zählstelle in Schweden durchgeführt. Die Ergebnisse (siehe Bild 4) zeigen, dass die Aufteilung des Schwerverkehrs (trucks) in etwa den Werten der RStO 12 entspricht.



**Bild 4:** Anteile unterschiedlicher Fahrzeuggruppen im linken und rechten Fahrstreifen am Beispiel Ar-löv, Schweden (1996) (BLADH, 1998)

Eine aktuelle Untersuchung zur Verteilung des Schwerverkehrs auf die Fahrstreifen von BAB wurde von PAGER (2016) durchgeführt. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Auswertungen der Rohdaten von 102 automatischen Dauerzählstellen im Bereich Bayern vorgenommen. Diese Zählstellen wurden unterschiedlichen Querschnittstypen zugeordnet und anschließend ausgewertet. Sowohl bei den 4-streifigen als auch 6-streifigen Querschnitten konnte gezeigt werden, dass die sich ergebenden Verteilungen des Schwerverkehrs mit den bundesweiten Verteilungen übereinstimmen. Bei anderen Querschnitten war häufig die gewählte Stichprobe zu gering, um hier belastbare Ergebnisse liefern zu können.

Ein besonderer Fokus der Untersuchung lag in der Analyse eines 6-streifigen Querschnitts mit temporärer Seitenstreifenfreigabe. Die Ergebnisse für 6-streifige Querschnitte mit und ohne temporäre Seitenstreifenfreigabe sind in Bild 5 dargestellt.



**Bild 5:** Verteilung des Schwerverkehrs bei 6-streifigen Querschnitten ohne/mit temporärer Seitenstreifenfreigabe (TSF) (nach PAGER, 2016)

Es ist deutlich zu erkennen, dass sich für den 1. Fahrstreifen größere Unterschiede ergeben, da in den Zeiten der Freigabe insbesondere der Schwerverkehr den Seitenstreifen nutzt. Eine

Differenzierung, welche Schwerverkehrsverteilung sich unter reiner Berücksichtigung der Freigabezeiten des Seiteinstreifens ergibt, ist allerdings nicht dokumentiert. Hier könnte vermutet werden, dass die sich ergebende Verteilung in etwa der eines 8-streifigen Querschnitts entspricht.

Im Rahmen einer Plausibilitätsanalyse werden von PAGER (2016) die Ergebnisse differenziert betrachtet. Als Begründungen für einzelne auffällige Werte und insbesondere auffällige Verteilungen des Schwerverkehrs werden hier angegeben:

- Fehler in der Erfassung an den automatischen Dauerzählstellen,
- Lage der Zählstelle im Netz (Städtischer Verkehr, Freizeitverkehr, Berufsverkehr),
- Nahbereich der Zählstelle (Fahrstreifenreduktion, Einfahrten, Ausfahrten, sonstige Sonderfahrstreifen),
- Sonderfahrstreifen innerhalb des Messquerschnitts (Einfahrten, Ausfahrten, sonstige Sonderfahrstreifen),
- Eingriffe in die Verkehrsführung,
- Extreme Witterungsbedingungen wie Überschwemmungen oder heftiger Schneefall (je nach Intensität und Häufigkeit).

Darüber hinaus wurde an der Universität Stuttgart eine Masterarbeit geschrieben LATZEL (2015), die unter anderem zum Ziel hatte, auf der Grundlage der Auswertung von Zählstellendaten die Fahrstreifenfaktoren neu zu ermitteln und mit den derzeitigen Angaben der RStO 12 zu vergleichen. Zusätzlich wurde in dieser Arbeit anhand von Beispielen eine Abschätzung der Auswirkungen von veränderten Fahrstreifenfaktoren auf die Dimensionierung des Oberbaus sowie die Erhaltungsplanung vorgenommen.

Als Grundlage wurden hier die Daten der Dauerzählstellen 2010 und 2011 auf Bundesfernstraßen in Baden-Württemberg und Bayern verwendet. Diese wurden auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft und anschließend auf Basis der validen Daten (Kollektiv von 414 DZ) die Fahrstreifenfaktoren berechnet.

Die daraus ermittelten Fahrstreifenfaktoren betragen 0,95 für 2-streifige Richtungsfahrbahnen, 0,84 für 3-streifige und 0,77 für 4-streifige Richtungsfahrbahnen. Im Vergleich zu den Faktoren der RStO 12 ergeben sich hieraus für 2- und 3-streifige Richtungsfahrbahnen rund 5% größere Werte wohingegen der Fahrstreifenfaktor für 4-streifige Richtungsfahrbahnen um etwa 4% kleiner ist als in den RStO 12.

Aus den von LATZEL (2015) durchgeführten statistischen Analysen ergaben sich Hinweise zu Abhängigkeiten der Fahrstreifenfaktoren zu folgenden Merkmalen:

- Anzahl der Fahrstreifen je Richtung
- Lkw-Überholverbot
- QSV, Beschreibung über Auslastungsgrad
- Längsneigung (lediglich schwacher Zusammenhang)

Die Auswirkungen der leicht erhöhten Fahrstreifenfaktoren aus den Zählenden auf die Dimensionierung des Oberbaus nach RStO 12, RDO Asphalt 09 und RDO Beton 09 werden von LATZEL (2015) als gering eingestuft, da andere Faktoren bei der Bestimmung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung maßgebend sind. Lediglich in Fällen, in denen die Ergebnisse sich im Grenzbereich zwischen zwei Belastungsklassen befinden, kann ein leicht größerer Fahrstreifenfaktor maßgebend für die Dimensionierung werden.

Neben den bislang in den Regelwerken enthaltenen Abhängigkeiten für den Fahrstreifenfaktor könnte auch eine Abhängigkeit vom Fahrbahnzustand vermutet werden. Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde von KOMMA ET AL. (2015) der Einfluss des Fahrbahnzustandes auf das Verkehrsverhalten untersucht.

Unter anderem wurde hier das Spurrwahlverhalten der Fahrzeuge untersucht. Hintergrund war eine Vermutung, dass Pkw (und ggfs. auch Lkw) auch bei geringer Verkehrsbelastung aufgrund eines schlechten Fahrbahnzustands - insbesondere der Spurrinnentiefe - ggfs. nicht ganz rechts (Hauptfahrstreifen), sondern auf dem 1. Überholfahrstreifen fahren. Hier wurden nur die Nachtstunden mehrerer Tage ausgewählt, da nur bei geringen Verkehrsmengen von einer freien Fahrstreifenwahl ausgegangen werden kann (im Gegensatz zu höher belasteten Tageszeiten, wo die Fahrstreifenwahl nicht vollkommen frei ist). Die Ergebnisse an den untersuchten Querschnitten haben gezeigt, dass die Fahrstreifenbelegung unabhängig vom Fahrbahnzustand ist. Diese Erkenntnisse stützen sich auf ausgewählte Untersuchungsstrecken, auf denen in unterschiedlichen Jahren sowohl schlechte (beispielsweise Spurrinnentiefe bis 17 mm) als auch – nach einer Sanierung – gute Zustandswerte ermittelt wurden. Extremwerte, wie sie möglicherweise in anderen Ländern vorkommen, konnten in Deutschland nicht beobachtet werden.

Insgesamt bleibt festzustellen, dass in den bisherigen internationalen Design Manuals als wesentliche Randbedingungen für die Auswahl des



Fahrstreifenfaktors nur die Anzahl der Fahrstreifen (wie in der deutschen RStO 12) sowie die Verkehrsstärke – Schwerverkehr oder Gesamtverkehr – vorkommen. Die von PAGER (2016) genannten Einflussgrößen sollten in erster Linie dazu dienen, die für die Ermittlung des Fahrstreifenfaktors heranzuziehenden Dauerzählstellen auszuwählen und fehlerhafte Daten (Detektorausfall, Arbeitsstellen) herauszufiltern.

Im folgenden Kapitel werden daher zusätzlich weitere Einflussgrößen aufgeführt.

## 2.3 Zusammenstellung möglicher Einflussgrößen

Aufgrund der vorgestellten Erkenntnisse können die folgenden möglichen Einflussgrößen definiert werden:

- DTV-Wert
- SV-Anteil
- Anzahl Fahrstreifen
- Lkw-Überholverbot
- Zul. Höchstgeschwindigkeit/VBA
- Temporäre Seitenstreifenfreigabe
- Lage Ballungsraum (ja/nein)
- Steigung
- Abstand zur nächsten Anschlussstelle
- Anschlussstellendichte

Die zugrundeliegenden Überlegungen werden nachfolgend für die einzelnen Einflussgrößen kurz skizziert.

### 2.3.1 Verkehrsstärke und SV-Anteil

Aufgrund der häufigen Verwendung der Verkehrsstärke als Auswahlgröße in internationalen Dimensionierungsregelwerken scheint sowohl die Gesamtverkehrsstärke als auch die Verkehrsstärke des Schwerverkehrs einen Einfluss auf die Fahrstreifenverteilung zu haben. Bei hohen Verkehrsstärken sinken die Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen dem rechten und den übrigen Fahrstreifen, so dass dem Schwerverkehr ein Überholen ermöglicht wird. Gleichzeitig steigt ggfs. infolge langsam fahrender Lkw der Überholruck. Es wird somit erwartet, dass mit zunehmender Verkehrsstärke der Fahrstreifenfaktor sinkt.

Eine Unterscheidung nach Zeitbereichen mit unterschiedlichem SV-Anteil wie beispielweise Nachtstunden oder Sonntage ist nicht vorgesehen.

### 2.3.2 Fahrstreifenanzahl

Die Fahrstreifenanzahl ist eine wesentliche Einflussgröße des Fahrstreifenfaktors, da sich das Fahrverhalten des Schwerverkehrs mit zunehmender Fahrstreifenanzahl ändert. Ein Grund hierfür könnte sein, dass bei mehreren Fahrstreifen der Schwerverkehr eher überholt, da für den Leichtverkehr noch weitere Fahrstreifen zur Verfügung stehen. Insgesamt wird erwartet, dass der Fahrstreifenfaktor mit zunehmender Fahrstreifenanzahl kleiner wird.

### 2.3.3 Lkw-Überholverbot

Aufgrund der gesetzlichen Regelung ist davon auszugehen, dass die Anordnung eines Lkw-Überholverbotes einen maßgeblichen Einfluss auf den Fahrstreifenfaktor hat und er in diesem Fall bei 1,0 (fahrtrichtungsbezogen) bzw. 0,5 (querschnittsbezogen) liegen sollte.

### 2.3.4 Fahrbahnlängsneigung

Auch bei der Fahrbahnlängsneigung kann vermutet werden, dass diese einen Einfluss auf den Fahrstreifenfaktor hat. Es ist allerdings unklar, ob dieser bei einer Steigungsstrecke steigt oder sinkt. Höhere Faktoren könnten dadurch hervorgerufen werden, dass der Schwerverkehr insgesamt deutlich langsamer den rechten Fahrstreifen befährt. Eine Verringerung des Faktors könnte dadurch hervorgerufen werden, dass bereits einzelne besonders langsame Fahrzeuge des Schwerverkehrs dazu führen, dass es zu deutlich mehr Überholvorgängen kommt.

### 2.3.5 Temporäre Seitenstreifenfreigabe (TSF)

Durch die temporäre Seitenstreifenfreigabe wird die Anzahl der Fahrstreifen zeitweise erhöht und der Schwerverkehr sollte sich in diesem Bereich auf den Seitenstreifen verlagern. Es wird vermutet, dass sich bei einer reinen Betrachtung der Zeitbereiche mit Seitenstreifenfreigabe der Fahrstreifenfaktor (bezogen auf den jetzt freigegebenen Seitenstreifen) nicht besonders von einem Streckenabschnitt mit gleicher Anzahl Fahrstreifen unterscheidet. Bei einer Betrachtung des Gesamtzeitraums werden sich hingegen deutliche Unterschiede ergeben.

### 2.3.6 Zul. Höchstgeschwindigkeit/VBA

Auch die zul. Höchstgeschwindigkeit kann eine Einflussgröße darstellen. Dies gilt sowohl bei stationären Geschwindigkeitsbeschränkungen als auch bei temporären Geschwindigkeitsbeschränkungen für

---

Strecken im Bereich von Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA).

Es wird allerdings vermutet, dass die auf Bundesautobahnen vorhandenen Geschwindigkeitsbeschränkungen insbesondere den Pkw-Verkehr betreffen, da die zulässige Höchstgeschwindigkeit für Fahrzeuge mit einer zul. Gesamtmasse über 3,5 t generell nur 80 km/h beträgt (STVO, 2015). Somit sollte eine Auswirkung auf den Fahrstreifenfaktor kaum feststellbar sein.

### **2.3.7 Lage Ballungsraum**

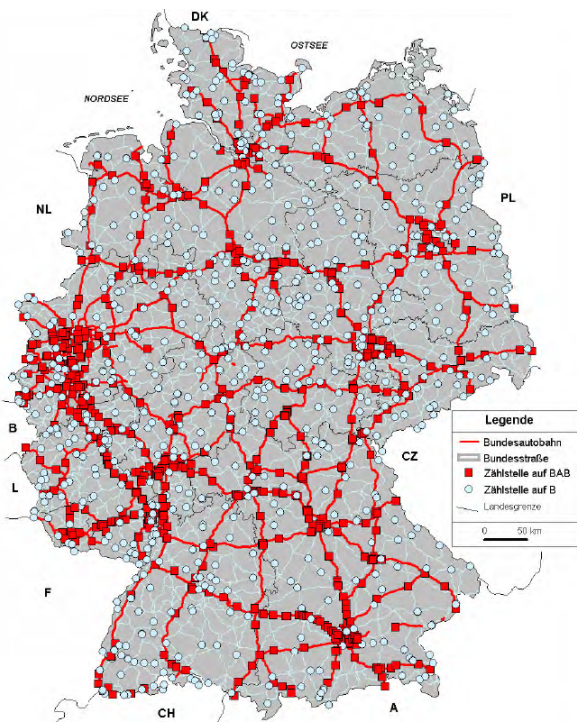
Bei verschiedenen Auswertungen (z.B. zum Unfallgeschehen) hat sich gezeigt, dass es Unterschiede zwischen der Lage innerhalb und außerhalb von Ballungsräumen geben kann. Dies bestätigt auch der Ansatz aus Australien im Hinblick auf die Unterscheidung städtische/ländliche Lage. Es wird vermutet, dass im Hinblick auf die Nutzung des rechten Fahrstreifens durch den Schwerverkehr das Fahrzeugkollektiv einen Einfluss hat. Diese Randbedingung könnte daher direkt aus den Daten der automatischen Dauerzählstellen gewonnen werden. Durch die Hinzunahme des Merkmals Ballungsraum kann dieser Zusammenhang näher untersucht werden. Gleichzeitig bietet diese Einflussgröße eine gute Grundlage für eine spätere Zuordnung zu den Fahrstreifenfaktoren.

### **2.3.8 Abstand zur nächsten Anschlussstelle/Anschlussstellendichte**

Aus dem Bereich der mikroskopischen Verkehrssimulation ist bekannt, dass Fahrzeuge bereits teilweise sehr frühzeitig einen für sie geeigneten Fahrstreifen auswählen. Vor diesem Hintergrund wird vermutet, dass auch der Abstand zur nächsten Anschlussstelle (vorher/nachher) einen Einfluss auf die Nutzung des rechten Fahrstreifens durch den Schwerverkehr haben kann. Beispielsweise kann ein abbiegender Hauptfahrstreifen dazu führen, dass bereits im Vorfeld eine Selektierung stattfindet und somit der Fahrstreifenfaktor für die Hauptrichtung abnimmt. Auch in Bereichen mit einer hohen Anschlussstellendichte kann vermutet werden, dass sich hier veränderte Fahrstreifenfaktoren einstellen.

### 3 Dauerzählstellen in Deutschland

Seit 1975 werden in Deutschland auf ausgewählten Abschnitten des Bundesfernstraßennetzes die Verkehrsmengen mit automatischen Dauerzählstellen erfasst und ausgewertet. Dieses Netz umfasst mit Stand 2015 1.744 Dauerzählstellen. Hiervon befinden sich 929 auf Bundesautobahnen und 815 auf außerörtlichen Bundesstraßen (BAST, 2016; siehe auch FITSCHEN & NORDMANN, 2014). Insgesamt ergibt sich damit eine gute Abdeckung des Bundesfernstraßennetzes (siehe Bild 6).



**Bild 6:** Karte der automatischen Dauerzählstellen auf Bundesfernstraßen in Deutschland (FITSCHE & NORDMANN, 2014)

An den automatischen Dauerzählstellen werden kontinuierlich die Fahrzeuge erfasst und klassifiziert. Die erfassten Daten werden hierbei zu Stundenwerten zusammengefasst, wobei diese separat für jeden Fahrstreifen vorliegen. An 96% aller Zählstellen ist inzwischen eine Differenzierung nach 8+1-Fahrzeugarten (siehe TLS 2012) möglich. Weitere 2% haben eine Differenzierung nach 5+1-Fahrzeugarten.

Zur Verbesserung der Datenqualität und insbesondere zur Schließung von Datenlücken werden die Stundendaten der automatischen Dauerzählstellen einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Das genaue Verfahren ist in FITSCHEN & NORDMANN (2014) beschrieben. Im Rahmen der Schließung von Datenlücken werden sowohl Fahrzeugmengen als

auch Fahrzeugarten und die Verteilung auf die jeweiligen Fahrstreifen geschätzt. Die Ermittlung der Verkehrszusammensetzung sowie der Fahrstreifenaufteilung erfolgt hierbei auf der Basis von plausiblen Datensätzen der unterschiedlichen Zeitbereiche derselben Zählstelle. Sämtliche Änderungen an den Datensätzen werden dokumentiert.

Die Daten der automatischen Dauerzählstellen auf mehrstreifigen Bundesfernstraßen sollen genutzt werden, um auf dieser Basis für unterschiedliche Randbedingungen die Fahrstreifenfaktoren zu ermitteln. Hierzu wurden seitens der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) die plausibilisierten Stundenwerte für die Jahre 2008 bis 2015 zur Verfügung gestellt. Die Daten liegen im BAST-Bestandsbandformat vor und wurden in das Auswerteprogramm DAUZ eingelesen.

Zusätzlich zu den Daten wurde auch das bei der BAST vorliegende Zählstellenverzeichnis (ZV) übermittelt, in dem u.a. Informationen zur genauen Lage der Zählstelle, zur Fahrzeugartendifferenzierung sowie weitere Randbedingungen enthalten sind. Für die weitergehende Analyse der Daten waren insbesondere die folgenden Angaben hilfreich, die allerdings nicht immer vollständig vorlagen:

- **Zählstellentyp:** Der Zählstellentyp ist ein wichtiges Auswahlkriterium, da es sich bei einem Teil der Zählstellen um so genannte virtuelle Querschnitte handelt. Diese setzen sich – beispielsweise an Autobahnkreuzen – aus unterschiedlichen Fahrstreifen und Rampen zu einem virtuellen Querschnitt zusammen. Aufgrund dieser Randbedingung sind sie im Rahmen der hier vorliegenden Aufgabenstellung nicht zu verwenden. Nur der Typ 1 stellt eine reine Querschnittszählstelle dar und findet bei der späteren Auswertung Verwendung.
- **FZA-Unterscheidung:** Diese Angabe ist für die Auswahl der Zählstellen wichtig, da in die Untersuchung nur Zählstellen mit einer 5+1- bzw. 8+1-Fahrzeugartendifferenzierung einbezogen werden sollen.
- **Anzahl Fahrstreifen R1/R2:** Die Anzahl der Fahrstreifen ist sowohl für die grundsätzliche Auswahl (mehrestreifige Bundesfernstraßen) als auch für die Einteilung der Dauerzählstellen auf mehrstreifigen Bundesfernstraßen in Kategorien wichtig. Hierbei ist zu beachten, dass die angegebene Fahrstreifenanzahl den Streckenabschnitt charakterisiert und die Anzahl der Fahrstreifen im Bereich der Dauerzählstelle (z.B. aufgrund einer Einfahrt) abweichen kann.
- **Zul. Höchstgeschwindigkeit R1/R2:** Die örtliche Geschwindigkeitsbegrenzung ist bereits bei

einigen Zählstellen eingetragen und wird im Projekt verwendet.

- **Lkw-Überholverbot R1/R2:** Ebenfalls ist eingetragen, ob im Bereich der Dauerzählstelle ein Lkw-Überholverbot angeordnet ist. Auch hier gilt, dass dieses Feld nicht immer gefüllt ist.
- **Lage zum Ballungsraum:** Für einen Teil der Zählstellen ist auch das Feld „Lage zum Ballungsraum“ bereits gefüllt. Auch diese Informationen werden verwendet.

In Ergänzung zum Zählstellenverzeichnis existiert für die Mehrheit der Zählstellen eine Zählstellendokumentation, in der weitere und teilweise detaillierte Informationen zur jeweiligen Zählstelle zusammengestellt sind. Die Dokumentation, exemplarisch in Bild 7 dargestellt, erfolgt standardisiert nach einer Vorlage der BAST.

Stand:	28.08.2011
Schlüssel:	3348/2010

### Dauerzählstellendokumentation (2010)

**A. Identifikation**

RASH-Nr.:	2010
TKZ-Platz:	3345
Zählstellenname:	Hollgassau
Bundesland:	Berlin

**B. Lage / Orientierung**

**B.1. Lagebeschreibung**

Straßenklasse:	A	A	B	C
Straßen-Nr.:	111			
Straßen-Zusatz:	F	A		
be. Betriebskilometer:	10,470	[km]		

<b>Richtung I</b>	<b>Richtung II</b>
Nahziel: Stolpe	Nahziel: Schulzendorfer Straße
Netznoten: Nord	Netznoten: AD Charlottenburg
Formzahl: AD Oranienburg (A10)	Formzahl: Nord
Himmelsrichtung: Nord	Himmelsrichtung: Süd

**B.2. Lage nach ASB (Anweisung Straßeninformationsbank)**

von Netznoten:	
nach Netznoten:	[B+]
bei Station:	

**B.3. Geo-Koordinaten am Erfassungsquerschnitt (Gauß-Krüger, [m])**

<b>Richtung I: Stolpe</b>	<b>Richtung II: Schulzendorfer Straße</b>
Rechtswert Fahrbahnrand: 4534651,51	Rechtswert Fahrbahnrand: 4534650,04
Hochwert Fahrbahnrand: 5832023,55	Hochwert Fahrbahnrand: 5832022,45

**C. Messung und Registrierung**

Zählstellen-Typ:	einfach	[einfach, mehrfach (wechselnd), (e)D, mehrfach (Ade/Sperre)]
Daten aus VBA:	nein	[ja, nein]

**C.1. Verkehrsmengen**

Zählung seit:	21.09.2010	[Jahr, T]
Fahrzeugarten-Unterscheidung:	8+1	[B+1, 5+1, K+L+V, keine]

**C.2. Geschwindigkeiten**

Erfassung möglich:	ja	[ja, nein]
wenn "ja", dann:		
Anzahl Fahrzeugarten:	8+1	[1+1, 1+1, keine]
Anzahl Fahrzeuggruppen (FzGr.):	3	[1 - 3]
Anzahl Geschwindigkeitsklassen bei FzGr. 1:	15	[1 - 20]
Anzahl Geschwindigkeitsklassen bei FzGr. 2:	0	[1 - 20]
Anzahl Geschwindigkeitsklassen bei FzGr. 3:	9	[1 - 20]
Erfassung erfolgt seit:	21.09.2010	[Datum, keine]

**D. Zählgerätecharakteristik**

Gerätehersteller:	Swarco Traffic Systems GmbH	
Gerätetyp:	CD8054	
Baujahr des Gerätes:	2010	
Anzahl Messstellen/Konsole:	10/20	
Art der Datenermittlung:	CSM	[JRF], Altrady-Card
Übermittlung über Unterzentrale:	ja	[ja, nein]
Inklusivschleifen-Typ:	2	[Typ 1, Typ 2]

**E. Streckencharakteristik**

**E.1. Erfassungsquerschnitt**

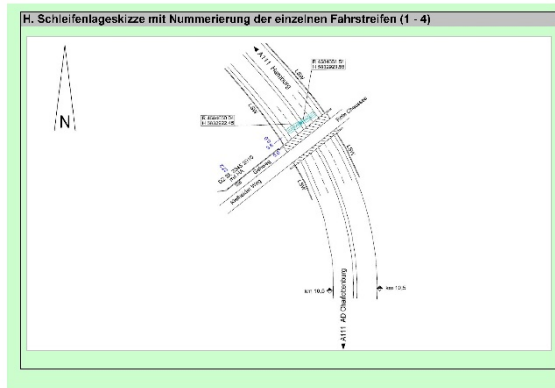
Fahrbahnführung:	kurvig	[gerade, kurvig]
Bedarfsmilitationsbreite:	kein	[ja, nein]
Fahrbahnquerschnitt:	eben	[eben, > 2%, 2-4%, > 4%, Kurve, Wanne]

**E.2. Richtung I: Stolpe**

Anzahl Fahrstreifen am Erfassungsquerschnitt:	2	[1 - 5]
Seiten-/Mehrzweckstreifen vorhanden:	ja	[ja, nein]
Geschwindigkeitsbeschränkung im Bereich des Erfassungsquerschnittes:	80	[kein Angabe, nicht, VBA]
Abstand zur nächsten Geschwindigkeitsbeschränkung bzw. Ortsgrenze:	>500 m	[< 50m, > 500m]
Low-Überholverbot im Bereich des Erfassungsquerschnittes:	nein	[ja, nein]

**E.3. Richtung II: Schulzendorfer Straße**

Anzahl Fahrstreifen am Erfassungsquerschnitt:	2	[1 - 5]
Seiten-/Mehrzweckstreifen vorhanden:	ja	[ja, nein]
Geschwindigkeitsbeschränkung im Bereich des Erfassungsquerschnittes:	80	[kein Angabe, nicht, VBA]
Abstand zur nächsten Geschwindigkeitsbeschränkung bzw. Ortsgrenze:	>500 m	[< 50m, > 500m]
Low-Überholverbot im Bereich des Erfassungsquerschnittes:	nein	[ja, nein]





**Bild 7:** Dokumentation der Zählstellen (Beispiel)

Die bei der BAST vorliegenden Zählstellendokumentationen (xls- oder pdf-Datei) wurden ebenfalls dem Forschungsnehmer zur Verfügung gestellt. Ergänzend hierzu wurden fehlende Dokumentationen sowie entsprechende Excel-Dateien bei den jeweiligen Behörden vom Forschungsnehmer angefragt, um hier eine möglichst vollständige Grundlage zur Verfügung zu haben.

Insgesamt stellen die hier vorgestellten Informationen bereits eine gute Grundlage dar, aber die vorhandenen Merkmalsfelder sind nicht vollständig gefüllt und weitere Einflussgrößen müssen noch ergänzt werden.

## 4 Dokumentation der Randbedingungen automatischer Dauerzählstellen

Zahlreiche Merkmale der automatischen Dauerzählstellen in Deutschland sind inzwischen ausführlich dokumentiert und werden seitens der BAST im internen Zählstellenverzeichnis gepflegt und kontinuierlich aktualisiert.

Dennoch sind nicht für alle Zählstellen die Randbedingungen vollständig ausgefüllt. Darüber hinaus wurden einzelne Randbedingungen für den Fahrstreifenfaktor definiert, die bislang zur Auswertung nicht notwendig waren.

Ziel war es, mit geeigneten Methoden die fehlenden Randbedingungen zu ergänzen, um auf dieser Basis eine vollständige Dokumentation zur Auswahl geeigneter Zählstellenkollektive zu erhalten.

Zur Ermittlung und auch Verifizierung der unterschiedlichen Randbedingungen wurden verschiedene Verfahrensweisen verwendet, die sich hinsichtlich Aufwand und auch Genauigkeit der Ergebnisse unterscheiden.

Dabei wurden die beiden Fahrrichtungen einer Zählstelle von vornherein getrennt voneinander betrachtet, als ob es sich um zwei unabhängige Zählstellen mit jeweils einer Fahrrichtung handelt. Da im Rahmen dieses Projektes lediglich der Schwerverkehrsanteil des rechten Fahrstreifens bezogen auf die Fahrrichtung betrachtet wird und es sich fast ausschließlich um Straßen mit baulicher Richtungstrennung handelt, sind Gesamtquerschnittswerte ohnehin nicht von Interesse.

Es ist dadurch beispielsweise möglich, an einer dreistreifigen Zählstelle nur die Richtung mit zwei Fahrstreifen zu verwenden. Andererseits können bei Ausfall einer einzelnen Richtung deren Daten verworfen werden ohne gleichzeitig auf die Daten der Gegenrichtung verzichten zu müssen.

### 4.1 Auswertung der Stundenwerte

Es standen für die Auswertungen Zählstellendaten der Jahre 2008 bis einschl. 2015 als Stundenwerte zur Verfügung. Diese liegen nach Fahrstreifen und Fahrzeugarten getrennt vor und bilden die Grundlage für die Auswertungen.

Dabei können sich einige der Eigenschaften wie Fahrstreifenanzahl oder die Feinheit der Fahrzeugartenunterscheidung über diesen Zeitraum ändern. Dies wurde bei den Auswertungen berücksichtigt, indem die Daten jahresweise analysiert wurden. Die Daten einer Zählstelle aus verschiedenen Jahren

können dann in unterschiedlichen Kategorien berücksichtigt werden, falls sich z.B. die Fahrstreifenanzahl zwischen den Jahren geändert hat.

Dabei wurden Zählstellen, deren Fahrstreifen- und/oder Fahrzeugartenkonfiguration sich innerhalb eines Jahres geändert hat, nicht in den Auswertungen berücksichtigt. Dies kann z.B. durch einen Streckenausbau oder einen Teilausfall bzw. einer Modernisierung der Gerätetechnik an der Dauerzählstelle hervorgerufen werden. Da es sich dabei um Ausnahmefälle handelt, steht der Aufwand für eine Berücksichtigung dieser Fälle in keinem sinnvollen Verhältnis zum Nutzen (über alle Zählstellen 21 Fälle von insgesamt ca. 27.000 Zählstellenjahren).

### 4.2 Nutzung IT-ZEB

Für die Beurteilung der Strecke und der jeweiligen Lage einer Zählstelle wurde für DTV-Verkehrsconsult ein eingeschränkter Account für die IT-ZEB-Datenbank erstellt. Dieser bot Zugriff auf die jeweils aktuellste Zustandserfassung der Bundesautobahnen und Bundesstraßen in allen Bundesländern.

Die Lage der Zählstellen ist über Koordinaten genau bestimmt. Zählstellen mit unzureichender Koordinatenqualität (z.B. virtuelle Querschnitte) wurden nicht betrachtet. Über das Bildmaterial der IT-ZEB konnte mittels virtueller Befahrung die Beschilderung des Abschnitts analysiert werden. So konnten für jeden Zählquerschnitt, für den die Informationen nicht aus dem Zählstellenverzeichnis der BAST vorlagen, richtungsweise die folgenden Informationen bestimmt werden:

- erlaubte statische Höchstgeschwindigkeit
- bestehendes statisches Lkw-Überholverbot
- Lage im Bereich einer VBA

### 4.3 Ergebnisdateien IT-ZEB

Nicht enthalten im direkten Zugriff auf die Datenbank der IT-ZEB waren die Eigenschaften der Strecken wie z.B. Informationen zur Längsneigung. Stattdessen wurde durch die BAST ein Export dieses Merkmals aus der IT-ZEB im Excelformat bereitgestellt.

Dieser beinhaltet für alle Bundesautobahnen und Bundesstraßen eine Aufteilung jedes Abschnitts zwischen zwei Netzknoten in Abschnitte von maximal 100m. Als wesentliche Information für dieses Projekt liegt für jeden dieser Abschnitte das Merkmal Längsneigung fahrstreifenscharf vor.



Voraussetzung für die Zuordnung dieser Daten zu einer Zählstelle ist die Angabe des BISStra-Sektors und der zugehörigen Stationierung im Zählstellenverzeichnis. Diese war zunächst sehr lückenhaft, wurde in der Zwischenzeit durch die BAST jedoch wesentlich vervollständigt, sodass bezogen auf alle ca. 2.000 Zählstellen für ca. 92% der Zählstellen die entsprechenden Informationen vorliegen. Für die übrigen konnte oft durch das Verfahren in Kap.4.5 die fehlende Information näherungsweise bestimmt werden.

Im Zählstellenverzeichnis der BAST sind nur Kategorien für die Längsneigung angegeben und es existiert auch keine Unterscheidung zwischen Steigung und Gefälle. Gerade dies könnte jedoch einen wesentlichen Einfluss auf die Fahrstreifenverteilung der Lkw haben. Aus diesem Grund wird für das Kriterium der Steigung nach Möglichkeit auf die Informationen der IT-ZEB zurückgegriffen, wohingegen bei den übrigen Kriterien die Informationen des Zählstellenverzeichnisses Vorrang genießen.

Bei der Betrachtung der Daten wurde klar, dass die Messergebnisse der Längsneigung bei der Befahrung der verschiedenen Fahrstreifen im Rahmen des Messfehlers schwanken. Betrachtungen haben gezeigt, dass die Abweichungen im Mittel bei 0,1 Prozentpunkten liegen und in 97,6% der Fälle 0,5 Prozentpunkte nicht überschreiten. Allerdings übersteigt die Abweichung zwischen den Fahrstreifen in 1,0% der Fälle sogar die Marke von 5 Prozentpunkten. Da alle Fahrstreifen einer Fahrtrichtung über denselben Wert für die Längsneigung verfügen müssten, wurde auf eine Abfrage der einzelnen Fahrstreifen bisher verzichtet und die Steigung des jeweils ersten Fahrstreifens herangezogen.

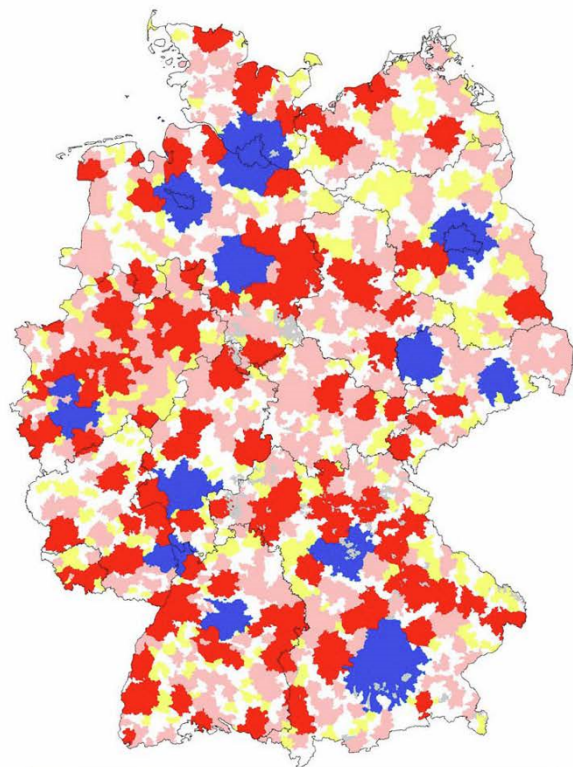
Es ist darauf hinzuweisen, dass die Informationen zur Längsneigung bei der Erhebung der IT-ZEB nicht qualitätsgesichert werden und dementsprechend vorsichtig zu verwenden sind.

#### 4.4 Lage Ballungsraum

Für die Beurteilung, ob sich eine Zählstelle innerhalb eines Ballungsraums befindet, wurden bisher verschiedene Ansätze verfolgt. Da diese Information in der Praxis kaum Verwendung findet, sind die Einträge im Zählstellenverzeichnis der BAST hierzu sehr lückenhaft. Grundlage für diese Einträge ist die Beurteilung der Lage einer Zählstelle im Vergleich zu Großstädten durch den Bearbeiter.

Eine eindeutige, allgemeingültige Definition des Begriffs „Ballungsraum“ ist aus der Praxis nicht bekannt – insbesondere nicht in Bezug auf Zählstellen.

Sehr verbreitet findet eine Einteilung Deutschlands in BIK-Regionen durch ASCHPURWIS & BEHRENS (2016) Anwendung. Diese Einteilung wird beispielweise auch vom Statistischen Bundesamt verwendet und basiert im Wesentlichen auf der Auswertung von Pendlerströmen und Bevölkerungsdichte. Ballungsräume entsprechen der höchsten von vier Kategorien dieser Einteilung. Insgesamt existieren in Deutschland nach dieser Definition 13 Ballungsräume (Hamburg, Bremen, Hannover, Berlin, Leipzig, Dresden, Düsseldorf, Köln, Frankfurt, Mannheim/Heidelberg, Nürnberg, Stuttgart, München, jeweils mit Einzugsgebieten des Umlands). Bei Zählstellen, für die Daten aus der IT-ZEB herausgesucht wurden, wurde anhand dieser Einteilung gleichzeitig eine Beurteilung vorgenommen, ob die Zählstelle in einem dieser Ballungsräume liegt oder nicht. Die hierzu verwendete Kartengrundlage ist in Bild 8 dargestellt.



**Bild 8:** Kartengrundlagen zur Einteilung der Lage der Dauerzählstelle Ballungsraum ja/nein (blau)

Alternativ wurde die Möglichkeit angesprochen, ob als verkehrliches Kriterium eines Ballungsraums die Anschlussstellendichte herangezogen werden kann. Die Grundlagen hierfür sind vorhanden (siehe Kap. 4.5). Der Ansatz wurde jedoch bisher nicht weiter verfolgt, da sich seine Anwendbarkeit auf Autobahnen beschränkt und mit der obigen Methodik ein allgemein anwendbares Verfahren existiert.

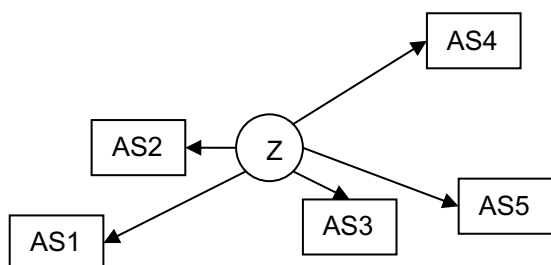
#### 4.5 Abstand Anschlussstelle / Anschlussstellendichte

Darüber hinaus wurde diskutiert, ob die Lage einer Zählstelle im Bereich einer Anschlussstelle bzw. kurz vorher oder dahinter einen Einfluss auf die Fahrstreifenverteilung des Schwerverkehrs haben könnte. Das ist plausibel, da in der Praxis Fahrzeuge auf den mittleren Fahrstreifen wechseln, um den rechten Fahrstreifen für einfahrende Fahrzeuge zu räumen. Dies gilt insbesondere bei Verkehrsstärken weit unterhalb der Belastungsgrenze einer Straße.

Es wurde nun nach einer Möglichkeit gesucht, den Abstand zu einer Anschlussstelle zu bestimmen. Für den Abstand zur nächsten Anschlussstelle bzw. zum nächsten Knoten lagen bisher gar keine Informationen vor bzw. nur indirekte Angaben wie die Stationierung im Bundesinformationssystem Straße (BISStra). Aus diesem Grund wurde nach einer automatischen Methode gesucht, diesen Wert zu bestimmen.

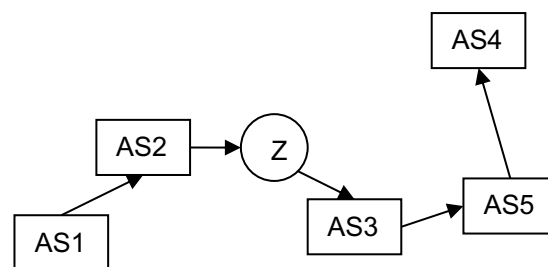
Als Datengrundlage wurden hierzu die vorliegenden Geo-Koordinaten der Zählstellen herangezogen, um diese mit den ebenfalls georeferenzierten Einträgen aus der Location-Code-Liste (LCL) der BAST zu verschneiden. Dazu wurden aus dieser Liste nur ausgewählte Einträge betrachtet, bei denen es sich um die Typen P1 (Kreuze, AS usw.) oder P3 (Raststätten, Parkplätze usw.) und bestimmte Untergruppen handelt.

Die weitere Vorgehensweise wurde dann programmtechnisch umgesetzt. Für jede Zählstelle im Verzeichnis wurden zunächst alle Punkte bestimmt, die sich an derselben Straße befinden wie die Zählstelle und außerdem maximal 50 km (Luftlinie) von der Zählstelle entfernt sind (Beispiel siehe Bild 9).



**Bild 9:** Anschlussstellen auf der gleichen Straße und in räumlicher Nähe zur Zählstelle

Die ermittelten Punkte sowie die Zählstelle selbst wurden dann in eine Reihenfolge gebracht, die so optimiert wurde, dass der Streckenzug vom ersten Eintrag dieser Liste über alle weiteren Punkte und die Zählstelle selbst so kurz wie möglich ist (Beispiel siehe Bild 10).



**Bild 10:** Zählstelle und Anschlussstellen, Reihenfolge optimiert auf Gesamtlänge des Streckenzugs

Aus der sich ergebenden Reihenfolge wurden anschließend die jeweils zwei vor bzw. hinter der Zählstelle befindlichen Anschlussstellen in das Zählstellenverzeichnis übernommen. Dabei wurden Punkte vom Typ P3 (Raststätten und Parkplätze) nicht berücksichtigt. Es wurde darauf geachtet, dass die Anschlussstellen in Zählstellenrichtung 1 (in der Regel Nord bzw. Ost) als hinter der Zählstelle festgelegt wurden und diejenigen in Zählstellenrichtung 2 als davor. Dies wurde anhand der Himmelsrichtung der Fahrtrichtung 1 der Zählstelle und der relativen Nord/Süd- bzw. Ost/West-Lage von Zählstelle und Anschlussstellen beurteilt.

Abschließend wurde eine Kontrolle der sich ergebenden Streckenzüge vorgenommen.

Dabei wird angenommen, dass sich auf einem Streckenzug, dessen Punkte eine falsche Reihenfolge aufweisen, an wenigstens einem Punkt unnatürlich spitze Winkel ergeben. Jeder Streckenzug, der wenigstens einmal schärfer als um 90° abbiegt, wurde daher manuell erneut untersucht, indem die Anschlussstellen- und Zählstellenkoordinaten in einer digitalen Karte aufgerufen wurden. Dies war lediglich für eine Handvoll Zählstellen der Fall. Eine Korrektur war lediglich an der Zählstelle 1120 Brunsbüttel an der B5 in Schleswig-Holstein erforderlich. Dies zeigt, dass sich diese Vorgehensweise nur bedingt für Bundesstraßen eignet. Zudem erscheinen deren Schnittpunkte mit Straßen im nachgeordneten Netz nicht in der Location-Code-Liste.

Zusätzlich konnte durch die Zuordnung der jeweils nächsten Anschlussstellen noch ein weitergehender Nutzen erzielt werden. In der Location-Code-Liste ist für jede Anschlussstelle auch die zugehörige Netzknotennummer hinterlegt. Außerdem ist davon auszugehen, dass der Luftlinienabstand zur Anschlussstelle ungefähr der Stationierung entspricht. Da die BISStra-Sektoren genau nach diesen beiden Kriterien verortet sind, kann über die Kombination der Netzknotennummern und der Stationierung jeweils ein 100m-Abschnitt aus der IT-ZEB-Tabelle zugeordnet werden. Auf diese Weise konnten Lücken geschlossen werden, wenn über



das Zählstellenverzeichnis der BISStra-Sektor nicht bestimmt werden konnte. Dadurch ließ sich das Attribut Längsneigung weiter vervollständigen.

Aus der sich ergebenden Reihenfolge, den Abständen und Anzahlen der Anschlussstellen wurde zuletzt der mittlere Anschlussstellenabstand (=Anschlussstellendichte) berechnet. Wie bereits erwähnt, wird die Anschlussstellendichte für die Beurteilung der Lage einer Zählstelle im Ballungsraum jedoch bisher nicht verwendet.

## 5 Datenaufbereitung und -auswertung

Zur Auswertung der Dauerzählstellendaten wurde das Programmpaket DAUZ eingesetzt, das von DTV-Verkehrsconsult seit Jahren erfolgreich für diese Aufgabe eingesetzt und weiterentwickelt wird. Auch die BAST setzt dieses Programmpaket neben Eigenentwicklungen ein.

Dabei wurde insbesondere das Modul WTB verwendet, das die Auswertung verschiedener **WochenTagsBereiche** ermöglicht. Obwohl die Unterscheidung der Zeitbereiche in diesem Projekt von geringer Bedeutung ist, lassen sich so auch fahstreifenspezifische Verkehrsmengen errechnen.

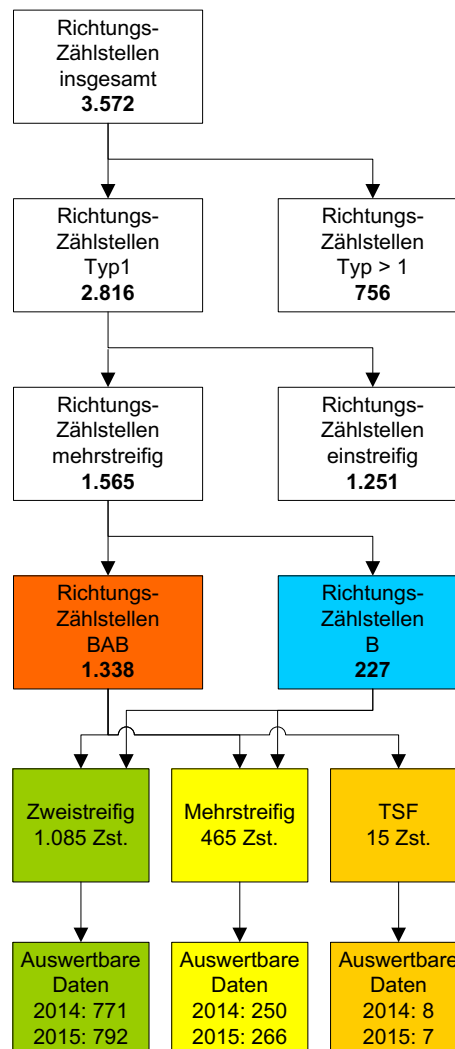
Darüber hinaus wurde die zur Verfügung stehende Datenmenge hinsichtlich Verwertbarkeit vorab gefiltert. Nachfolgend werden die durchgeführten Datenaufbereitungen beschrieben.

### 5.1 Filterung verwertbarer Daten

Das maximal zur Verfügung stehende Zählstellenkollektiv wird in der Praxis durch verschiedene Merkmale der Zählstellen stark eingeschränkt. Einige davon können jedoch von Jahr zu Jahr variieren. Dies betrifft beispielsweise den Schätzwertanteil einer Zählstelle. Auch die eingesetzte Zähltechnik und damit die Anzahl der unterschiedenen Fahrzeugarten kann sich im Laufe der Jahre verbessert haben. Im Jahr 2015 musste das Kollektiv mit 1.552 Richtungs-Zählstellen kaum eingeschränkt werden, während im Jahr 2008 beispielsweise nur 1.022 Richtungs-Zählstellen zur Verfügung stehen. Bild 11 zeigt einige grundlegende Einschränkungen, die im Vorfeld besprochen wurden, und deren Auswirkungen auf die Größe des Zählstellenkollektivs.

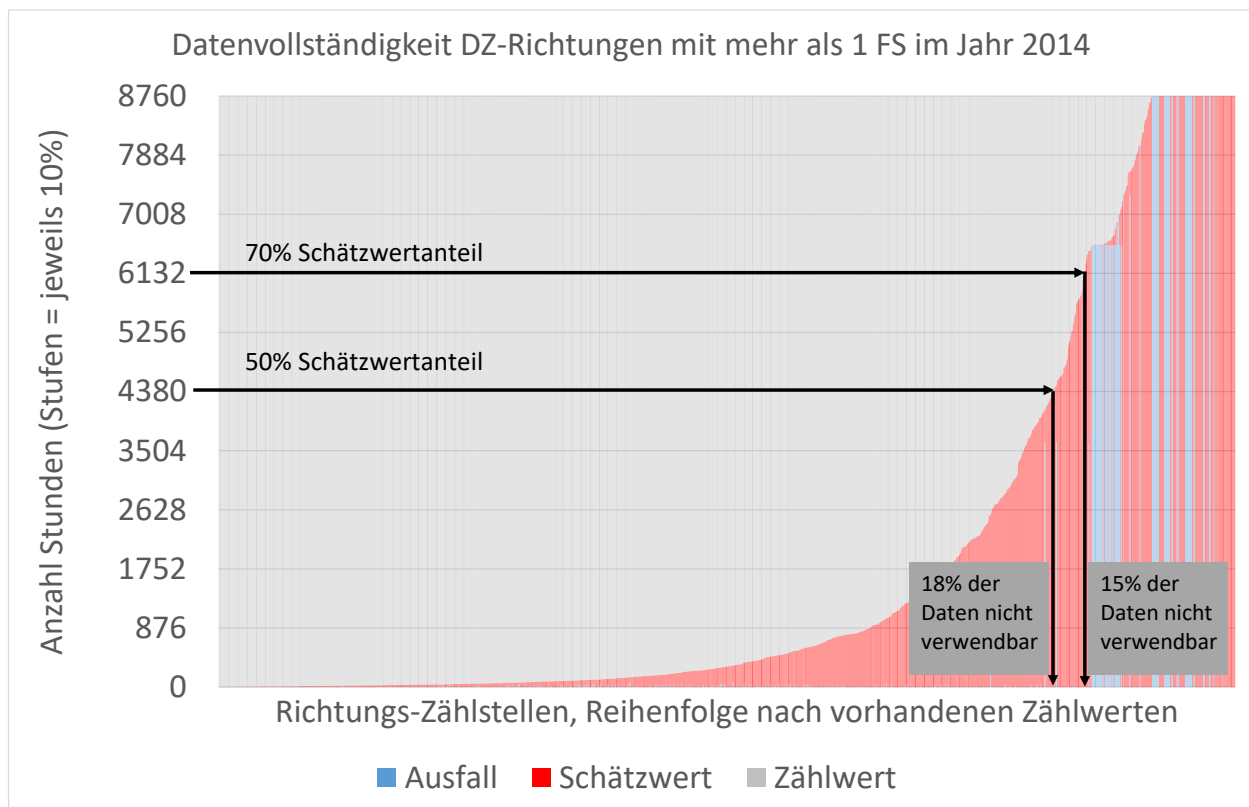
Es erscheint sinnvoll, nur Zählstellen für die Auswertung zuzulassen, deren Schätzwertanteil nicht zu hoch ist. Wie hoch hier die Grenze angesetzt werden soll, ist dabei fraglich. Aus den Erfahrungen der BAST und bei DTV-Verkehrsconsult ist die Qualität der Schätzwerte, die bei der Vervollständigung eines Datenausfalls einer Zählstelle erzeugt werden, inzwischen sehr gut und eine ausschließliche Beschränkung auf Zählwerte nicht erforderlich.

Möglicherweise können sich durch die Beschränkung auf Zählwerte sogar Verzerrungen ergeben, da dann kein einheitlicher Zeitbereich mehr für die Auswertung existiert.



**Bild 11:** Entscheidungsdiagramm zur Festlegung des Zählstellenkollektivs

Je kritischer dabei der Schätzwertanteil beurteilt wird desto kleiner wird die Datengrundlage für die Auswertungen. Bild 12 zeigt exemplarisch aus dem Jahr 2014 für die mehrstreifigen Richtungs-Zählstellen die Anteile von Ausfällen, Schätzwerten und Zählwerten in den 8.760 Stunden des Jahres.



**Bild 12:** Schätzwertanteile in den Zählstellendaten mehrstreifiger Richtungen im Jahr 2014

Die Zählstellen wurden dabei von links nach rechts nach absteigendem Zählwertanteil geordnet. Nun zeigt sich bei einer Begrenzung des Schätzwertanteils auf 70% (6.132 Stunden), dass ca. 15% der Zählstellen diesen Grenzwert überschreiten und dadurch nicht mehr zur Auswertung herangezogen würden. Bei einer Begrenzung auf 50% würde sich dieser Anteil auf 18% erhöhen. Dabei muss erwähnt werden, dass ca. 8% der Zählstellen ausschließlich über Schätzwerte verfügen. Eine Einbeziehung dieser Zählstellen wird nicht als sinnvoll angesehen, sodass dies als untere Grenze der auszuschließenden Zählstellen angesehen wird. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde eine Begrenzung der zulässigen Schätzwerte auf 70% definiert. Das bedeutet, alle verfügbaren Zählstellenjahre mit einem Schätzwertanteil größer 70% wurden für die weiteren Auswertungen nicht verwendet.

Nach Durchführung der hier beschriebenen Filterung wurde das Zählstellenkollektiv bereits eingeschränkt und für das Projekt generell unpassende Zählstellen verworfen (z.B. einstreifige und virtuelle Querschnitte, nur Zählstellen mit einer 5+1- bzw. 8+1-Klassifizierung, Schätzwertanteil  $\leq 70\%$ ). Diese Filterungen konnten pauschal für das Zählstellenkollektiv vorgenommen werden.

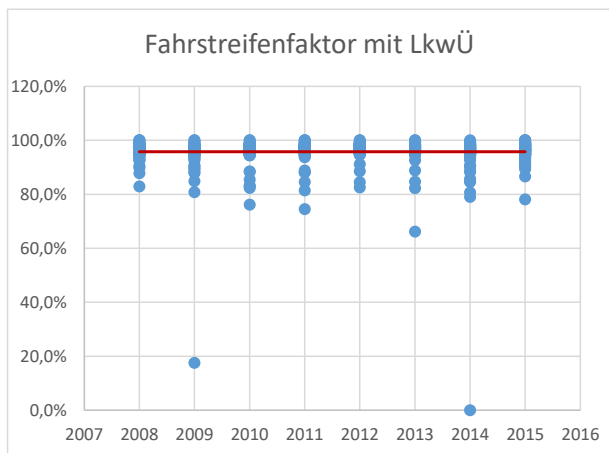
Aus der so gewonnenen Zählstellengrundlage wurden nun die Fahrstreifenfaktoren für jedes Zähljahr, getrennt nach Fahrtrichtung, berechnet.

Hierzu werden die Fahrzeugmengen jedes einzelnen Fahrstreifens über das Jahr aufsummiert. Anschließend wird die Menge des Schwerverkehrs auf dem rechten Fahrstreifen der Summe des Schwerverkehrs auf allen Fahrstreifen derselben Richtung gegenübergestellt. So ergibt sich der Schwerverkehrsanteil auf dem rechten Fahrstreifen für die jeweilige Zählstellenrichtung und das zugehörige Jahr. In die Berechnung werden alle zur Verfügung stehenden Stundendaten einbezogen. Eine Beschränkung auf tatsächliche Zählwerte (Ausschluss geschätzter Werte), bestimmte Wochentage oder Tageszeiten wird nicht vorgenommen.

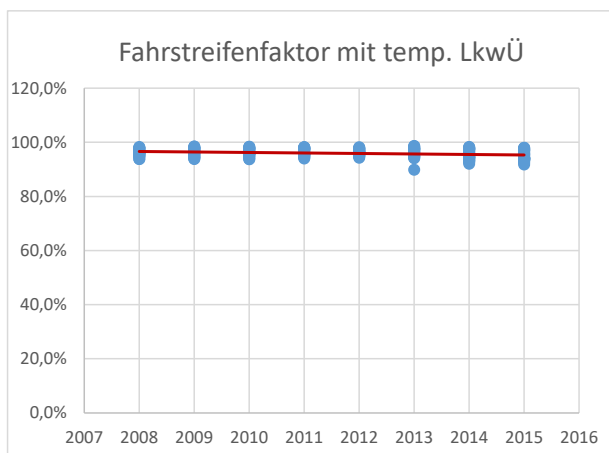
Zusätzlich zum Fahrstreifenfaktor wurden die Merkmale der Zählstelle als Randbedingungen zu jedem Jahresdatensatz in der Datenbank abgelegt.

Um einen Überblick über das Gesamtkollektiv zu erhalten, wurden in den nächsten Schritten verschiedene Plausibilitätsprüfungen der eingetragenen Merkmale sowie der Größenordnung und Verteilung der Fahrstreifenfaktoren vorgenommen. Hier wurden u.a. die Fahrstreifenfaktoren getrennt nach den verfügbaren Zähljahren sowie den Straßenklassen (BAB, B), Anzahl der Fahrstreifen und dem Merkmal Lkw-Überholverbot gegenübergestellt. In Bild 13 bis

Bild 16 sind exemplarisch einige Auswertungen dargestellt. Betrachtet werden hierbei jeweils die Jahre 2008 bis 2015. Jeder dargestellte Wert steht hierbei für eine Richtungszählstelle. Zusätzlich ist jeweils als Linie die zeitliche Entwicklung des Medianwertes dargestellt.



**Bild 13:** Entwicklung der Fahrstreifenfaktoren für Richtungszählstellen mit Lkw-Überholverbot

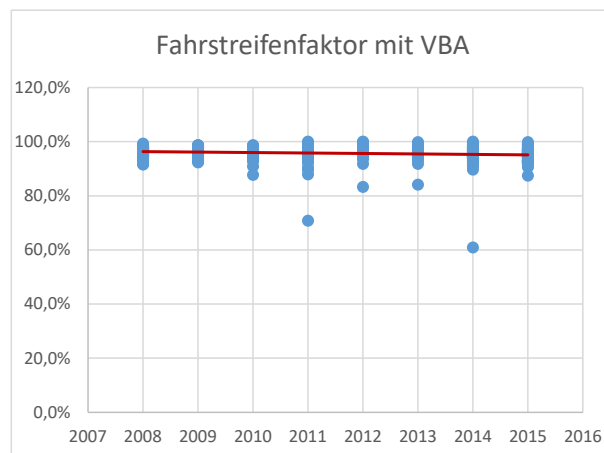


**Bild 14:** Entwicklung der Fahrstreifenfaktoren für Richtungszählstellen mit temporärem Lkw-Überholverbot

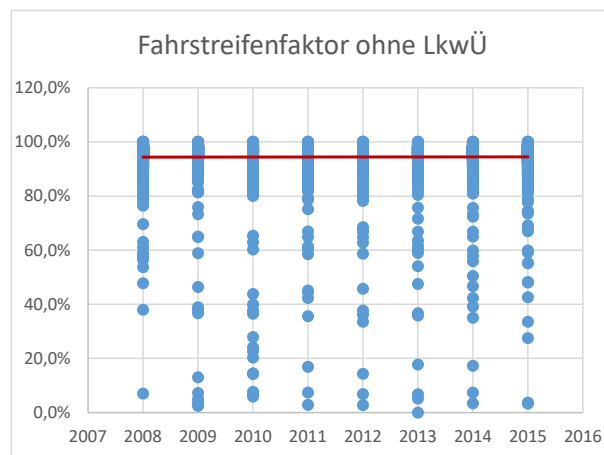
Hierbei zeigte sich, dass sowohl die Größenordnung der Fahrstreifenfaktoren als auch deren Streubreiten in den Jahren 2008 bis 2015 relativ konstant sind. Dies resultiert aus der Tatsache, dass innerhalb der Zähljahre weitgehend die gleichen Zählstellen zu Grunde liegen.

Vor diesem Hintergrund wurde die Frage aufgeworfen, ob die Berücksichtigung aller verfügbaren Zähljahre einen Mehrwert für die hier vorliegende Aufgabenstellung bringt. Einerseits wird so das Gesamtkollektiv vergrößert. Auf der anderen Seite handelt es sich in jedem Jahr jedoch überwiegend um die gleichen Zählstellen mit den gleichen Merkmalen, weshalb dies keine echte Vergrößerung der

Stichprobe darstellt, sondern eher einer Vervielfachung einzelner Elemente der Stichprobe gleichkommt (keine unabhängige Stichprobe).



**Bild 15:** Entwicklung der Fahrstreifenfaktoren für Richtungszählstellen innerhalb einer Verkehrsbeeinflussungsanlage (VBA)



**Bild 16:** Entwicklung der Fahrstreifenfaktoren für Richtungszählstellen ohne Lkw-Überholverbot

Daher wird der Mehrwert der größeren Stichprobe durch Berücksichtigung möglichst vieler Zähljahre als begrenzt angesehen.

Zusätzlich können sich einzelne Merkmale und Randbedingungen über die Zähljahre seit 2008 verändert haben. Eine pauschale Annahme, dass die heutigen Randbedingungen, die aus aktuellen Datenbanken zusammengestellt wurden, auch für 2008 gültig sind, birgt somit eine gewisse Fehleranfälligkeit.

Vor diesem Hintergrund wurde vorgeschlagen und im Rahmen einer Betreuerkreissitzung abgestimmt, für die weiteren Analysen nur die Daten der aktuellsten Zähljahre 2014 und 2015 zu verwenden. Alle weiteren Auswertungen und Ergebnisse basieren auf dieser Grundlage.

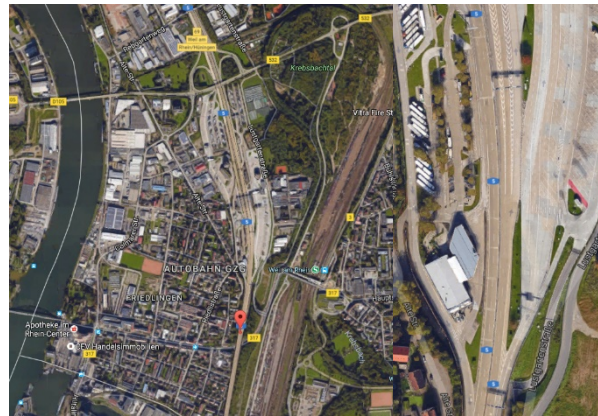
Bei der Plausibilitätsprüfung der Datensätze sind auch einige Zählungen aufgefallen, die besonders kleine Fahrstreifenfaktoren aufweisen. Hier war aus den Merkmalen der Datensätze zunächst keine offensichtliche Ursache erkennbar, weshalb bei diesen Zählungen eine besondere Ausreißerprüfung vorgenommen wurde. Als Prüfkriterium, ob es sich bei dem Fahrstreifenfaktor möglicherweise um einen Sonderfall handelt, wurde bei 2-streifigen Richtungsfahrbahnen ein Grenzwert 85% und bei 3-streifigen Richtungsfahrbahnen ein Wert von 80% angenommen. Diese Grenzwerte wurden aus den vorhergehenden Analysen des Gesamtkollektivs als sinnvoll erachtet.

Für diese Ausreißerprüfung wurden alle Datensätze, deren Fahrstreifenfaktoren unterhalb der o.g. Grenzwerte liegen, einzeln anhand von Luftbildern und/oder den Befahrungsbildern der IT-ZEB auf mögliche Besonderheiten geprüft. Hierbei zeigte sich insbesondere bei sehr kleinen Fahrstreifenfaktoren häufig die Situation, dass die Zählstelle in einem Streckenbereich kurz vor einem größeren Knotenpunkt bzw. einer Anschlussstelle liegt, an dem der rechte Fahrstreifen zum Ausfädelungsstreifen wird (siehe beispielsweise Bild 17). Hier wären demnach die Wegweisung und der weitere Streckenverlauf maßgebend für die Fahrstreifenwahl des Schwerververkehrs, weshalb die Zählstellen mit diesen Eigenschaften aus dem Gesamtkollektiv entfernt wurden.

Ein weiteres Beispiel für einen ähnlichen Sonderfall sind Zählstellen an Grenzübergängen. Hier erfolgt häufig eine besondere Wegweisung bzw. Spurzuweisung für Lkw, was in den Fahrstreifenfaktoren erkennbar wird (siehe beispielsweise Bild 18).

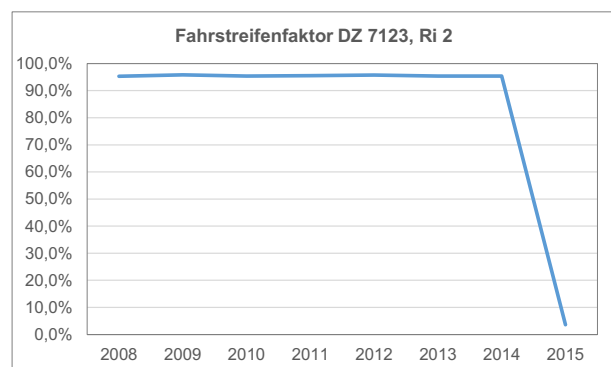


**Bild 17:** Beispiel einer Zählstelle im direkten Verflechtungsbereich (Fahrstreifenfaktor 22,4%)



**Bild 18:** Beispiel einer Zählstelle im Bereich eines Grenzübergangs (Fahrstreifenfaktor 3,3%)

Konnten aus den Luftbildern oder den Befahrungsbildern der IT-ZEB keine eindeutigen Hinweise für besondere Randbedingungen gewonnen werden, so wurden die Fahrstreifenfaktoren der Zählstellen über alle verfügbaren Zähljahre (2008 - 2015) verglichen. Passt der auffällige Wert, der zur Ausreißerprüfung geführt hat nicht in die Zeitreihe, so wurde auch dieser Zähl Datensatz aus dem Gesamtkollektiv entfernt (siehe beispielsweise Bild 19). Eine mögliche Ursache für zeitweise kleine Fahrstreifenfaktoren kann die baustellenbedingte Änderung der Fahrstreifenführung sein.

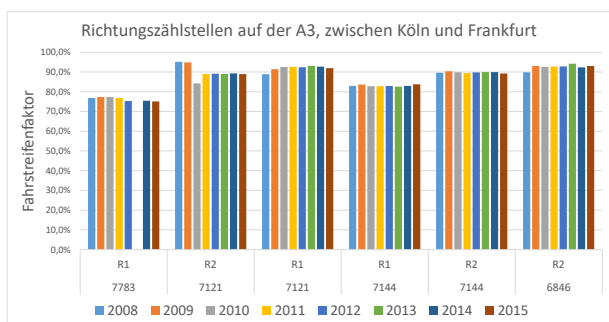


**Bild 19:** Beispiel einer Zählstelle mit Auffälligkeiten in der Zeitreihe

Alle anderen Datensätze, deren Fahrstreifenfaktoren unterhalb der o.g. Grenzwerte zur Ausreißerprüfung liegen, an denen jedoch keine Besonderheiten festgestellt wurden, blieben im Gesamtkollektiv enthalten.

Darüber hinaus wurde auch die Entwicklung des Fahrstreifenfaktors über die vorhandene Laufzeit analysiert und hierbei der jeweils im Jahre vorhandene Fahrstreifenfaktor mit dem Medianwert verglichen. In Bild 20 ist exemplarisch die Entwicklung der Fahrstreifenfaktoren an 6 automatischen Dauerzählstellen auf der A 3 zwischen Köln und Frankfurt dargestellt.



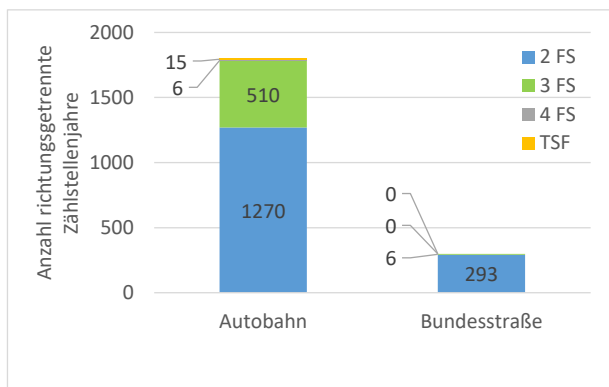


**Bild 20:** Fahrstreifenfaktoren an 6 Dauerzählstellen auf der A 3 zwischen Köln und Frankfurt

Es ist zu erkennen, dass die Veränderung der Fahrstreifenfaktoren innerhalb des Untersuchungszeitraums relativ gering ist. Darüber hinaus ist zu erkennen, dass auch die Bandbreite der Fahrstreifenfaktoren über die betrachtete Strecke der A 3 relativ konstant, vor allem aber in sich stimmig ist.

Auf den BAB wurden insgesamt rund 5% aller Richtungszählstellen nach eingehender Prüfung verworfen, auf den Bundesstraßen waren dies rund 12%.

Aus den so geprüften und gefilterten Datensätzen ergibt sich ein belastbares Grundkollektiv, welches für alle weiteren Analysen verwendet wurde. Die Zusammensetzung des Grundkollektivs hinsichtlich Straßenklassen und Anzahl der Fahrstreifen (einschließlich temporärer Seitenstreifenfreigabe, TSF) ist in Bild 21 dargestellt.



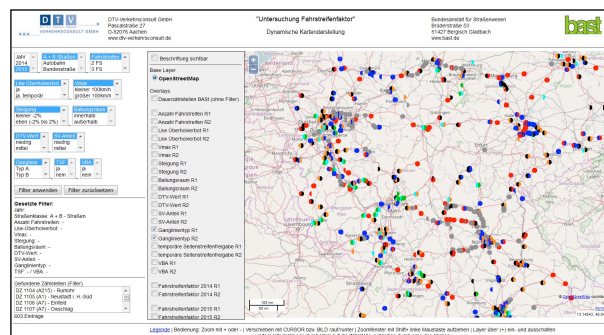
**Bild 21:** Grundkollektiv: richtungsgetrennte Zählstellenjahre 2014/2015, nach Straßenklassen und Anzahl Fahrstreifen

## 5.2 Kartendarstellung

Nach Übertragen von fehlenden Informationen aus der Dokumentation der Dauerzählstellen stehen weitergehende Informationen über die Randbedingungen zur Verfügung. Um diese zu visualisieren und auch zur internen Bereitstellung dieser Informationen wurden in einer internetbasierten Karte alle Informationen zu den Zählstellen verankert.

Die Darstellung nutzt die Kartendaten von OpenStreetMap (OSM), welche unter der Lizenz „Open Database Licence (ODbL) 1.0“ stehen. Die Lizenz besagt, dass jegliche Art der Nutzung von OSM-Daten – auch gewerblich – zulässig ist, solange die Lizenzbedingungen eingehalten werden. Zur Anzeige eigener Inhalte kommt die Javascript-Bibliothek „OpenLayers“ unter der BSD-Lizenz zum Einsatz.

Die weiteren Informationen (Koordinaten, Dokumentationen, Randbedingungen, verschiedene Layer) werden auf einem Webserver und einer Datenbank bereitgestellt und nach erfolgreichem passwortgeschützten Login miteinander verschmolzen. Ein Beispiel für eine derartige Kartendarstellung ist in Bild 22 dargestellt.



**Bild 22:** Kartendarstellung zum Abruf der Informationen

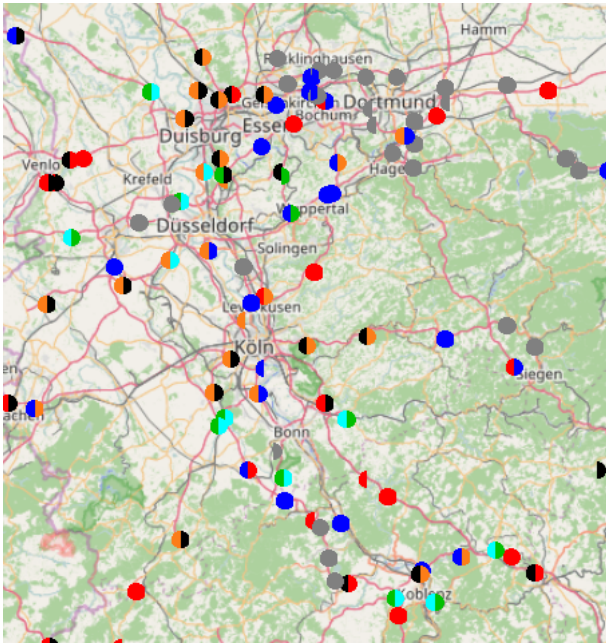
Die zugrundeliegende Datenbank umfasst alle Zählstellen und unterliegt nicht den Beschränkungen, die bei der Auswertung der Zählstellen gemacht wurden. Beispielsweise sind Zählstellen mit nur einem Fahrstreifen je Richtung in den Statistiken ausgeblendet, werden in der Karte jedoch noch dargestellt. Das Gesamtkollektiv aller Zählstellen (inklusive Ausreißer) kann allerdings nur in grau dargestellt werden. Weitere Kennwerte sind nicht darstellbar.

Für die im Auswertekollektiv enthaltenen Zählstellen können weitere Kennwerte dargestellt werden. Hierbei wird je Richtung die Information farbcodiert in einem Halbkreis dargestellt, so dass sich die beiden Richtungen einer Zählstelle auch direkt miteinander vergleichen lassen. Die folgenden Merkmale können direkt richtungsbezogen dargestellt werden:

- Anzahl der Fahrstreifen
- Lkw-Überholverbot
- Zulässige Höchstgeschwindigkeit
- Steigung
- Ballungsraum
- DTV-Wert

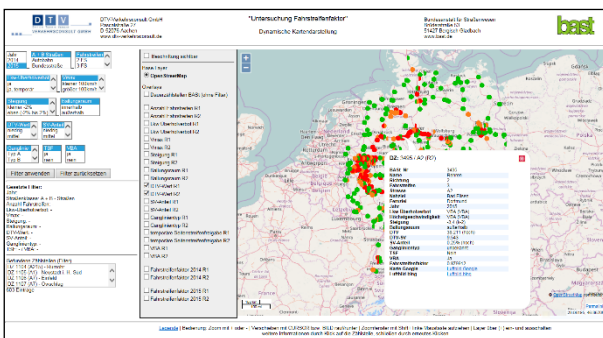
- Schwerververkehrsanteil
- Ganglinientyp
- Temporäre Seitenstreifenfreigabe
- Verkehrsbeeinflussungsanlage

Je nach ausgewähltem Kriterium erfolgt eine Darstellung und Gruppierung des Kriteriums in Kategorien mit unterschiedlichen Farben, die auf dem Reiter „Legende“ nachgeschlagen werden können.



**Bild 23:** Kartendarstellung mit exemplarischer Information zum Ganglinientyp

Sobald durch Mausklick eine Dauerzählstelle ausgewählt wird, sind über ein Popup-Fenster weitere Informationen einsehbar (siehe Bild 24).



**Bild 24:** Popup-Fenster mit Informationen zur Dauerzählstelle

In diesem Fenster sind alle in der Datenbank verfügbaren Informationen enthalten. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, sich die Dokumentation der Dauerzählstelle anzeigen zu lassen. Zur weitergehenden Überprüfung kann die Lage anhand von

Luftbildern (Link zu Google und Bing) verifiziert werden.

Im linken Bereich können mit Hilfe von verschiedenen Filtern (z.B. Jahr, Anzahl Fahrstreifen, DTV-Wert, Schwerververkehrsanteil, siehe Bild 25) Zählstellen vorausgewählt werden. Hierdurch können beliebige Merkmalskombinationen ausgewählt und auf der Karte hinsichtlich ihrer räumlichen Verteilung beurteilt werden.

<b>Jahr</b> 2014 2015	<b>A + B Straßen</b> Autobahn Bundesstraße	<b>Fahrstreifen</b> 2 FS 3 FS
<b>Lkw-Überholverbot</b> ja ja, temporär	<b>Vmax</b> kleiner 100km/h größer 100km/h	
<b>Steigung</b> kleiner -2% eben (-2% bis 2%)	<b>Ballungsraum</b> innerhalb außerhalb	
<b>DTV-Wert</b> niedrig mittel	<b>SV-Anteil</b> niedrig mittel	
<b>Ganglinie</b> Typ A Typ B	<b>TSF</b> ja nein	<b>VBA</b> ja nein

**Bild 25:** Übersicht über die unterschiedlichen Filtermöglichkeiten

Die Nutzung der Filtermöglichkeit bietet sich insbesondere an, da auf der Karte auch die ermittelten Fahrstreifenfaktoren für die Jahre 2014 und 2015 angezeigt werden können.

## 6 Berechnung von Fahrstreifenfaktoren

Nachfolgend werden die Überlegungen und zugehörigen Arbeitsschritte zur Ableitung von aktualisierten Fahrstreifenfaktoren dokumentiert. Hierbei erfolgt zunächst eine Auswertung und Darstellung der Fahrstreifenfaktoren bei Betrachtung nur eines Untersuchungsmerkmals, bevor unter Berücksichtigung der bereits getroffenen Überlegungen Teilkollektive gebildet werden.

Aufgrund der Besonderheit von Zählstellen im Bereich einer temporären Seitenstreifenfreigabe werden die Erkenntnisse hierzu in einem eigenständigen Kapitel dargestellt.

### 6.1 Fahrstreifenfaktoren nach Merkmalen

Im Rahmen des Projektes war zunächst vorgesehen, den Einfluss der unterschiedlichen Kriterien in Form einer multivariaten Analyse zu bestimmen. Erste Auswertungen haben allerdings gezeigt, dass der Fahrstreifenfaktor bei allen gebildeten Teilkollektiven nur in einem geringen Bereich schwankt. Hierdurch bedingt ist – insbesondere bei der Vielzahl der zu betrachtenden Merkmale – zu erwarten, dass sich die im Rahmen einer Clusteranalyse ermittelten Wertebereiche mehrheitlich überschneiden und somit eine eindeutige Zuordnung und Clusterung nicht möglich ist.

Vor diesem Hintergrund wurde beschlossen, mittels einer deskriptiven Statistik die einzelnen Merkmale separat zu betrachten und die Ergebnisse gegenüberzustellen. Hierzu wurden je Merkmal für unterschiedliche Wertebereiche die Fahrstreifenfaktoren in Form von Box-Plot-Diagrammen dargestellt. Daraus können anschließend Rückschlüsse auf die weitere Möglichkeit zur Zusammenfassung von Teilkollektiven gezogen werden.

In dieser Art der Darstellung wird der Median als horizontale Linie innerhalb der Box gekennzeichnet. Die Box selbst markiert den Bereich, in dem 50% aller Werte liegen. Demnach wird sie durch das obere (75%) und untere (25%) Quartil begrenzt. Die Länge der Box wird als Interquartilsabstand (interquartile range, IQR) bezeichnet. Die Linien ober- und unterhalb der Box, die sogenannten Whisker, enden bei dem Wert aus den Daten, der gerade noch innerhalb des 1,5-fachen Interquartilsabstands liegt, ragen jedoch nicht über/ unter den größten/kleinsten Einzelwert hinaus.

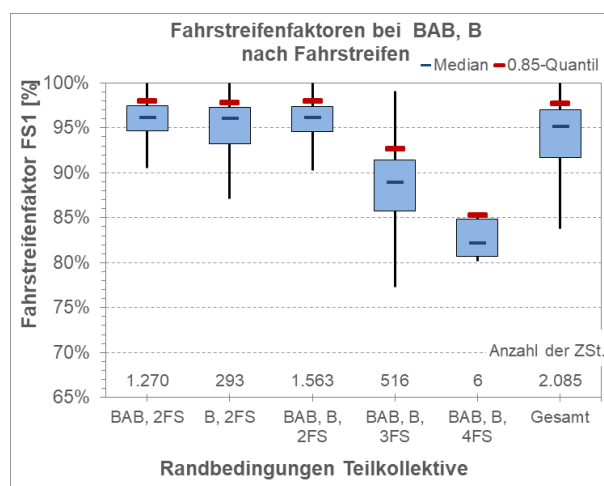
Weiterhin ist in den Diagrammen die Anzahl der Streckenabschnitte je Teilkollektiv ausgewiesen,

um bei der Interpretation der Ergebnisse die Belastbarkeit der Werte indirekt mit berücksichtigen zu können. Als weitergehende Information ist in den Diagrammen zusätzlich der 85%-Quantilwert des Fahrstreifenfaktors der jeweiligen Teilkollektive als rote horizontale Linie eingetragen. Er markiert den Fahrstreifenfaktor, der nur von 15% der Werte innerhalb des Teilkollektivs überschritten wird. Dieser Wert ist möglicherweise als Definition eines späteren Bemessungswertes für den Fahrstreifenfaktor interessant.

#### 6.1.1 Anzahl der Fahrstreifen

In der RStO 12 ist die Auswahl des Fahrstreifenfaktors u.a. von der Anzahl der Fahrstreifen abhängig und es wird erwartet, dass nach wie vor dieses Merkmal die stärksten Auswirkungen auf den Fahrstreifenfaktor hat.

In Bild 26 ist die Auswertung der Fahrstreifenfaktoren getrennt nach Anzahl der Fahrstreifen und Straßenkategorie dargestellt.



**Bild 26:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Straßenkategorie und der Fahrstreifenanzahl

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Anzahl der Fahrstreifen einen großen Einfluss auf die Fahrstreifenfaktoren hat. Mit zunehmender Fahrstreifenanzahl sinkt der Fahrstreifenfaktor. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass in dem Kollektiv für 4 Fahrstreifen nur 6 Zählstellen enthalten sind.

Bei den Richtungszählstellen mit 2 Fahrstreifen wurde aufgrund des großen Kollektivs eine Differenzierung nach der Straßenkategorie (BAB, B) vorgenommen. Hier kann festgestellt werden, dass keine großen Unterschiede im Hinblick auf die Straßenkategorie bestehen. Dies zeigt sich auch, wenn die beiden Straßenkategorien zusammengefasst werden.



Als Fazit kann festgehalten werden, dass die Zählstellen auf mehrstreifigen BAB und B für die weiteren Auswertungen zusammengefasst werden können. Aufgrund der geringen Anzahl an Zählstellen mit 4 Fahrstreifen sollen diese nicht weiter betrachtet werden. Im Gegensatz dazu sind die Auswertungen aber generell getrennt für zwei- und dreistreifige Richtungsfahrbahnen durchzuführen.

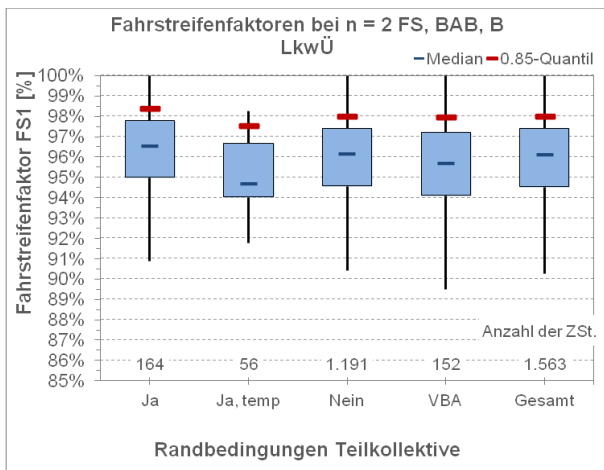
Da die Unterschiede des Fahrstreifenfaktors zwischen den Kollektiven der zwei- und dreistreifigen Querschnitte recht erheblich sind, bewegen sich die Ergebnisse der zweistreifigen Querschnitte stets im oberen Drittel des Diagramms (vgl. Bild 26). Um auch hier die Ergebnisse anschaulich darstellen zu können, wurde hier eine Anpassung des Maßstabs der y-Achse vorgenommen. Daher sind in den folgenden Diagrammen die Ergebnisse der zweistreifigen Querschnitte stets von 85%-100% und die der dreistreifigen Querschnitte stets von 65%-100% dargestellt. Die abweichende Skalierung ist zu beachten, wenn zwei- und dreistreifige Querschnitte gegenübergestellt werden.

### 6.1.2 Lkw-Überholverbot

Auch von der Anordnung eines Lkw-Überholverbotes wird erwartet, dass dies größere Auswirkungen auf den Fahrstreifenfaktor hat.

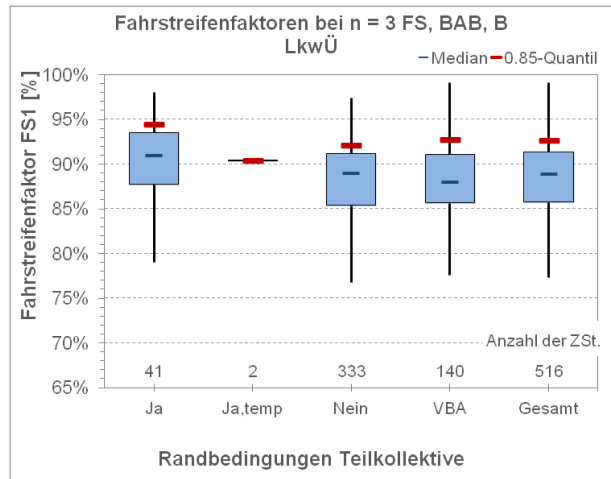
Die Ergebnisse hierzu sind in Bild 27 und Bild 28 dargestellt. Bei der Berücksichtigung von Lkw-Überholverboten wurden hierbei unterschiedliche Fälle betrachtet:

- Lkw-Überholverbot ja/nein
- Lkw-Überholverbot ja, aber nur temporär
- Bereich einer VBA, wo möglicherweise ein Lkw-Überholverbot geschaltet werden kann



**Bild 27:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Anordnung eines Lkw-Überholverbots (2 FS)

Die Auswertungen der Fahrstreifenfaktoren für 2 Fahrstreifen (siehe Bild 27) zeigen, dass insbesondere im direkten Vergleich zwischen Lkw-Überholverbot ja/nein nur geringe Unterschiede bestehen und der Median bei 96,5% bzw. 96,2% liegt. Die größte Abweichung wird beim temporären Lkw-Überholverbot festgestellt, wo ein Median von 94,7% ermittelt wird. Allerdings ist das Kollektiv mit 56 Richtungszählstellen auch deutlich kleiner.



**Bild 28:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Anordnung eines Lkw-Überholverbots (3 FS)

Die getroffenen Aussagen gelten grundsätzlich auch für die Auswertungen der Fahrstreifenfaktoren bei 3 Fahrstreifen (Bild 28). Hier liegt der Median bei Anordnung eines Lkw-Überholverbotes bei 91,0% und ohne Lkw-Überholverbot bei 89,0%. Der Median bei einem temporären Lkw-Überholverbot – allerdings nur basierend auf 2 Werten – liegt zwischen diesen beiden Werten.

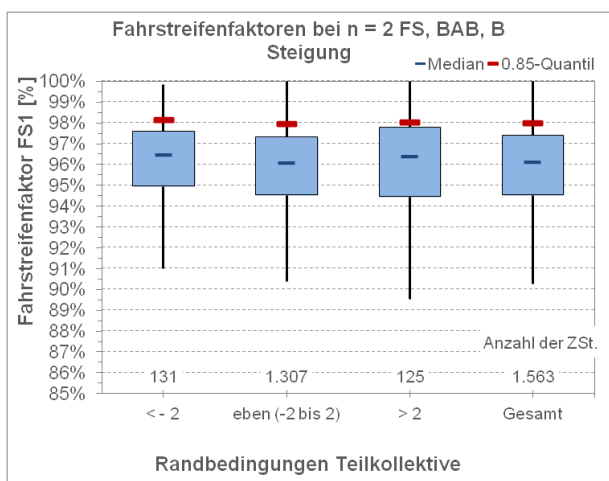
Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Anordnung eines Lkw-Überholverbotes entgegen den Erwartungen nur einen geringen Einfluss auf den Median des Fahrstreifenfaktors hat.

### 6.1.3 Steigung

In Bild 29 und Bild 30 sind die Auswertungen der Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Steigung dargestellt. Hierbei wurden in Anlehnung an die Dokumentation der Dauerzählstellen die Steigungsklassen

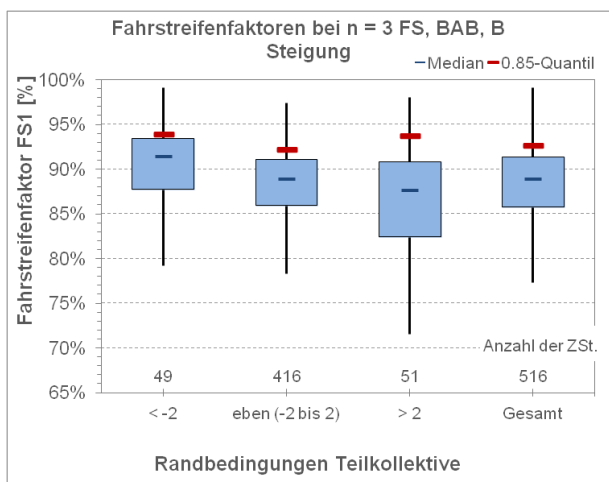
- Mehr als 2% Gefälle
- Steigung/Gefälle bis maximal 2%
- Mehr als 2% Steigung

unterschieden.



**Bild 29:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Steigung (2 FS)

Bild 29 zeigt, dass die Median-Werte bei 2 Fahrstreifen nahezu unabhängig von Steigung/Gefälle bei etwa 96% liegen.



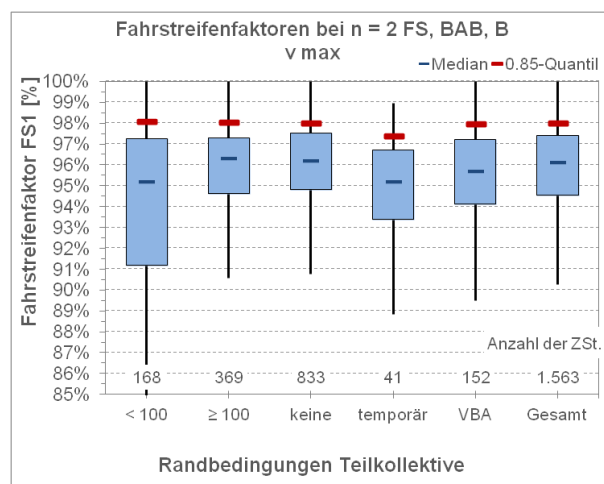
**Bild 30:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Steigung (3 FS)

Die Ergebnisse für 3 Fahrstreifen sind in Bild 30 dargestellt. Im Vergleich zu den Fahrstreifenfaktoren bei 2 Fahrstreifen können hier Unterschiede festgestellt werden. So ist der Median der Fahrstreifenfaktoren mit 91,4% bei Gefällestrecken am höchsten. Er sinkt auf 88,9% im ebenen Gelände. Der geringste Wert (87,7%) wird an Steigungsstrecken erreicht. Hier kommt es anscheinend häufiger zu Überholvorgängen aufgrund langsam fahrender Lkw.

Es kann abschließend festgestellt werden, dass ein Einfluss der Steigung nur auf Strecken mit 3 Fahrstreifen vorliegt.

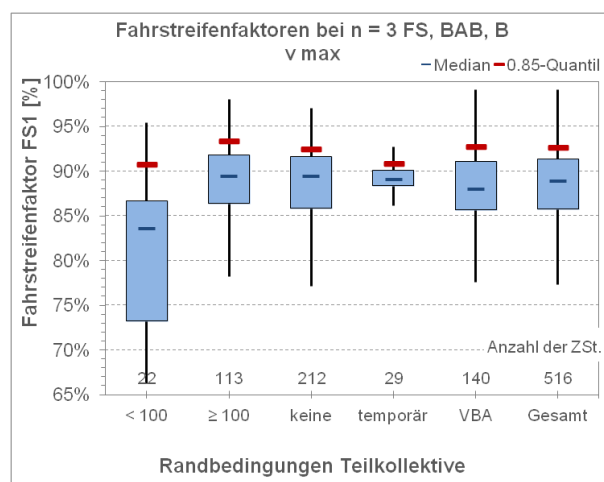
## 6.1.4 Zulässige Höchstgeschwindigkeit

Bild 31 und Bild 32 zeigen die Fahrstreifenfaktoren für unterschiedliche zulässige Höchstgeschwindigkeiten. Neben dauerhaft geltenden zulässigen Höchstgeschwindigkeiten wurden auch hier temporäre Beschränkungen sowie Bereiche mit einer Verkehrsbeeinflussungsanlage betrachtet.



**Bild 31:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (2 FS)

Bild 31 zeigt, dass auch die zulässige Höchstgeschwindigkeit (Hinweis: für Kfz > 3,5 t zul. GG gilt nach StVO §18  $v_{zul} = 80$  km/h) nur einen geringen Einfluss auf den Fahrstreifenfaktor hat. Diese Aussage trifft insbesondere zu, wenn man den 85%-Quantilswert betrachtet. Bei zulässigen Höchstgeschwindigkeiten kleiner als 100 km/h ist auffällig, dass die Streubreite deutlich größer wird und hierdurch bedingt auch der Median mit 95,2% etwas niedriger ausfällt als im Bereich ohne Geschwindigkeitsbeschränkung (96,2%).



**Bild 32:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (3 FS)

Bei 3 Fahrstreifen (siehe Bild 32) streuen die Medianwerte bei unterschiedlichen Geschwindigkeitsbeschränkungen deutlicher. Der niedrigste Wert mit 83,6% wird hier bei zul. Höchstgeschwindigkeiten unter 100 km/h erreicht, allerdings ist das zugrundeliegende Kollektiv mit 22 Richtungszählstellen klein. Die Medianwerte für die anderen Kollektive liegen dagegen in einem engen Bereich und schwanken zwischen 88,1% und 89,5%.

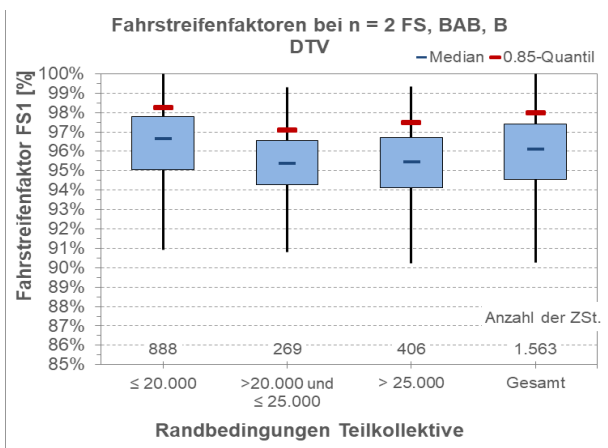
**6.1.5 DTV-Wert**

Im Vorfeld der Überlegungen wurde erwartet, dass die Verkehrsbelastung – DTV-Werte oder auch Ganglinientyp – einen Einfluss auf den Fahrstreifenfaktor hat. Bild 33 und Bild 34 zeigen die Auswertung in Bezug auf den DTV-Wert (richtungsbezogen), wobei die unterschiedlichen Schwerververkehrsanteile hier zunächst unberücksichtigt bleiben (siehe 6.1.6). Hierbei wurden in Abhängigkeit der Fahrstreifenanzahl unterschiedliche DTV-Klassen in der Form gebildet, dass jeweils ähnlich große Klassenbelegungen erreicht wurden. Für 2 Fahrstreifen wurden die folgenden Klassen zugrunde gelegt:

- ≤ 20.000 Kfz/24h
- > 20.000 und ≤ 25.000 Kfz/24h
- > 25.000 Kfz/24h

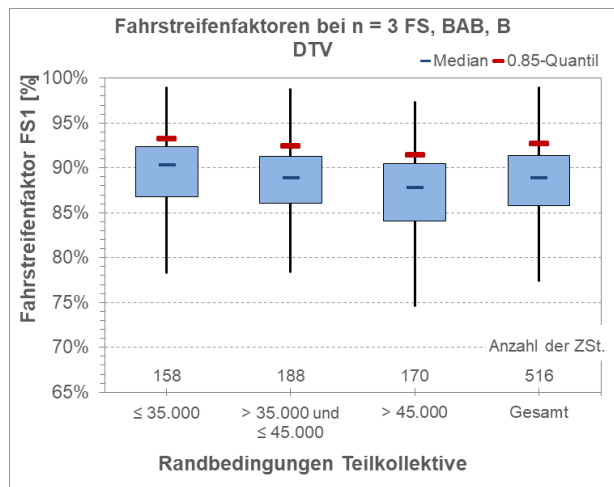
Für 3 Fahrstreifen galten entsprechend:

- ≤ 35.000 Kfz/24h
- > 35.000 und ≤ 45.000 Kfz/24h
- > 45.000 Kfz/24h



**Bild 33:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom DTV-Wert (2 FS)

In Bild 33 sind die ermittelten Fahrstreifenfaktoren für 2 Fahrstreifen dargestellt. Es zeigt sich, dass die Verkehrsbelastung hier nur einen geringen Einfluss auf den Fahrstreifenfaktor hat. Tendenziell kann festgestellt werden, dass bei einer mittleren Belastung der Fahrstreifenfaktor am niedrigsten ist. Diese lässt sich möglicherweise damit erklären, dass bei geringen Verkehrsbelastungen der Überholdruck noch nicht vorhanden ist und bei hohen Verkehrsbelastungen aufgrund der Verkehrsmenge Überholvorgänge nicht durchgeführt werden.



**Bild 34:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom DTV-Wert (3 FS)

Auch die in Bild 34 für 3 Fahrstreifen dargestellten Fahrstreifenfaktoren spiegeln diese Aussagen wider. Die Medianwerte schwanken hier zwischen 88,6% und 89,4%. Insgesamt nehmen diese aber mit zunehmender Verkehrsbelastung ab, da aufgrund der 3 Fahrstreifen Überholvorgänge prinzipiell eher möglich sind und anscheinend auch durchgeführt werden.

Da entgegen der im Vorfeld bestehenden Vermutung eines Einflusses durch den DTV-Wert in keinem der beiden Fälle (2 bzw. 3 und mehr Fahrstreifen) ein Zusammenhang erkennbar wurde, ist für beide Fälle zusätzlich eine feinere Einteilung der Kategorien vorgenommen worden. Diese Ergebnisse finden sich in Bild 35 und Bild 36.

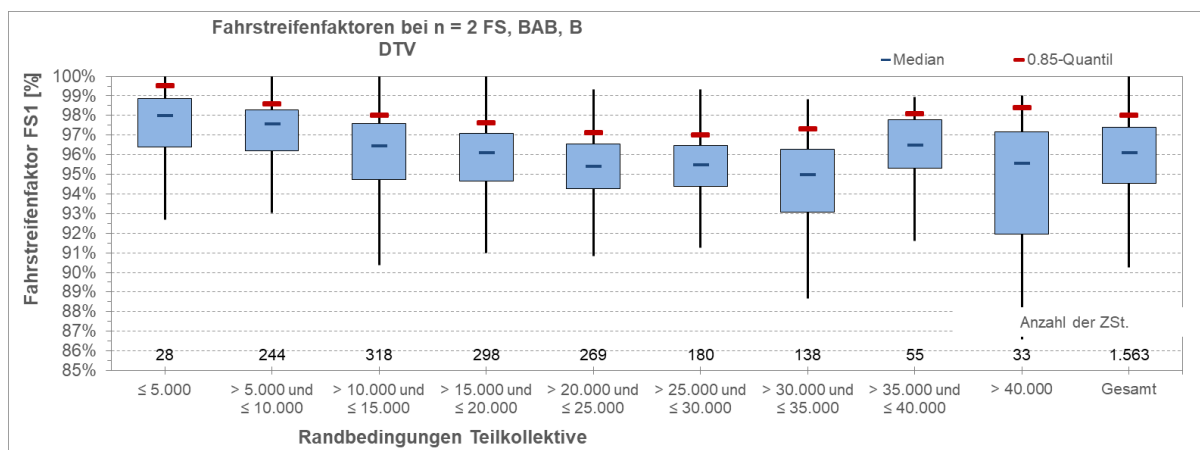


Bild 35: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom DTV-Wert (2 FS)

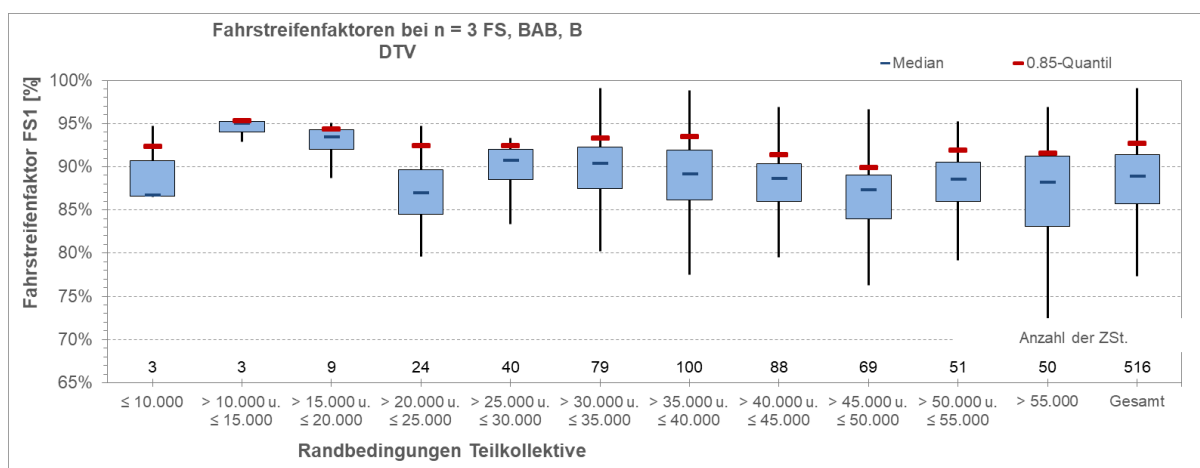


Bild 36: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom DTV-Wert (3 FS)

Insgesamt kann festgestellt werden, dass der Einfluss der Verkehrsbelastung auf den Median des Fahrstreifenfaktors eher gering ist. Bei höheren Verkehrsstärken ergeben sich allerdings größere Streubreiten.

### 6.1.6 Schwerverkehrsmenge und -anteil

Neben der Verkehrsbelastung wurde auch der Anteil des Schwerverkehrs in die Analysen mit einbezogen. Hierbei wurden sowohl der absolute  $DTV_{SV}$ -Wert als auch der Anteil am Gesamtverkehr als Kriterium bewertet. Für beide Merkmale ist ein Zusammenhang mit dem Fahrstreifenfaktor plausibel, da eine große Menge an Schwerverkehr den Überholruck erhöht, ein hoher Anteil an Leichtverkehr das Überholen aber erschweren kann.

Daher ist in Bild 37 und Bild 38 jeweils ein Diagramm mit Einteilung nach dem  $DTV_{SV}$  dargestellt.

Die entsprechenden Diagramme für den SV-Anteil finden sich in Bild 39 und Bild 40.

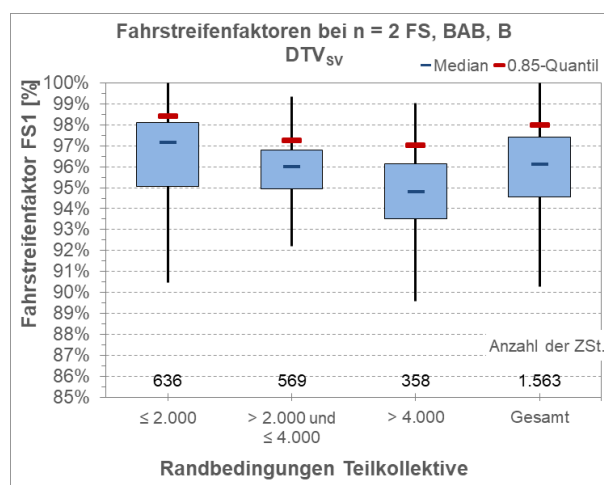
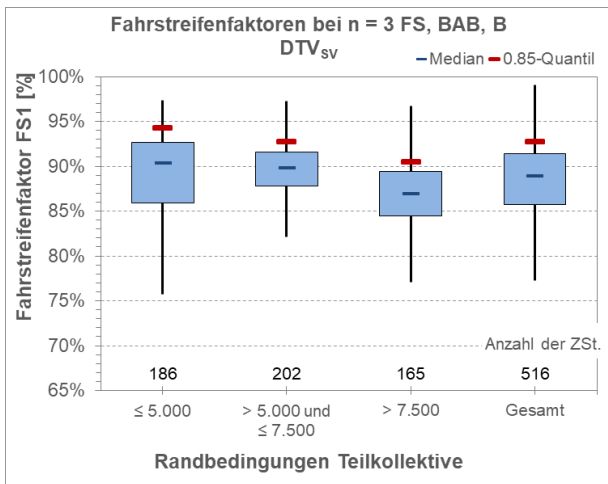
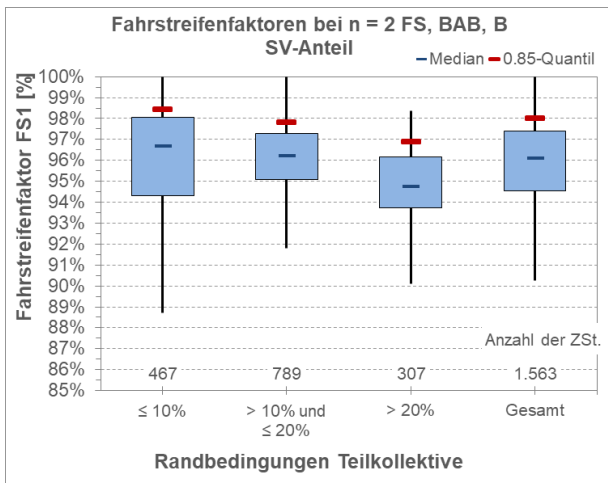


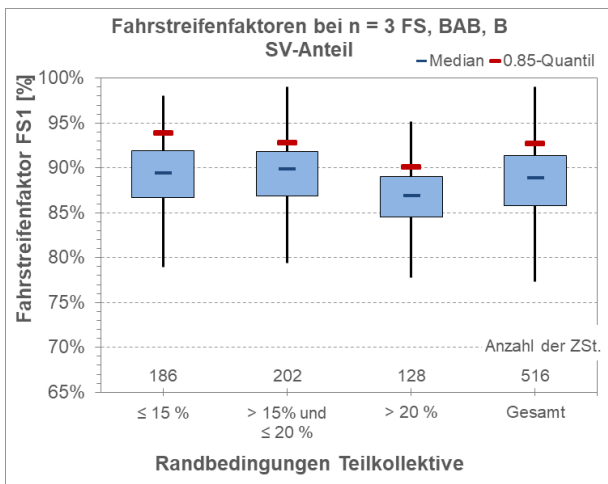
Bild 37: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom Schwerverkehrsaufkommen (2 FS)



**Bild 38:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom Schwerverkehrsaufkommen (3 FS)



**Bild 39:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom Schwerverkehrsanteil (2 FS)



**Bild 40:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom Schwerverkehrsanteil (3 FS)

Der Verlauf der ermittelten Fahrstreifenfaktoren ist für 2 und 3 Fahrstreifen in beiden Fällen nahezu

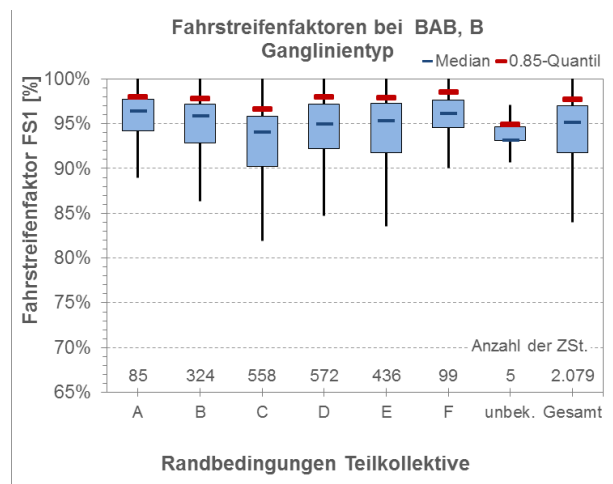
identisch. Sowohl mit zunehmender Schwerverkehrsmenge als auch mit zunehmendem Schwerverkehrsanteil sinken die Medianwerte der Fahrstreifenfaktoren. Bei der Schwerverkehrsmenge liegen die Werte für den Fahrstreifenfaktor in der jeweils höchsten Klasse niedriger. In den unteren Klassen mit geringem und mittlerem Schwerverkehrsaufkommen ist nur bei zweistreifigen Querschnitten ein kleiner Unterschied erkennbar.

Beim SV-Anteil sind die Unterschiede in den betrachteten Klassen „≤ 15%“ und „>15 und ≤ 20%“ sehr gering; nur die Klasse „> 20%“ zeigt eine nennenswerte Abweichung. Allerdings liegen auch hier die Unterschiede nur bei 2,0 Prozentpunkten (2 Fahrstreifen) bzw. 3,0 Prozentpunkten (3 Fahrstreifen).

Auch der Einfluss des absoluten Schwerverkehrsaufkommens und des Schwerverkehrsanteils kann somit als gering bewertet werden.

### 6.1.7 Tagesganglinientyp

Neben dem DTV-Wert kann vermutet werden, dass auch der Tagesganglinientyp einer Dauerzählstelle Einfluss auf den Fahrstreifenfaktor hat. Bild 41 zeigt die Auswertungen in Abhängigkeit des Ganglinientyps, wobei in dieser Darstellung auf eine Differenzierung nach Fahrstreifen verzichtet wurde. Hierbei wurde die Typisierung für den Zeitbereich „Dienstag bis Donnerstag“ herangezogen (siehe FITSCHEN & NORDMANN, 2014).



**Bild 41:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom Ganglinientyp (hier: Tagesganglinien typ Di-Do)

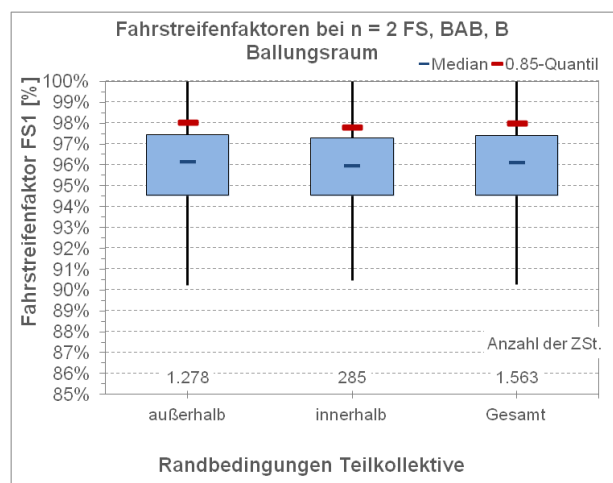
Bild 41 zeigt, dass durch den Ganglinientyp der Medianwert der Fahrstreifenfaktoren zwar nur gering, aber doch signifikant beeinflusst wird. Die Medianwerte der Fahrstreifenfaktoren schwanken hierbei zwischen 93,1% und 96,4%, wobei der niedrigste Wert beim Ganglinientyp C festgestellt wird. Beim

Typ C handelt es sich um eine Tagesganglinie mit einer relativ ausgeglichenen Verkehrsverteilung tagsüber. Es kann vermutet werden, dass somit an Zählstellen dieses Ganglinientyps auch in den Spitzenstunden Überholvorgänge stattfinden und somit ein leicht niedrigerer Fahrstreifenfaktor ermittelt wird.

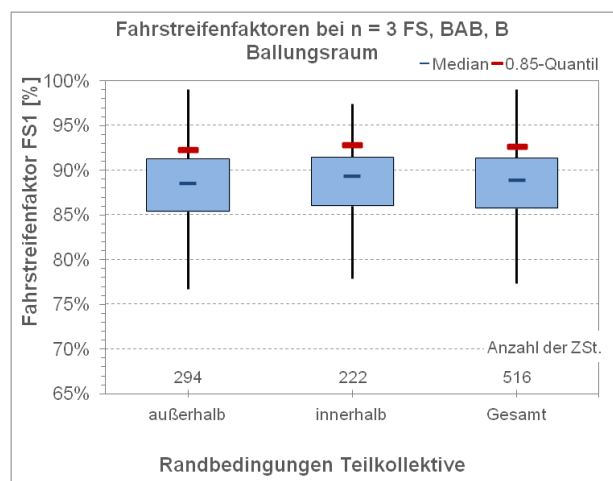
Insgesamt wird aber auch der zugrundeliegende Tagesganglinientyp nicht als maßgebliche Einflussgröße betrachtet, zumal sie im Vorfeld einer Planung nur schwer abzuschätzen ist.

### 6.1.8 Lage Ballungsraum

Die Lage einer Zählstelle im Bereich eines Ballungsraumes hat in der Regel Auswirkung auf die Zusammensetzung der Fahrzeugarten. Vor diesem Hintergrund wurde untersucht, ob die Lage auch einen Einfluss auf den Fahrstreifenfaktor hat (Bild 42 und Bild 43).



**Bild 42:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Lage zum Ballungsraum (2 FS)



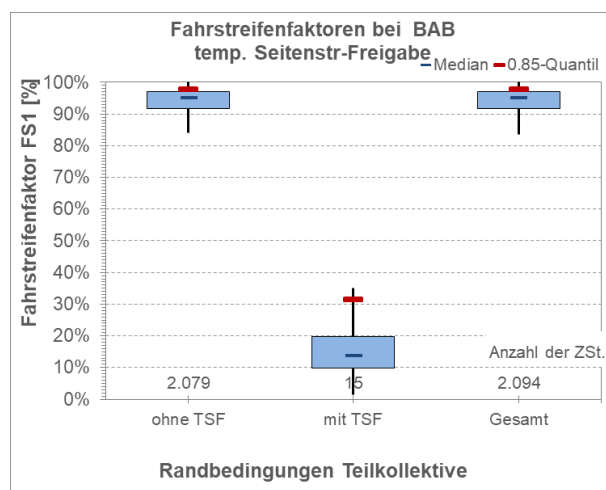
**Bild 43:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Lage zum Ballungsraum (3 FS)

Es kann eindeutig festgestellt werden, dass sowohl bei 2 Fahrstreifen als auch bei 3 Fahrstreifen ein Einfluss aus der Lage in einem Ballungsraum nicht vorhanden ist.

Das Merkmal „Ballungsraum“ braucht daher bei den weiteren Auswertungen nicht betrachtet zu werden.

### 6.1.9 Temporäre Seitenstreifenfreigabe (TSF)

Da bei einer temporären Seitenstreifenfreigabe eine Verlagerung des Schwerverkehrs vom rechten Fahrstreifen auf den Seitenstreifen stattfindet, sind in der logischen Schlussfolgerung hier die größten Veränderungen innerhalb der Kollektive zu erwarten. Dies bestätigt auch die in Bild 44 dargestellte Auswertung.



**Bild 44:** Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Anordnung einer temporären Seitenstreifenfreigabe

Auch wenn das Kollektiv der für die Auswertung zur Verfügung stehenden Zählstellen mit temporärer Seitenstreifenfreigabe mit insgesamt 15 gering ist, so zeigen diese doch ein sehr einheitliches Bild. Ist eine TSF vorhanden, so sinkt der Median des Fahrstreifenfaktors als Anteil des Schwerverkehrs auf dem regulären Hauptfahrstreifen deutlich von rund 95% auf 14%.

Somit ist der Einfluss unbestreitbar. Da der Fahrstreifenfaktor in dieser Form allerdings nicht sinnvoll verwendet werden kann, wird im Kapitel 6.3 das Thema TSF nochmals separat behandelt.

### 6.1.10 Fazit

Aufbauend auf den hier vorgestellten Auswertungen und Analysen können die folgenden Erkenntnisse zusammengefasst werden:



- Die Zählstellen auf BAB und B können zusammen betrachtet werden.
- Insgesamt sind die Schwankungsbreiten des Fahrstreifenfaktors in den Merkmalsklassen eher gering.
- Die Differenzierung nach der Anzahl der Fahrstreifen ist nach wie vor sinnvoll und sollte unbedingt beibehalten werden.
- Ein Einfluss der Steigung konnte nur bei dreistreifigen Fahrbahnen festgestellt werden. Hier ist im Rahmen der Empfehlung zu prüfen, ob dieses Kriterium mit aufgenommen werden sollte.
- Die Anordnung eines Lkw-Überholverbots hat nur einen geringen Einfluss auf den Fahrstreifenfaktor.
- Unterschiedliche zulässige Höchstgeschwindigkeiten haben nur einen geringen Einfluss auf den Fahrstreifenfaktor und können vernachlässigt werden.
- Hinsichtlich Verkehrsbelastung (DTV-Wert und Ganglinientyp) ist geringer Einfluss erkennbar.
- Mit zunehmendem SV-Anteil sinkt der Fahrstreifenfaktor geringfügig
- Die Lage einer Strecke innerhalb oder außerhalb eines Ballungsraums hat keinen Einfluss auf den Fahrstreifenfaktor.

## 6.2 Fahrstreifenfaktoren in Teilkollektiven

Aus der Grundlagenstudie und den Ergebnissen der Einzelbetrachtung von Randbedingungen sind bereits wesentliche Erkenntnisse hervorgegangen. In einer zweiten Stufe wurden hierauf basierend weitere Teilkollektive gebildet und die Kennwerte berechnet. Folgende Merkmale einer Zählstelle wurden für eine Teilkollektivbildung berücksichtigt:

- Straßenklasse BAB / B
- Fahrstreifenanzahl
- Lkw-Überholverbot
- Geschwindigkeitsbeschränkung
- Steigung

Auf Basis der genannten Einflussgrößen wurden aus dem Grundkollektiv in einem ersten Schritt zunächst sämtliche Teilkollektive gebildet, die sich aus der Kombination der Merkmale ergeben.

Zur Vereinfachung der Teilkollektivbildung wurden anschließend einzelne ähnliche Merkmale zusammengefasst, um die Kombinationsmöglichkeiten zu

begrenzen und damit sehr kleine Teilkollektive möglichst zu vermeiden. Dies betrifft die folgenden Merkmale:

- Hinsichtlich der Fahrstreifenanzahl wurden im Wesentlichen die Strecken mit 2 und 3 Fahrstreifen je Richtung betrachtet, da diese die überwiegende Mehrheit der Zählstellen betreffen und hier aufgrund der Kollektivgröße aussagekräftige Ergebnisse zu erwarten sind. Richtungsfahrbahnen mit 4 Fahrstreifen werden hier nicht weiter differenziert, da das verfügbare Kollektiv mit 6 Elementen sehr klein ist. Im Hinblick auf den Umgang mit vierstreifigen Fahrbahnen ist im abschließenden Zuordnungsverfahren für die Fahrstreifenfaktoren eine Vorgehensweise zu definieren (siehe Abschnitt 7.1).
- Lkw-Überholverbote oder Geschwindigkeitsbegrenzungen für bestimmte Zeitbereiche (z.B. Lärmschutz 22 - 6 Uhr, Beschränkungen während der Spitzenstunden am Tag oder bei Nässe) wurden unabhängig von den tatsächlichen Zeitbereichen als „temporäre“ Beschränkungen zusammengefasst.
- Bei vorhandenen Geschwindigkeitsbeschränkungen wurden die Datensätze in die beiden Klassen  $v \geq 100$  km/h und  $v < 100$  km/h eingeteilt. Die Klassengrenze von 100 km/h wurde gewählt, da bei Geschwindigkeiten  $< 100$  km/h (80, 70, 60 oder 50 km/h) die zu erwartenden Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den verschiedenen Fahrzeugarten (Leicht- / Schwerverkehr) klein ist. Bei  $v \geq 100$  km/h sind die Geschwindigkeitsunterschiede hingegen deutlicher, was zu einem anderen Verhalten im Hinblick auf die Fahrstreifenwahl führen kann.
- Das Kriterium Steigung wurde ebenfalls in zwei Klassen aufgeteilt. Als „eben“ werden alle Strecken mit einer Längsneigung  $s$  von  $\leq 2\%$  bezeichnet. Strecken mit  $s > 2\%$  werden als Steigungs- / Gefällestrecken betrachtet. Hierbei erfolgt an den Stellen, wo es erforderlich ist, eine weitere Differenzierung in Gefälle- und Steigungsstrecken. Der Grenzwert von  $s = 2$  wurde gewählt, da dieser auch im HBS 2015 (FGSV 2015) für die Bemessung der Kapazitäten von Streckenabschnitten auf Autobahnen als Trennung zwischen ebenen Strecken und Strecken mit relevanter Längsneigung verwendet wird.

Mit diesen Vorüberlegungen ergeben sich für zweistreifige BAB-Strecken insgesamt 22 mögliche Teilkollektive. Auf Bundesstraßen sind dies 12. Bei den dreistreifigen Strecken erhält man auf BAB 15 Teilkollektive und auf Bundesstraßen nur 2. Die



Unterschiede in der Anzahl der Teilkollektive resultieren daher, dass einzelne Merkmalskombinationen in den Datensätzen nicht vorkommen.

Bei dieser detaillierten Aufschlüsselung aller möglichen Merkmalskombinationen ist allerdings die Anzahl der Elemente je Teilkollektiv teilweise sehr klein und enthält in Einzelfällen nur 2 Datensätze. Hier macht es wenig Sinn, diese bei den weiteren Überlegungen separat zu analysieren, da aufgrund der kleinen Stichproben keine aussagekräftigen Ergebnisse zu erwarten sind. Daher wurde in einem nächsten Schritt eine teilweise Zusammenfassung der Teilkollektive vorgenommen. Dabei wurden nur solche Merkmale zusammengefasst, bei denen die Auswirkungen auf den Fahrstreifenfaktor – auf Basis der Ergebnisse der Einzelbetrachtung – als eher gering eingeschätzt werden.

Beispielsweise ist bei Strecken mit Lkw-Überholverbot (LkwÜ) und einem gleichem Geschwindigkeitsniveau die Auswirkung der Steigung als eher nachrangig zu erwarten. Diese Einschätzung gilt auch für Strecken ohne LkwÜ mit einer Geschwindigkeitsbeschränkung auf  $v < 100$  km/h, da sich bei kleineren Geschwindigkeiten die Folgen von Steigungsstrecken weniger stark bzw. gar nicht bemerkbar machen. Bevorzugt wurden bei kleinen Kollektiven auf die Unterscheidung der Steigung verzichtet.

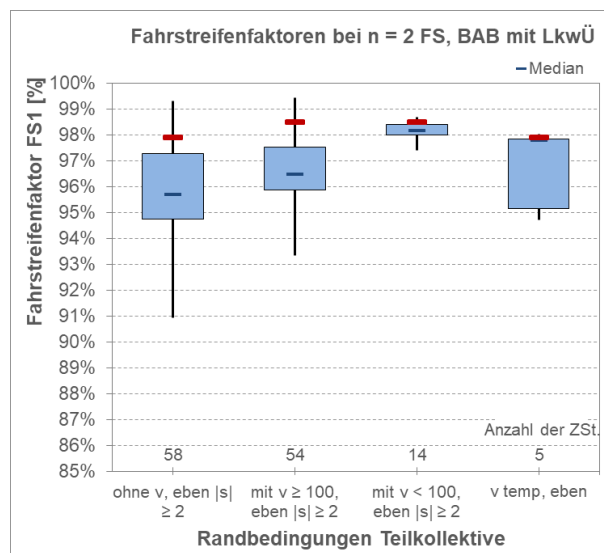
Auf eine Betrachtung der Teilkollektive für dreistreifige Bundesstraßen wurde aufgrund der sehr kleinen Kollektivgröße ebenfalls verzichtet.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Auswertung der Teilkollektive dokumentiert und beschrieben. Auch hier wurden zur weiteren Analyse der Fahrstreifenfaktoren die bereits vorgestellten Box-Plot-Diagramme verwendet.

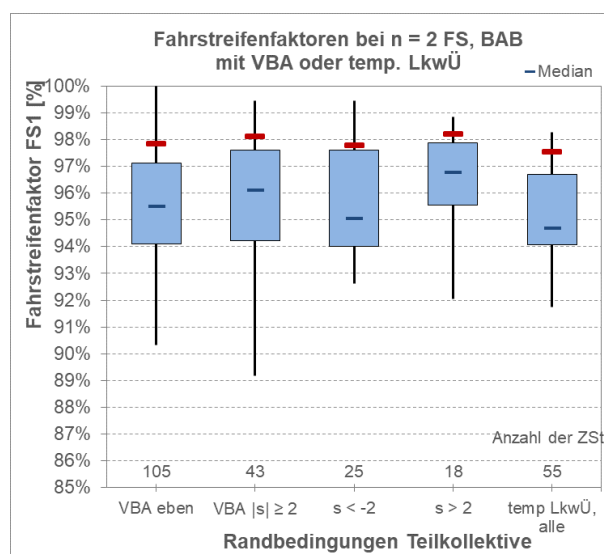
In Bild 45 bis Bild 47 sind die Box-Plot-Diagramme für Autobahnen mit zweistreifiger Richtungsfahrbahn dargestellt. Die Bezeichnung der Teilkollektive erfolgte analog zur Darstellung in Bild 27 bis Bild 30. Zusätzlich erfolgte hier noch eine Aufspaltung einzelner Teilkollektive in Steigungs- / Gefällestrrecken, sofern vorher keine Zusammenfassung des Merkmals Steigung vorgenommen wurde. Die zugehörigen Box-Plot-Diagramme für Autobahnen mit dreistreifiger Richtungsfahrbahn sind in Bild 48

und Bild 49 dargestellt. Jene für die zweistreifigen Bundesstraßen zeigen Bild 50 und Bild 51.

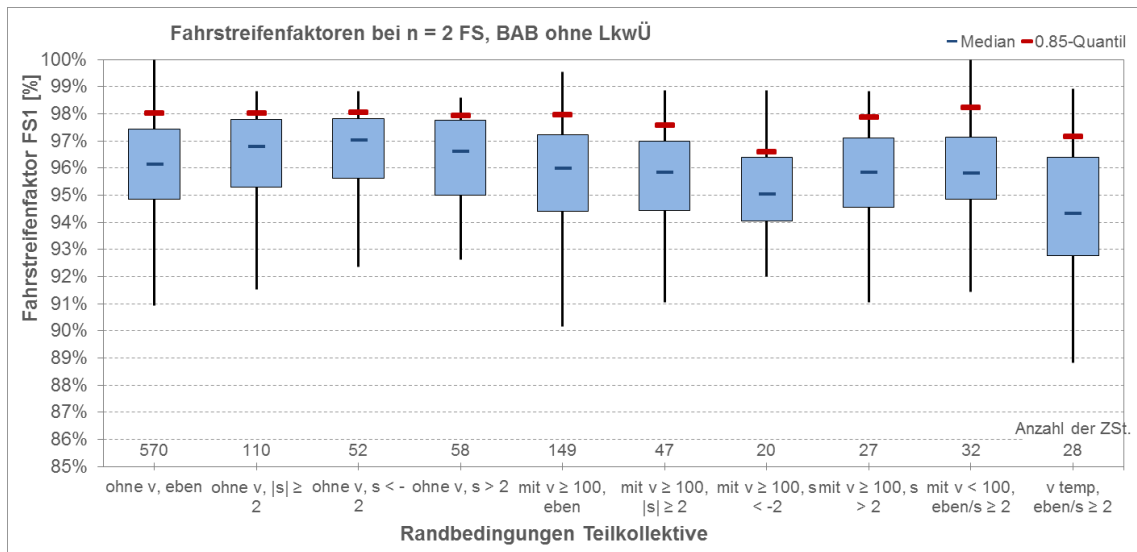
Insgesamt zeigen sich auch hier die bereits beschriebenen geringen Schwankungsbreiten der jeweiligen Fahrstreifenfaktoren.



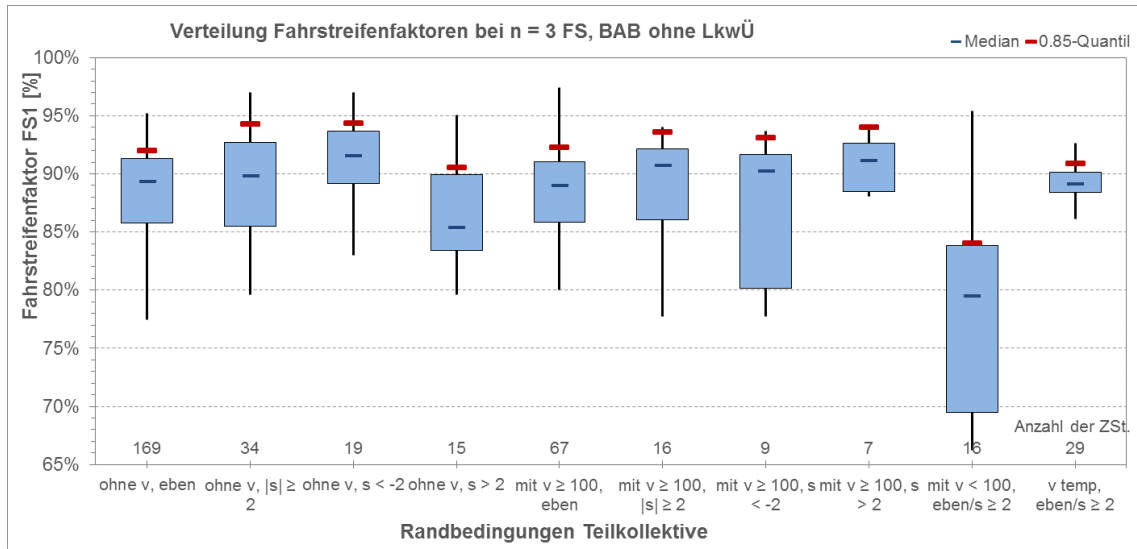
**Bild 45:** Fahrstreifenfaktoren BAB, 2 FS, mit LkwÜ



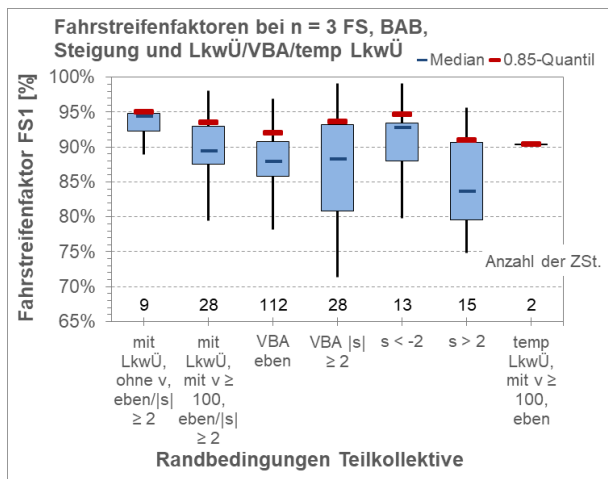
**Bild 46:** Fahrstreifenfaktoren BAB, 2 FS, mit VBA und temporärem LkwÜ



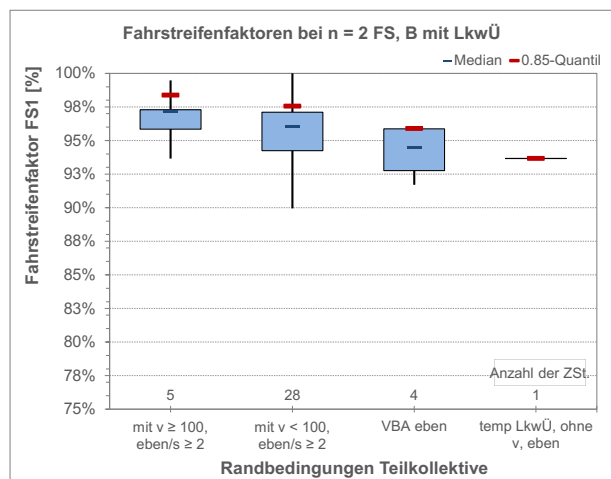
**Bild 47:** Fahrstreifenfaktoren BAB, 2 FS, ohne LkwÜ



**Bild 48:** Fahrstreifenfaktoren BAB, 3 FS, ohne LkwÜ



**Bild 49:** Fahrstreifenfaktoren BAB, 3 FS, mit LkwÜ, mit VBA (nach Steigung) und temporärem LkwÜ



**Bild 50:** Fahrstreifenfaktoren B, 2 FS, mit LkwÜ

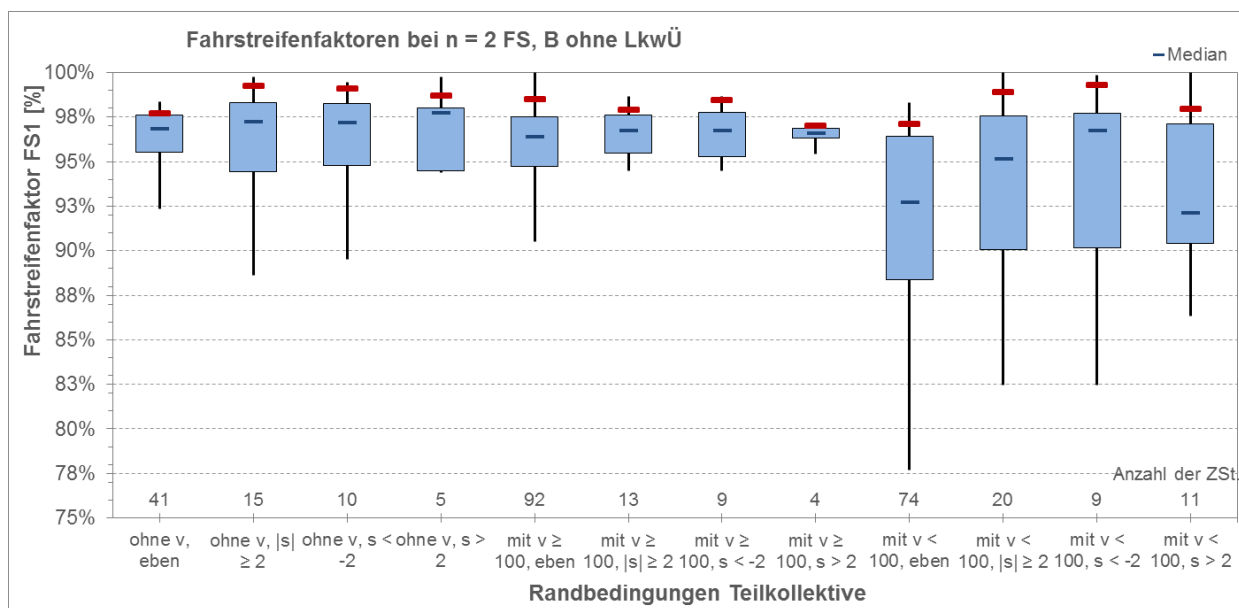


Bild 51: Fahrstreifenfaktoren B, 2 FS, ohne LkwÜ

### 6.3 Fahrstreifenfaktoren im Bereich temporärer Seitenstreifenfreigabe (TSF)

Die Auswertungen der Zählstellen im Bereich der temporären Seitenstreifenfreigabe haben gezeigt, dass sich die hier pauschal ermittelten Fahrstreifenfaktoren grundlegend von denen der übrigen Kollektive unterscheiden. Vor diesem Hintergrund sollen hier diese Zählstellen genauer betrachtet und systematisch aufbereitet werden.

Zählstellen im Bereich einer temporären Seitenstreifenfreigabe weisen die Besonderheit auf, dass auf dem Seitenstreifen nur zu bestimmten Zeiten – in der Regel den Spitzenstunden – Fahrzeuge von den dort installierten Induktionsschleifen detektiert werden. In Bild 52 sind für die Zählstelle Marienborn auf der A63 exemplarisch 2 Tagesganglinien des Schwerververkehrs der beiden Richtungen dargestellt.

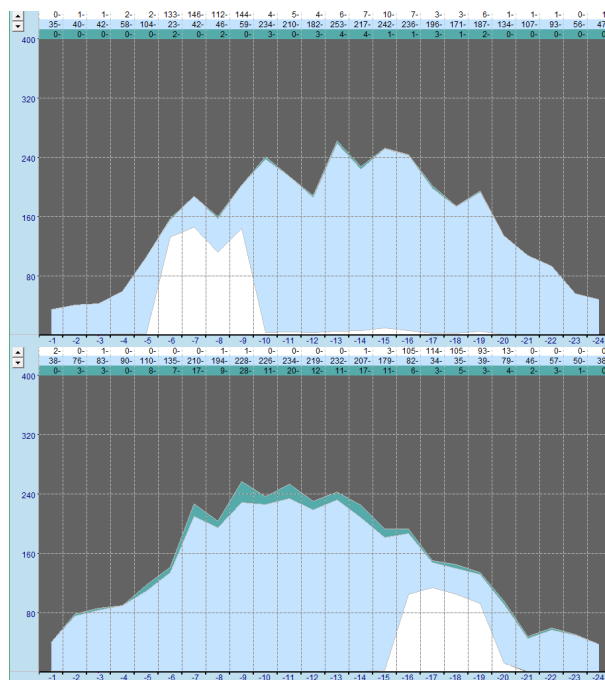


Bild 52: Beispiel zweier SV-Tagesganglinien der Zählstelle Marienborn auf der A 63 (7786)

Es ist deutlich zu erkennen, dass jeweils innerhalb der Morgenspitzenstunde und Abendspitzenstunde der Seitenstreifen (weiß dargestellt) freigegeben und entsprechend befahren wird. Eine Auswertung des Fahrstreifenfaktors  $f_1$  für alle Stunden ergibt hierbei einen Wert zwischen 12% und 15%

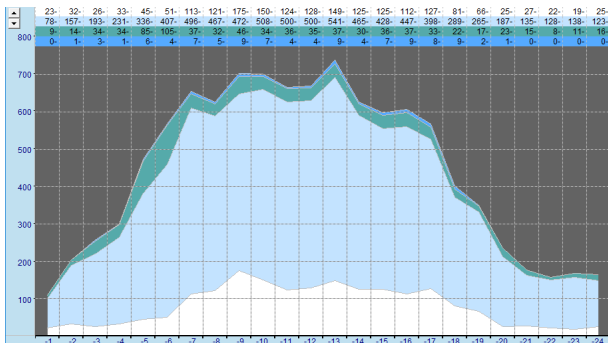
Werden allerdings nur die Stunden an den Werktagen Mo-Fr in Richtung 1 zwischen 6-9 Uhr bzw. in Richtung 2 zwischen 15-19 Uhr in die Auswertung eingeschlossen, so ergeben sich für den Fahrstreifenfaktor Werte zwischen 59,4% und 69,3%. Diese

Auswertung legt nahe, dass eine differenzierte Betrachtung erfolgen sollte.

Im Rahmen dieser Detailanalyse wurden auch die Zählstellen nochmals hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit überprüft. Durch Benennung der Zählstellen und bundesweiten Abschnitte mit TSF auf Autobahnen waren zunächst 57 richtungsgetrennte Zählstellenjahre dieser Kategorie zugeordnet worden. Datenanalysen haben sodann gezeigt, dass davon 42 keine ungewöhnliche Fahrstreifenverteilung gegenüber einer regulären Zählstelle besitzen und offenbar in einem Bereich des Abschnitts ohne TSF liegen. Diese konnten daher diesem Kollektiv nicht zugeordnet werden.

Es blieben noch die genannten 15 Fälle übrig, die nun getrennt analysiert wurden.

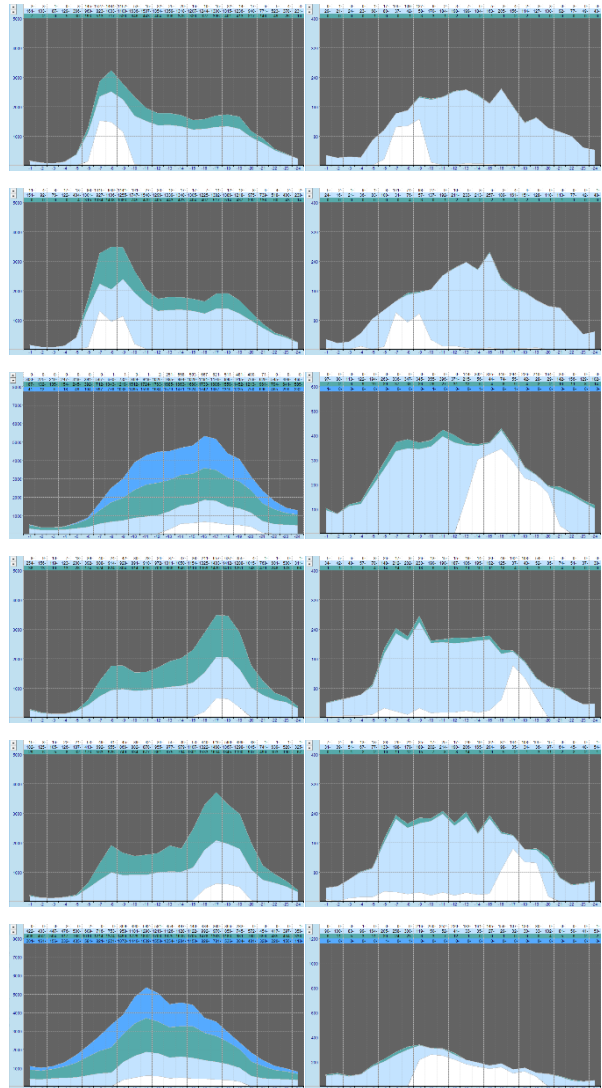
Durch diese Analyse mussten 4 weitere Zählstellen ausgeschlossen werden, da hier auf dem Seitenstreifen durchgehend Fahrzeuge registriert wurden (siehe beispielsweise Bild 53), auch wenn die größte Verkehrsmenge auf dem rechten Fahrstreifen registriert wurde.



**Bild 53:** Beispiel einer Tagesganglinie mit durchgehendem Verkehr auf dem Seitenstreifen

Bei 5 weiteren Zählstellen konnte festgestellt werden, dass zwar der Seitenstreifen nicht dauerhaft freigegeben ist, aber bei einer erkennbaren Freigabe diese Tage ausschließlich Schätzwerte enthalten. Da somit alle Analysen auf Schätzwerten beruhen würden, wurde auf die Integration dieser Zählstellen in die Auswertung verzichtet.

Insgesamt bleiben somit 6 Zählstellen mit eindeutiger temporärer Seitenstreifenfreigabe übrig, die in die Auswertung einbezogen worden sind. Für diese 6 Zählstellen sind in Bild 54 exemplarisch Ganglinien für Kfz (links) und den Schwerverkehr (rechts) dargestellt.



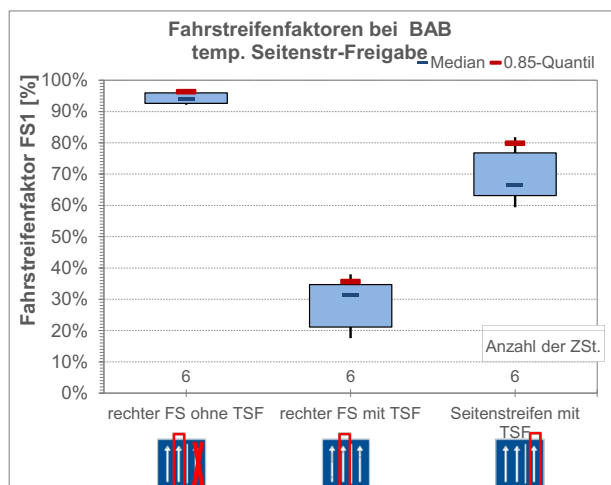
**Bild 54:** Beispiel von Tagesganglinien der 6 Zählstellen mit TSF (links: Kfz, rechts: SV)

Die Zähldaten dieser Zählstellen wurden detailliert im Hinblick auf die Schaltzustände analysiert. Bei fixen Schaltzeiten der TSF wurden diese Stunden gezielt an den Werktagen Dienstag-Donnerstag ausgewertet. Die übrigen Stunden wurden dem Schaltzustand „Keine TSF“ zugeordnet, wobei ggfs. vorhandene Übergangsstunden keinem Bereich zugeordnet wurden.

Bei Schaltung der TSF nach Bedarf wurden die Stunden eines exemplarischen Monats je Zählstelle einzeln dem Bereich mit aktiver/passiver TSF oder keinem der Bereiche zugewiesen.

In Abhängigkeit der so definierten Schaltzustände konnte eine Auswertung getrennt nach Schaltung und je Fahrstreifen vorgenommen werden (siehe Bild 55 und Tab. 6). Hier wurden die folgenden drei Anwendungsfälle unterschieden:

- TSF nicht aktiv, Berechnung des Fahrstreifenfaktors für den rechten Fahrstreifen
- TSF aktiv, Berechnung des Fahrstreifenfaktors für den rechten Fahrstreifen
- TSV aktiv, Berechnung des Fahrstreifenfaktors für den Seitenstreifen.



**Bild 55:** Fahrstreifenfaktoren im Bereich der temporären Seitenstreifenfreigabe für unterschiedliche Fahrstreifen/Schaltzustände

Zst.-Nr.	Jahr	Rtg.	Anz. FS	ohne TSF	mit TSF	
				rechter FS	rechter FS	Seitenstr.
9171	2014	1	3+1	92,2%	18,5%	79,3%
9171	2014	2	3+1	95,0%	17,6%	81,8%
7786	2014	1	2+1	96,3%	34,9%	62,9%
7786	2014	2	2+1	93,2%	38,0%	59,4%
7786	2015	1	2+1	96,4%	28,8%	69,3%
7786	2015	2	2+1	92,5%	34,1%	63,6%
<b>Median</b>				<b>94,1%</b>	<b>31,5%</b>	<b>66,5%</b>
<b>85%-Quantil</b>				<b>96,3%</b>	<b>35,7%</b>	<b>79,9%</b>

**Tab. 6:** Fahrstreifenfaktoren der sechs Zählstellen mit TSF-Schaltung

Die Ergebnisse zeigen, dass auch hier der Fahrstreifenfaktor bei nicht aktiver Seitenstreifenfreigabe bei 94,1% liegt und somit gegenüber den anderen Kollektiven keine großen Abweichungen aufweist. Sobald die TSF aktiviert ist, sinkt der Fahrstreifenfaktor auf dem rechten Fahrstreifen auf 31,5%, da sich in diesen Stunden insbesondere der Schwerverkehr auf den Seitenstreifen verlagert. Der Fahrstreifenfaktor des Seitenstreifens liegt für diesen Zeitbereich bei 66,5%.

Anhand der Tabelle wird erkennbar, dass die zwei- und dreistreifigen Querschnitte bei inaktiver TSF trotz unterschiedlicher Fahrstreifenanzahl kaum Unterschiede in den Fahrstreifenfaktoren aufweisen (zwischen 92,2% und 96,4%). Hierbei muss berücksichtigt werden, dass nur die Zeitbereiche ohne Freigabe des Seitenstreifens berücksichtigt wurden

und somit die Spitzenstunden mit hoher Verkehrsbelastung unberücksichtigt bleiben. Im Gegensatz dazu streuen sie bei aktivierter TSF deutlich stärker, was sowohl für den Seitenstreifen als auch für den regulären rechten Fahrstreifen gilt. Insbesondere bei den Abschnitten mit 3 Fahrstreifen ist der Anteil des Schwerverkehrs bei einer Freigabe des Seitenstreifens auf dem rechten Fahrstreifen mit 18,5 % bzw. 17,6 % geringer als auf den zweistreifigen Abschnitten. Auch hier ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich die Aussagen nur auf eine sehr geringe Stichprobe stützen.

Anhand dieser Einzelfälle ist allerdings auch erkennbar, dass sich der Fahrstreifenfaktor für einen zweistreifigen Querschnitt mit aktivierter TSF deutlich von einem dreistreifigen Querschnitt ohne TSF unterscheiden kann. Es erscheint plausibel, dass die Verkehrsteilnehmer einen freigegebenen Seitenstreifen weniger bereitwillig nutzen als einen regulären rechten Fahrstreifen, da das Fahren auf dem Seitenstreifen eine ungewohnte Situation darstellt. Daher kann vermutet werden, dass diese Unterschiede auch in größeren Kollektiven bestehen würden.

## 7 Empfehlung neuer Fahrstreifenfaktoren

Auf der Basis der in Kapitel 6 beschriebenen Grundlagen erfolgt die Ableitung und Empfehlung neuer Fahrstreifenfaktoren. Da die bisherigen Auswertungen gezeigt haben, dass die aktuellen Fahrstreifenfaktoren gegenüber den bisherigen angestiegen sind, erfolgt eine dezidierte Betrachtung, wie sich die neuen Faktoren auf die Dimensionierung auswirken. Abschließend wird ein Modellansatz vorgestellt, wie zukünftig die Fahrstreifenfaktoren für Bereiche mit temporärer Seitenstreifenfreigabe berechnet werden können.

### 7.1 Berechnung aktualisierter Fahrstreifenfaktoren

In den bisherigen Ausführungen und Darstellungen wurden jeweils sowohl der Medianwert als auch der 85%-Quantilwert dargestellt. Prinzipiell eignen sich beide Werte, um hieraus zukünftige Kennwerte zu ermitteln, die dann entsprechenden Eingang in die Regelwerke finden.

Die Ergebnisse und die unterschiedlichen methodischen Ansätze wurden im Arbeitskreis AK 4.5.8 der FGSV vorgestellt und eingehend diskutiert. Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass die als Empfehlung abzuleitenden Fahrstreifenfaktoren auf der Basis der Medianwerte ermittelt werden sollen. Eine Verwendung der 85%-Quantilwerte wurde ausgeschlossen, da durch diesen methodischen

Ansatz Reservezuschläge eingerechnet werden, die später bei Anwendung des komplexen Verfahrens zur Dimensionierung des Straßenüberbaus nicht mehr nachvollziehbar sind.

Als wesentliche Einflussgrößen auf den Fahrstreifenfaktor haben sich die Anzahl der Fahrstreifen und die Steigung herauskristallisiert. In Bild 56 sind die errechneten Median-Werte der unterschiedlichen Kollektive im Vergleich zu den bisherigen Fahrstreifenfaktoren, die sich aus der RStO 12 ergeben, dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die aktuellen Fahrstreifenfaktoren über den bisher verwendeten Werten liegen.

Aufbauend auf diesen Aussagen sind in Tab. 7 die neuen Fahrstreifenfaktoren zusammengestellt.

Zahl der Fahrstreifen je Fahrtrichtung	Faktor $f_1$
1	1,00
2	0,96
3 (eben)	0,89
3 (s > 2%)	0,88
3 (s < 2%)	0,91
4 und mehr	0,85

Tab. 7: Empfehlung neuer Fahrstreifenfaktoren (Medianwerte)

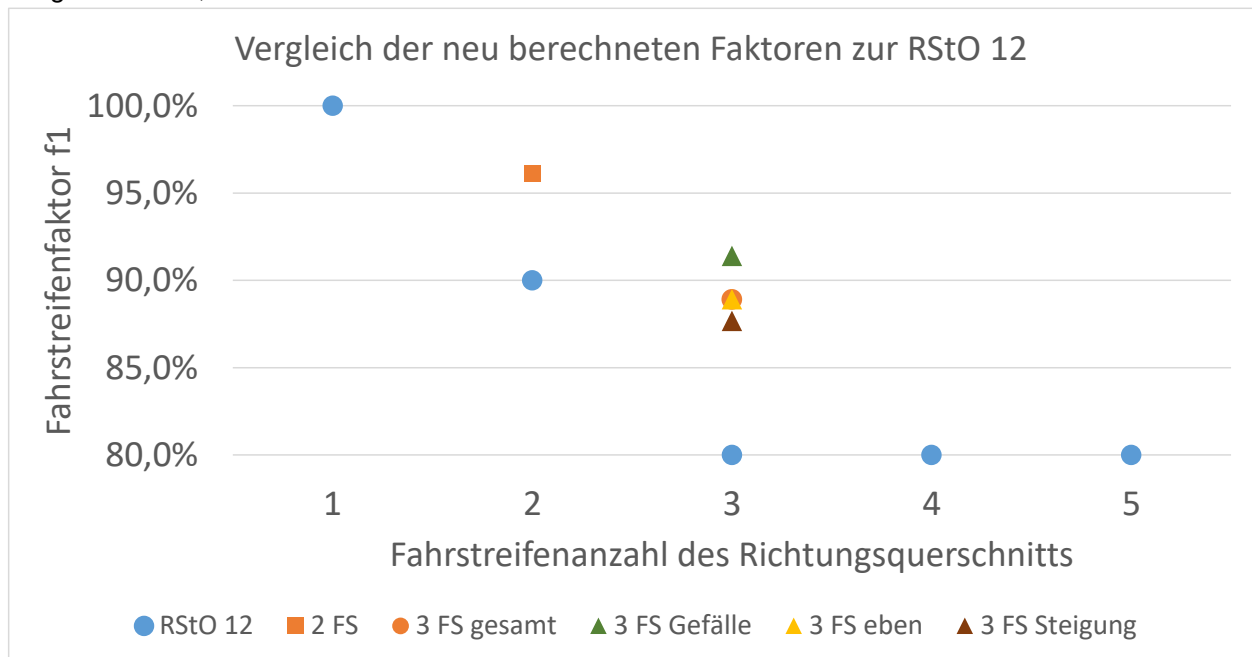


Bild 56: Fahrstreifenfaktoren nach RStO 12 im Vergleich zu den relevanten neuen Medianwerten



Wie bisher in der RStO 12 wurde auch hier eine differenzierte Angabe des Fahrstreifenfaktors in Abhängigkeit der Erfassung des DTV (beide Fahrrichtungen / für jede Fahrrichtung getrennt) beibehalten. Neu hinzugekommen ist die Differenzierung bei 3 Fahrstreifen. Hier werden die Fälle

- Eben,
- Steigung mit mehr als 2% und
- Gefälle mit mehr als 2%

unterschieden. Aufgrund der geringen Fallanzahl wurden Richtungsfahrbahnen mit mehr als 3 Fahrstreifen nicht gesondert betrachtet und hier keine eigenständigen Fahrstreifenfaktoren ausgewertet. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, die ermittelten Fahrstreifenfaktoren für Richtungsfahrbahnen mit 3 Fahrstreifen zu übernehmen. Da hier keine eigenständigen Untersuchungsergebnisse vorliegen, sollte darüber hinaus auf eine weitergehende Berücksichtigung der Steigung verzichtet werden.

Neben den empfohlenen Fahrstreifenfaktoren ist es wünschenswert, auch die die 85%-Quantilswerte der Fahrstreifenfaktoren zusammenzustellen. Diese Ergebnisse sind analog zur Tab. 7 in Tab. 8 zusammengestellt.

Zahl der Fahrstreifen je Fahrrichtung	Faktor $f_1$
1	1,00
2	0,98
3 (eben)	0,92
3 ( $s > 2\%$ )	0,94
3 ( $s < 2\%$ )	0,94
4 und mehr	0,92

Tab. 8: Fahrstreifenfaktoren als 85%-Quantilswerte

## 7.2 Auswirkungen der neuen Fahrstreifenfaktoren

Gegenüber den bisherigen Fahrstreifenfaktoren haben sich nun die empfohlenen Fahrstreifenfaktoren deutlich erhöht. Vor diesem Hintergrund soll eruiert werden, was eine Veränderung der Fahrstreifenfaktoren für die dimensionierungsrelevante Beanspruchung B, im Weiteren mit B-Zahl bezeichnet, bewirkt.

Zur Ermittlung der B-Zahl als Summe der gewichteten äquivalenten 10-t-Achsübergänge stehen derzeit zwei Methoden zur Verfügung:

- **Methode 1:** kommt zur Anwendung, wenn nur  $DTV_{SV}$ -Angaben vorliegen
- **Methode 2:** setzt die Kenntnis von detaillierten Achslastdaten voraus

Für die nachfolgend beschriebene Abschätzung kam die Methode 1 zum Einsatz, wobei zusätzlich von über den Nutzungszeitraum konstanten Faktoren ausgegangen wurde.

Die Berechnung erfolgt hierbei nach der folgenden Formel:

$$B = N \cdot DTA^{(SV)} \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365$$

Darin bedeuten:

B	Summe der gewichteten äquivalenten 10-t-Achsübergänge im zugrunde gelegten Nutzungszeitraum
N	Anzahl der Jahre des zugrunde gelegten Nutzungszeitraums, in der Regel 30 Jahre
$DTA^{(SV)}$	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge (Aü) des Schwerverkehrs [Aü/24h] mit $DTA^{(SV)} = DTV_{SV} \cdot f_A$
$DTV_{SV}$	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs [Kfz/24h]
$f_A$	Durchschnittliche Achszahl pro Fahrzeug des Schwerverkehrs (Achszahlfaktor) [A/Kfz]
$q_{Bm}$	Einer bestimmten Straßenklasse zugeordneter mittlerer Lastkollektivquotient, der die straßenklassenspezifische mittlere Beanspruchung der jeweiligen tatsächlichen Achsübergänge ausdrückt
$f_1$	Fahrstreifenfaktor
$f_2$	Fahrstreifenbreitenfaktor
$f_3$	Steigungsfaktor
$f_z$	Mittlere jährliche Zuwachsrate des Schwerverkehrs ( $[(1+p)^N - 1] / [p \cdot N]$ )
p	Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs

Die entsprechenden Werte für die unterschiedlichen Faktoren sind dem Anhang 1 der RStO 12 zu entnehmen.

In einem ersten Ansatz wurde die Berechnung für unterschiedliche Fahrstreifenfaktoren bei ansonsten gleichen Parametern durchgeführt. Als Parameter nach RStO 12 wurden folgende Faktoren für die Straßenklasse „Bundesautobahn mit SV-Anteil > 6%“ gewählt:

$$f_A = 4,5 \text{ [A/Kfz]}$$

q <sub>Bm</sub>	0,33
f <sub>2</sub>	1,0
f <sub>3</sub>	1,0
N	30 Jahre
DTV <sub>SV</sub>	3.545 [Kfz/24h]

Der Wert für den DTV<sub>SV</sub> wurde hierbei der Auswertung der automatischen Dauerzählstellen aus dem Jahr 2013 entnommen. Da für den Gesamtquerschnitt ein mittlerer Wert von 7.090 Kfz/24h angegeben wurde, wurde dieser für die hier vorliegenden Dimensionierung halbiert, um so einen DTV<sub>SV</sub>-Wert je Richtung zu erhalten (FITSCHEN & NORDMANN, 2014). Dies entspricht indirekt dem Vorgehen nach RStO, wo bei einer Verwendung des querschnittsbezogenen DTV-Wertes der f<sub>1</sub>-Faktor halbiert ist.

Der Fahrstreifenfaktor f<sub>1</sub> wurde im Bereich zwischen 0,90 und 1,00 variiert. Darüber hinaus wurde die mittlere jährliche Zunahme p des Schwerverkehrs mit 1%, 2% und 3% angenommen.

Als Ergebnis der verschiedenen Berechnungen konnten die in Tab. 9 dargestellten B-Zahlen ermittelt werden.

Es ist erkennbar, dass bei den vorgestellten Randbedingungen bei Fahrstreifenfaktoren zwischen 0,9 und 1,0 die B-Zahlen zwischen 51 Mio. und 91 Mio. schwanken. In allen Fällen wird die Bk100 erreicht, jedoch nicht die Grenze von B = 100 Mio. ab der eine Dimensionierung nach den RDO empfohlen wird.

Zusätzlich zu dem hier aufgezeigten Zusammenhang soll nachfolgend analysiert werden, welche Verkehrsbelastungen in Abhängigkeit des

Fahrstreifenfaktors zu einer Veränderung der Belastungsklasse führen.

Hierzu wurden weitere Berechnungen durchgeführt. Als Parameter nach RStO 12 wurden folgende Faktoren für die Straßenklasse „Bundesautobahn mit SV-Anteil > 6%“ gewählt:

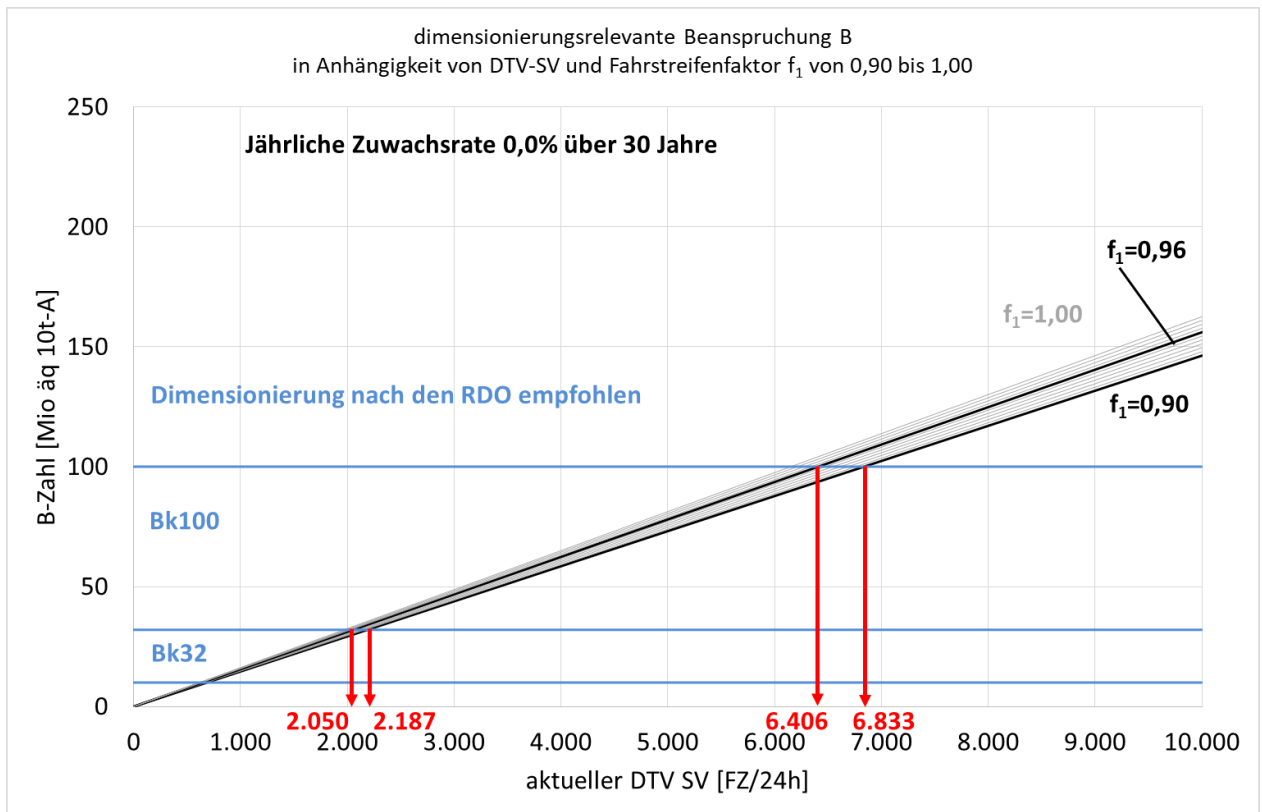
f <sub>A</sub>	4,5 [A/Kfz]
q <sub>Bm</sub>	0,33
f <sub>1</sub>	0,90 bis 1,00
f <sub>2</sub>	1,0
f <sub>3</sub>	1,0
N	30 Jahre
p	0 / 1 / 2 / 3%
DTV <sub>SV</sub>	variabel

Anhand einer exemplarischen Auswertung der Daten der automatischen Dauerzählstellen auf den bundesdeutschen Autobahnen konnte festgestellt werden, dass der DTV<sub>SV</sub> fahrtrichtungsbezogen zwischen etwa 300 Kfz/24h und 10.000 Kfz/24h schwankt. Für diesen Bereich wurden die Berechnungen durchgeführt.

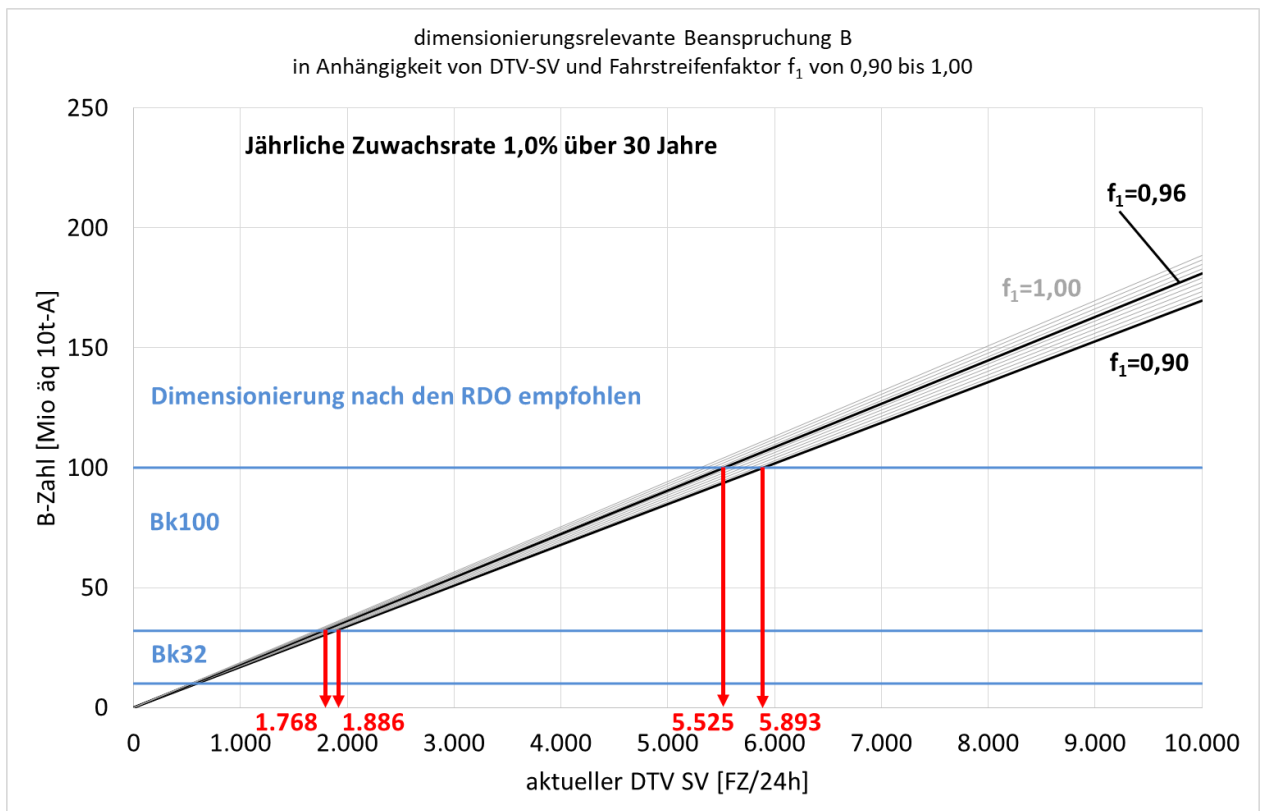
Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind für die unterschiedlichen mittleren Zuwachsraten p des Schwerverkehrs in Bild 57 bis Bild 60 dargestellt. Gleichzeitig sind in den Diagrammen die für Autobahnen relevanten Grenzen der B-Zahl für die Bestimmung einer Belastungsklasse dargestellt (Bk32, Bk100, Dimensionierung nach RDO empfohlen). Für diese Grenzwerte wurde jeweils für den Fahrstreifenfaktor 0,90 (f<sub>1</sub> nach RStO 12 für 2 Fahrstreifen je Richtung) und 0,96 (f<sub>1</sub> nach Tab. 7 für 2 Fahrstreifen je Richtung) der zugehörige Wert des DTV<sub>SV</sub> ermittelt und dargestellt.

Fahrstreifenfaktor f <sub>1</sub>	B-Zahl p = 0%	B-Zahl p = 1%	B-Zahl p = 2%	B-Zahl p = 3%	Belastungsklasse
1,00	57.644.359	66.838.426	77.950.697	91.415.144	Bk100
0,99	57.067.915	66.170.041	77.171.190	90.500.993	Bk100
0,98	56.491.472	65.501.657	76.391.683	89.586.841	Bk100
0,97	55.915.028	64.833.273	75.612.176	88.672.690	Bk100
0,96	55.338.584	64.164.889	74.832.669	87.758.539	Bk100
0,95	54.762.141	63.496.504	74.053.162	86.844.387	Bk100
0,94	54.185.697	62.828.120	73.273.655	85.930.236	Bk100
0,93	53.609.254	62.159.736	72.494.148	85.016.084	Bk100
0,92	53.032.810	61.491.352	71.714.641	84.101.933	Bk100
0,91	52.456.366	60.822.967	70.935.134	83.187.781	Bk100
0,90	51.879.923	60.154.583	70.155.627	82.273.630	Bk100

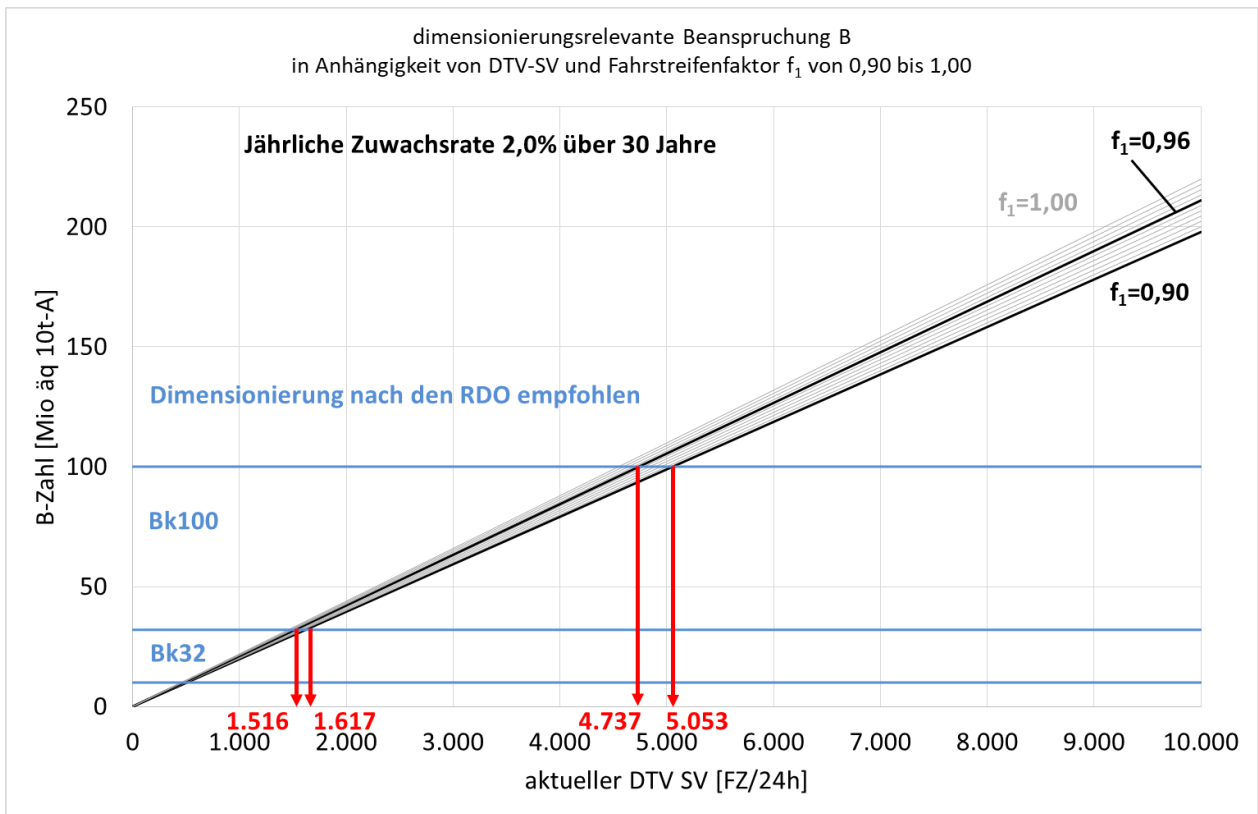
Tab. 9: B-Zahlen bei unterschiedlichen Fahrstreifenfaktoren und Entwicklungsraten des Schwerverkehrs



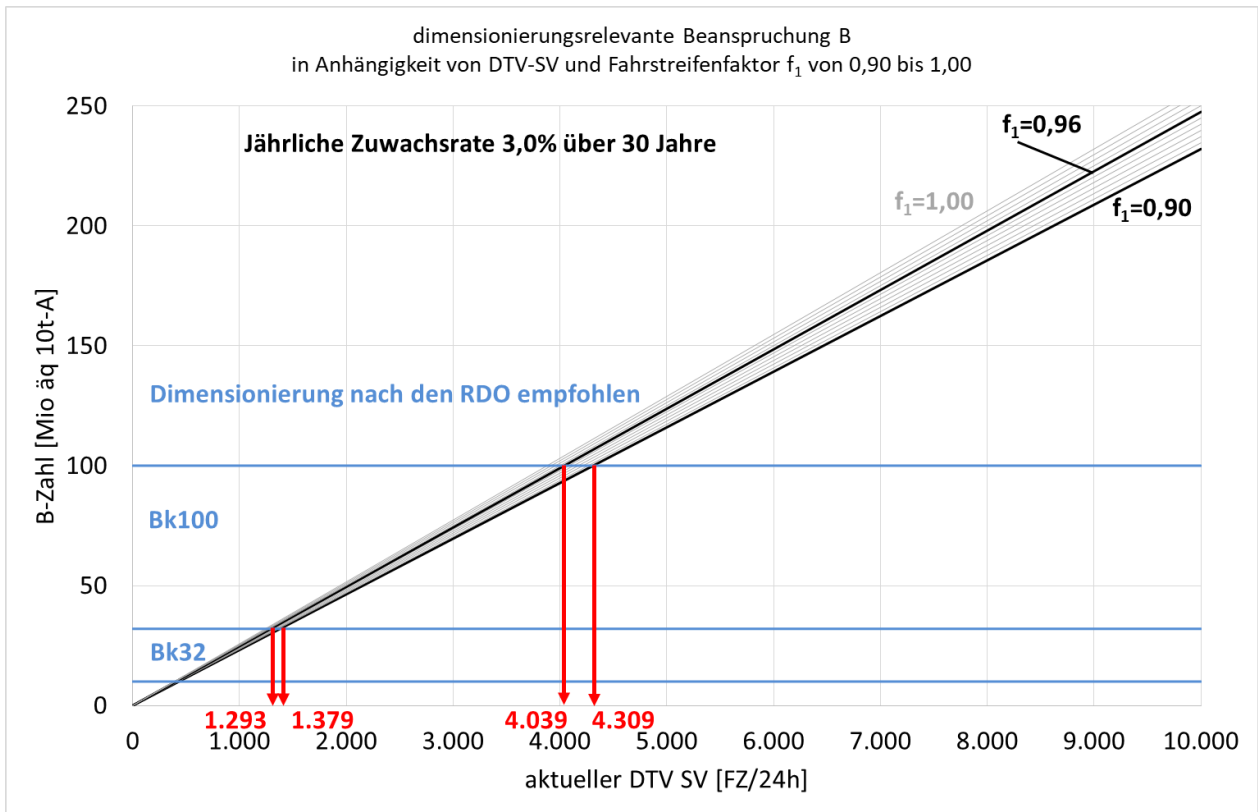
**Bild 57:** B-Zahl bei Ansatz der Fahrstreifenfaktoren  $f_1$  0,90 bis 1,00, unterschiedlicher DTV<sub>SV</sub>-Werte und  $p = 0\%$



**Bild 58:** B-Zahl bei Ansatz der Fahrstreifenfaktoren  $f_1$  0,90 bis 1,00, unterschiedlicher DTV<sub>SV</sub>-Werte und  $p = 1\%$



**Bild 59:** B-Zahl bei Ansatz der Fahrstreifenfaktoren  $f_1$  0,90 bis 1,00, unterschiedlicher  $DTV_{SV}$ -Werte und  $p = 2\%$



**Bild 60:** B-Zahl bei Ansatz der Fahrstreifenfaktoren  $f_1$  0,90 bis 1,00, unterschiedlicher  $DTV_{SV}$ -Werte und  $p = 3\%$

Es zeigt sich, dass aufgrund des empfohlenen höheren Fahrstreifenfaktors bereits bei einer im Mittel um 6,3 % geringeren Verkehrsbelastung ( $DTV_{SV}$ ) die nächst höhere Belastungsklasse bzw. die festgelegte Grenze von  $B = 100$  Mio., ab der eine rechnerische Dimensionierung nach den RDO Asphalt oder RDO Beton empfohlen wird, erreicht wird.

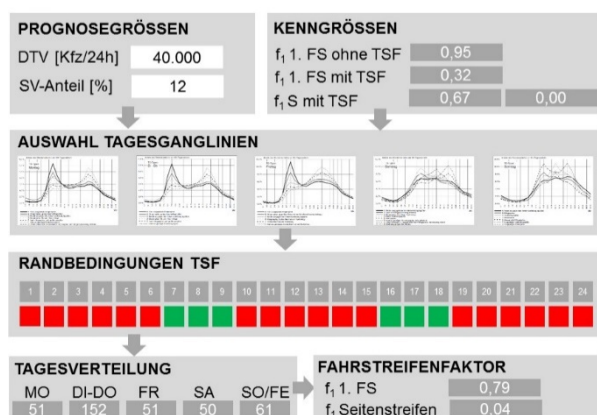
### 7.3 Verfahren zur Berechnung von Fahrstreifenfaktoren im Bereich von temporären Seitenstreifenfreigaben

Im Bereich von temporären Seitenstreifenfreigaben hat sich gezeigt, dass der Fahrstreifenfaktor hier je nach Freigabe / keine Freigabe großen Schwankungen unterworfen ist. Auch wenn die getroffenen Aussagen nur auf Daten von drei automatischen Dauerzählstellen basieren, so soll doch nachfolgend ein methodischer Ansatz vorgestellt werden, wie unter Berücksichtigung der zeitlichen Freigabe des Seitenstreifens der Fahrstreifenfaktor für diese Bereiche ermittelt werden kann. Hierbei erfolgt nicht nur eine Bestimmung des Fahrstreifenfaktors für den Hauptfahrstreifen, sondern zusätzlich auch für den temporär genutzten Seitenstreifen.

Bei der Entwicklung der Methodik wurde Wert darauf gelegt, dass die Ermittlung mit einfachen, im Ablauf der Planung verfügbaren, Daten realisierbar ist.

#### 7.3.1 Methodisches Vorgehen

Das grundsätzliche methodische Konzept ist schematisch in Bild 61 dargestellt und wird nachfolgend erläutert.



**Bild 61:** Modellansatz zur Berechnung der Fahrstreifenfaktoren unter Berücksichtigung der temporären Seitenstreifenfreigabe

Als Eingangsgrößen dienen in erster Linie die aktuell anhand der vorhandenen Dauerzählstellen

ermittelten Fahrstreifenfaktoren für Bereiche mit temporärer Seitenstreifenfreigabe. Hierbei stehen Fahrstreifenfaktoren

- für den 1. Fahrstreifen **ohne** Schaltung der temporären Seitenstreifenfreigabe,
- für den 1. Fahrstreifen **mit** Schaltung der temporären Seitenstreifenfreigabe und
- für den Seitenstreifen **mit** Schaltung der temporären Seitenstreifenfreigabe

zur Verfügung. Ohne Schaltung der temporären Seitenstreifenfreigabe wird der Fahrstreifenfaktor für den Seitenstreifen standardmäßig zu 0,0 angenommen.

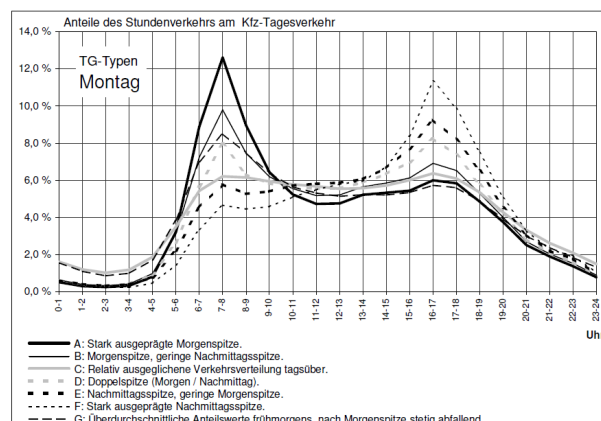
Die weiteren Prognosegrößen – DTV-Wert und Schwerverkehrsanteil – sind in der Regel bekannt, zur Bestimmung der Fahrstreifenfaktoren aber nicht zwingend notwendig, da diese nur mit Hilfe von Anteilswerten [%] bestimmt wird.

Um abschätzen zu können, wie hoch der Anteil der Fahrzeuge ist, die von der temporären Seitenstreifenfreigabe betroffen sind, sind die Kenntnis der Tagesganglinie sowie der Einschaltstunden der TSF notwendig. Mit Hilfe dieser Angaben kann bestimmt werden, wie sich die Verkehrsstärke auf die einzelnen Fahrstreifen/Seitenstreifen je Tagestyp verteilt.

Wichtet man diese Verteilungen je Tagestyp noch mit der jeweiligen Anzahl der Tage des jeweiligen Typs pro Jahr, so kann der spezifische Fahrstreifenfaktor bestimmt werden.

Die hier vorgestellte Methode bietet den Vorteil, dass sie sehr einfach in Excel umsetzbar ist. Vor diesem Hintergrund wurde dies exemplarisch durchgeführt.

Als Standardganglinien wurden die bei der Auswertung der automatischen Dauerzählstellen zugrunde gelegten Tagesganglinien verwendet (siehe Bild 62), die seit mehreren Jahren Verwendung finden. (FITSCHEN & NORDMANN, 2014)



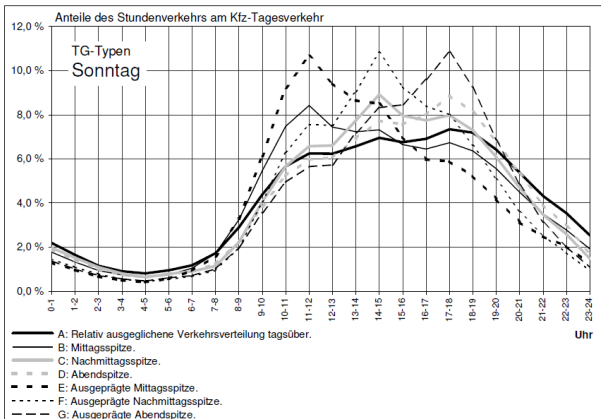
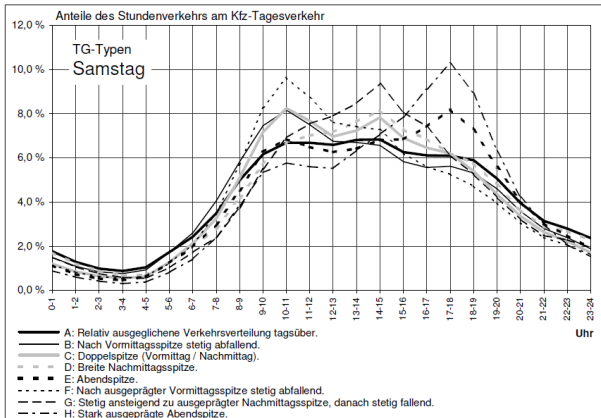
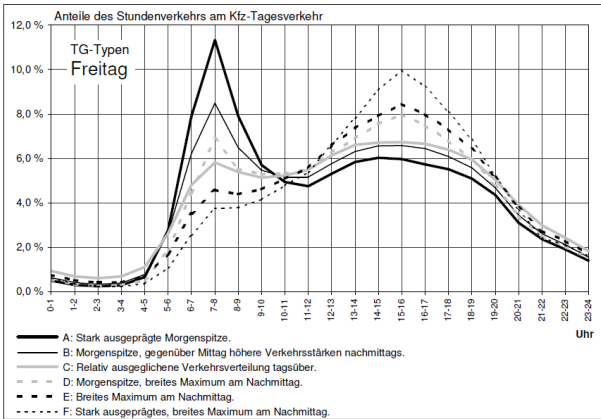
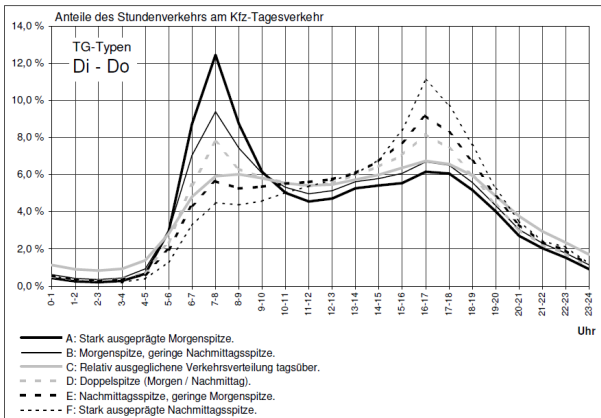


Bild 62: Tagesganglinien des Kfz-Verkehrs (FITSCHEN & NORDMANN, 2014)

Die Ganglinien zeigen je nach ausgewähltem Typ eine ausgeprägte Morgen- oder Abendspitze. Denkbar wäre es auch, hier typische Schwerverkehrsganglinien zu nutzen, die vermutlich eine deutlich geringere Schwankungsbreite besitzen und zudem den Sonntagsverkehr realistischer abbilden.

Aufbauend auf diesen Grundlagen wurde die in Bild 63 dargestellte Eingabemaske in Excel realisiert.

Grün dargestellt sind die Felder, in denen der Nutzer eine Eingabe vornehmen kann bzw. muss. Wie bereits erläutert sind Angaben zum DTV-Wert und zum Schwerverkehrsanteil (oberer Bereich links) nicht zwingend notwendig, da auf der Basis der jeweiligen Anteile eine Berechnung des Fahrstreifenfaktors erfolgt.

Zwingend notwendig ist in jedem Fall die Auswahl eines Ganglinientyps je Zeitbereich. Hierzu sind im oberen Bereich jeweils die entsprechenden Buchstaben einzugeben.


Für jeden Tagesganglinientyp ist nun stundenscharf einzugeben, ob in dieser Stunde die Nutzung des Seitenstreifens temporär freigegeben ist. Erfolgt keine Eingabe, so bedeutet dies entsprechend das der Seitenstreifen nicht befahren wird.

Für den Verkehr an einem Sonntag oder Feiertag bietet es sich an, aufgrund des in Deutschland vorherrschenden Sonntagsfahrverbotes einen Abminderungsfaktor für den Schwerverkehr einzugeben. Standardmäßig ist dieser allerdings auf „1“ festgelegt. Sollten typische Schwerverkehrsganglinien zur Anwendung kommen, so wäre dieser Faktor entsprechend obsolet.

Schon während der Eingabe berechnet das Programm aufgrund der hinterlegten Formeln im oberen Bereich die jeweiligen Fahrstreifenfaktoren. Diese werden differenziert nach dem Schaltzustand der TSF „AN / AUS“ für den Seitenstreifen, den rechten Fahrstreifen und die übrigen Fahrstreifen angegeben, so dass insgesamt der Schwerverkehr zu 100% verteilt wird.


Auch wenn zahlreiche Verbesserungsansätze denkbar sind, so erscheint vor dem Hintergrund der im Laufe der Zeit variablen Einschaltzeiten der temporären Seitenstreifenfreigabe der hier vorgestellte Methodikansatz ein probates Mittel zur Berechnung der Fahrstreifenfaktoren zu sein. Dennoch wird empfohlen, die Ganglinien mit zukünftig vorhandenen Schwerverkehrsganglinien auszutauschen sowie die Eingangsfaktoren der Fahrstreifenfaktoren auf der Basis eines erweiterten Kollektivs an Dauerzählstellen zu aktualisieren.





## PROFATS

Programm zur Berechnung des Fahrstreifenfaktors für Abschnitte mit temporärer Seitenstreifenfreigabe (TSF)



DTV [Kfz/24h] <b>20.000</b> SV-Anteil [%] <b>16</b> DTV-SV [Kfz/24h] <b>2000</b> FSfaktor Seitenstr. ohne TSF <b>0,0%</b> FSfaktor rechter FS ohne TSF <b>95,0%</b> FSfaktor übrige FS ohne TSF <b>5,0%</b> FSfaktor rechter FS mit TSF <b>32,0%</b> FSfaktor TS mit TSF <b>67,0%</b> FSfaktor übrige FS mit TSF <b>1,0%</b>	Annahme: gleichmäßige Verteilung alle Wochentage/Std. Tagestypen: Mo Di-Do Fr Sa So <b>C C C</b> Häufigkeit/Jahr: 51 152 51 50 61	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Gesamt</th> <th>Σ abs.</th> <th>Anteil</th> <th>o. TSF</th> <th>mit TSF</th> </tr> <tr> <td>SV Seitenstr. [Kfz/h]</td> <td>334</td> <td>17%</td> <td>0%</td> <td>32%</td> </tr> <tr> <td>SV rechter FS [Kfz/h]</td> <td>1586</td> <td>79%</td> <td>95%</td> <td>67%</td> </tr> <tr> <td>SV übrige FS [Kfz/h]</td> <td>80</td> <td>4%</td> <td>5%</td> <td>1%</td> </tr> <tr> <td>SV Gesamt [Kfz/h]</td> <td>2000</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> </table>	Gesamt	Σ abs.	Anteil	o. TSF	mit TSF	SV Seitenstr. [Kfz/h]	334	17%	0%	32%	SV rechter FS [Kfz/h]	1586	79%	95%	67%	SV übrige FS [Kfz/h]	80	4%	5%	1%	SV Gesamt [Kfz/h]	2000	100%	100%	100%
Gesamt	Σ abs.	Anteil	o. TSF	mit TSF																							
SV Seitenstr. [Kfz/h]	334	17%	0%	32%																							
SV rechter FS [Kfz/h]	1586	79%	95%	67%																							
SV übrige FS [Kfz/h]	80	4%	5%	1%																							
SV Gesamt [Kfz/h]	2000	100%	100%	100%																							

	Tage/a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Gesamt
<b>Montags</b>																										
	51																									
Ganglinien-Typ	C	1,61	1,2	1,03	1,19	1,87	3,49	5,43	6,21	6,15	5,93	5,78	5,68	5,54	5,58	5,72	6,01	6,37	6,09	5,35	4,27	3,32	2,6	2,09	1,49	100
Kfz [Kfz/h]		322	240	206	238	374	698	1086	1242	1230	1186	1156	1136	1108	1116	1144	1202	1274	1218	1070	854	664	520	418	298	20000
SV [Kfz/h]		32	24	21	24	37	70	109	124	123	119	116	114	111	112	114	120	127	122	107	85	66	52	42	30	2001
Seitenstreifenfreigabe	0=nein	1 1																								
SV Seitenstr. [Kfz/h]		0	0	0	0	0	0	73	83	82	0	0	0	0	0	0	80	85	82	0	0	0	0	0	0	485
SV rechter FS [Kfz/h]		30	23	20	23	35	67	35	40	39	113	110	108	105	106	108	38	41	39	102	81	63	49	40	29	1444
SV übrige FS [Kfz/h]		2	1	1	1	2	4	1	1	1	6	6	6	6	6	6	1	1	1	5	4	3	3	2	2	72
SV Gesamt [Kfz/h]		32	24	21	24	37	71	109	124	122	119	116	114	111	112	114	119	127	122	107	85	66	52	42	31	2001
<b>Dienstags bis Donnerstags</b>																										
	152																									
Ganglinien-Typ	C	1,13	0,91	0,84	0,93	1,39	2,82	4,82	5,92	6,02	5,81	5,54	5,43	5,47	5,73	6	6,37	6,74	6,58	5,95	4,85	3,76	2,94	2,35	1,7	100
Kfz [Kfz/h]		226	182	168	186	278	564	964	1184	1204	1162	1108	1086	1094	1146	1200	1274	1348	1316	1190	970	752	588	470	340	20000
SV [Kfz/h]		23	18	17	19	28	56	96	118	120	116	111	109	109	115	120	127	135	132	119	97	75	59	47	34	2000
Seitenstreifenfreigabe	0=nein	1 1																								
SV Seitenstr. [Kfz/h]		0	0	0	0	0	0	64	79	80	0	0	0	0	0	0	90	88	80	0	0	0	0	0	0	481
SV rechter FS [Kfz/h]		22	17	16	18	27	53	31	38	38	110	105	104	104	109	114	121	128	128	119	108	74	57	47	35	1460
SV übrige FS [Kfz/h]		1	1	1	1	1	3	1	1	1	6	6	6	6	6	6	1	1	1	5	4	3	3	2	2	70
SV Gesamt [Kfz/h]		23	18	17	19	28	56	96	118	119	116	111	109	109	115	120	127	134	131	119	97	75	59	47	34	1997
<b>Freitags</b>																										
	51																									
Ganglinien-Typ	C	0,94	0,69	0,62	0,69	1,12	2,63	4,81	5,82	5,39	5,14	5,23	5,5	6,14	6,61	6,72	6,74	6,66	6,39	5,95	5,04	3,92	2,99	2,43	1,83	100
Kfz [Kfz/h]		188	138	124	138	224	526	962	1164	1078	1028	1046	1100	1228	1322	1344	1348	1332	1278	1190	1008	784	598	486	366	20000
SV [Kfz/h]		19	14	12	14	22	53	96	116	108	103	105	111	123	132	134	135	133	128	119	101	78	60	49	37	2001
Seitenstreifenfreigabe	0=nein	1 1																								
SV Seitenstr. [Kfz/h]		0	0	0	0	0	0	64	78	72	0	0	0	0	0	0	89	86	80	0	0	0	0	0	0	469
SV rechter FS [Kfz/h]		18	13	11	13	21	50	31	37	35	98	100	105	117	125	127	128	128	128	119	108	74	57	47	35	1460
SV übrige FS [Kfz/h]		1	1	1	1	1	3	1	1	1	5	5	6	6	7	7	7	7	7	5	4	3	3	2	2	73
SV Gesamt [Kfz/h]		19	14	12	14	22	53	96	116	108	103	105	111	123	132	134	135	133	128	119	101	78	60	49	37	2002
<b>Samstags</b>																										
	50																									
Ganglinien-Typ	C	1,2	0,85	0,65	0,56	0,63	1,28	2,12	3,25	5,11	7,17	8,25	7,66	6,97	7,24	7,83	6,9	6,45	6,2	5,4	4,35	3,36	2,64	2,22	1,71	100
Kfz [Kfz/h]		240	170	130	112	126	256	424	650	1022	1434	1650	1532	1394	1448	1566	1380	1290	1240	1080	870	672	528	444	342	20000
SV [Kfz/h]		24	17	13	11	13	26	42	65	102	143	165	153	139	145	157	138	129	124	108	87	67	53	44	34	1999
Seitenstreifenfreigabe	0=nein	1 1																								
SV Seitenstr. [Kfz/h]		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
SV rechter FS [Kfz/h]		23	16	12	10	12	25	40	62	97	136	157	145	132	138	149	131	123	118	103	83	64	50	42	32	1900
SV übrige FS [Kfz/h]		1	1	1	1	1	2	3	5	7	8	8	7	7	8	7	6	6	5	4	3	3	2	2	2	99
SV Gesamt [Kfz/h]		24	17	13	11	13	26	42	65	102	143	165	153	139	145	157	138	129	124	108	87	67	53	44	34	1999
<b>Sonn- und Feiertags</b>																										
	61																									
Ganglinien-Typ	C	1,97	1,51	1,08	0,79	0,63	0,78	1,13	1,14	2,22	4,05	5,66	6,57	6,59	7,74	8,91	7,96	7,74	7,97	7,29	6,07	4,69	3,46	2,58	1,47	100
Kfz [Kfz/h]		394	302	216	158	126	156	226	228	444	810	1132	1314	1318	1548	1782	1592	1548	1594	1458	1214	938	692	516	294	20000
SV [Kfz/h]		39	30	22	16	13	16	23	23	44	81	113	131	132	155	178	159	155	159	146	121	94	69	52	29	2000
Seitenstreifenfreigabe	0=nein	1 1																								
SV Seitenstr. [Kfz/h]		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
SV rechter FS [Kfz/h]		37	29	21	15	12	15	22	22	42	77	107	124	125	147	169	151	147	151	139	115	89	66	49	28	1899
SV übrige FS [Kfz/h]		2	2	1	1	1	1	1	1	2	4	6	7	7	8	9	8	8	8	7	6	5	3	3	1	102
SV Gesamt [Kfz/h]		39	31	22	16	13	16	23	23	44	81	113	131	132	155	178	159	155	159	146	121	94	69	52	29	2001

**Bild 63:** Eingabemaske in Excel zur Bestimmung des spezifischen Fahrstreifenfaktors für Abschnitte mit temporärer Seitenstreifenfreigabe

### 7.3.2 Anwendungsbeispiel

Die grundlegende Vorgehensweise soll in Anlehnung an die RStO 12 an einem Beispiel erläutert werden.

#### Anwendungsbeispiel

Im Beispiel einer Autobahn mit temporärer Seitenstreifenfreigabe werden die folgenden Eingangsdaten berücksichtigt:

#### Allgemein Planungsdaten:

- Nutzungszeitraum: N = 30 Jahre
- Anzahl der Fahrstreifen: 4
- Breite der FS: 3,75 m →  $f_2 = 1,0$
- Höchstlängsneigung: 1 % →  $f_3 = 1,0$

#### Verkehrsdaten

- DTV<sub>SV</sub> im 1. Nutzungsjahr: 2.000 Kfz/24h (je Ri)
- Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs ab dem 2. Nutzungsjahr:  $p_{2...30} = 0,01$
- Durchschnittliche Achszahl pro Fahrzeug des SV ist bekannt:  $f_A = 4,5$

Durchschnittlicher Lastkollektivquotient:  $q_{Bm} = 0,33$

Randbedingungen: TSF

Ganglinientyp: C

Seitenstreifenfreigabe: Mo-Fr-6:00-09:00 Uhr,  
16:00-19:00 Uhr

Aufgrund der temporären Seitenstreifenfreigabe gilt es zunächst, den Fahrstreifenfaktor für diese Sondersituation zu bestimmen. Hierzu wurde die Excel-Vorlage genutzt (siehe Bild 63). Zunächst wurde jeweils der Tagesganglinientyp C für alle Tagestypen ausgewählt. Gleichzeitig wurde angegeben, dass in der Morgen- und Abendspitzenstunde montags bis freitags für jeweils 3 Stunden die Freigabe des Seitenstreifens erfolgt. An den Samstagen sowie Sonn- und Feiertagen erfolgt gemäß Vorgaben keine Freigabe. Unter Berücksichtigung dieser Angaben ergibt sich im Jahresmittel ein Fahrstreifenfaktor von 0,79 für den rechten Fahrstreifen und von 0,17 für den Seitenstreifen (siehe dunkelblaue Felder im oberen Bereich von Bild 63). Für die übrigen Fahrstreifen beträgt der Faktor 0,04.

Mit Hilfe dieser Angabe kann nun die dimensionierungsrelevante Beanspruchung bestimmt werden. Diese ergibt sich zu  $B = 29,88$  Mio. (siehe Tab. 10). Dieser Beanspruchung ist die Belastungsklasse Bk32 zuzuordnen.

Ohne Berücksichtigung der TSF würde nach RStO 12 ein Fahrstreifenfaktor  $f_1$  von 0,9 angesetzt werden und mit einer B-Zahl von 33,94 Mio. ergäbe sich die Belastungsklasse Bk100.

Jahr	DTV <sub>SV</sub> [Fz/24h]	p <sub>i</sub> [-]	DTA <sub>SV</sub> [A/24h]	B <sub>i</sub> [äq 10t-A]	B [äq 10t-A]
1	2.000	0,00	9.000	859.087	859.087
2	2.020	0,01	9.090	867.678	1.726.766
3	2.040	0,01	9.181	876.355	2.603.121
4	2.061	0,01	9.273	885.119	3.488.239
5	2.081	0,01	9.365	893.970	4.382.209
6	2.102	0,01	9.459	902.909	5.285.118
7	2.123	0,01	9.554	911.939	6.197.057
8	2.144	0,01	9.649	921.058	7.118.115
9	2.166	0,01	9.746	930.268	8.048.383
10	2.187	0,01	9.843	939.571	8.987.954
11	2.209	0,01	9.942	948.967	9.936.921
12	2.231	0,01	10.041	958.457	10.895.378
13	2.254	0,01	10.141	968.041	11.863.419
14	2.276	0,01	10.243	977.722	12.841.140
15	2.299	0,01	10.345	987.499	13.828.639
16	2.322	0,01	10.449	997.374	14.826.013
17	2.345	0,01	10.553	1.007.347	15.833.360
18	2.369	0,01	10.659	1.017.421	16.850.781
19	2.392	0,01	10.765	1.027.595	17.878.376
20	2.416	0,01	10.873	1.037.871	18.916.247
21	2.440	0,01	10.982	1.048.250	19.964.497
22	2.465	0,01	11.092	1.058.732	21.023.230
23	2.489	0,01	11.202	1.069.320	22.092.549
24	2.514	0,01	11.314	1.080.013	23.172.562
25	2.539	0,01	11.428	1.090.813	24.263.375
26	2.565	0,01	11.542	1.101.721	25.365.096
27	2.591	0,01	11.657	1.112.738	26.477.834
28	2.616	0,01	11.774	1.123.866	27.601.700
29	2.643	0,01	11.892	1.135.104	28.736.804
30	2.669	0,01	12.011	1.146.455	29.883.260
<b>B<sub>1 bis 30</sub> =</b>				<b>29.883.260</b>	
<b>B<sub>1 bis 30</sub> [Mio.] =</b>				<b>29,88</b>	

Tab. 10: Anwendungsbeispiel zur Berechnung der B-Zahl im Bereich einer temporären Seitenstreifenfreigabe (TSF)

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Der Fahrstreifenfaktor  $f_1$  ist einer von mehreren Parametern, die bei der standardisierten und rechnerischen Dimensionierung des Oberbaus zur Anwendung kommen. Bei der Überarbeitung der RStO wurden auch in der Fassung 2012 die bisherigen Faktoren unverändert übernommen. Somit basieren die bisher in den Richtlinien definierten Faktoren auf Auswertungen, die über 20 Jahre alt sind.

Gleichzeitig ist in den letzten Jahren das Kollektiv der automatischen Dauerzählstellen kontinuierlich gestiegen und die Qualität der erhobenen und plausibilisierten Verkehrsdaten konnte deutlich verbessert werden. Dies äußert sich insbesondere dadurch, dass inzwischen fast das gesamte Zählstellenkollektiv über eine 8+1-Fahrzeugklassifizierung verfügt. Durch die gestiegene Anzahl an Zählstellen und neue Algorithmen konnte auch die Plausibilisierung der Zählstellen verbessert werden. Viele der Zählstellen wurden letztlich auch besser dokumentiert, so dass neben den verkehrlichen Kennwerten weitere Parameter zur Beschreibung der Zählstelle (beispielsweise die zul. Höchstgeschwindigkeit) als Metadaten zur Verfügung stehen. Die Granularität der Auswertungen in stunden- und fahrstreifenscharfe Zählstellen erlaubt eine differenzierte Auswertung.

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel des Forschungsvorhabens, auf der Basis der Daten der automatischen Zählstellen auf mehrstreifigen Autobahnen und Bundesstraßen aktuelle Fahrstreifenfaktoren zu ermitteln. Hierbei galt es, nicht nur die bisherige Differenzierung nach Anzahl der Fahrstreifen zu überprüfen, sondern es sollten auch weitere Randbedingungen wie beispielsweise Lkw-Überholverbot, Steigungen und Bereiche mit temporärer Seitenstreifenfreigabe in die Analyse integriert werden.

Durch die zu Beginn des Projektes vorgenommene Erfassung der Randbedingungen (Anzahl Fahrstreifen, Lkw-Überholverbot, Steigung, zul. Höchstgeschwindigkeit, DTV-Wert, Schwerverkehrsanteil, Ganglinientyp, Lage Ballungsraum, Temporäre Seitenstreifenfreigabe) der automatischen Dauerzählstellen konnte eine differenzierte Analyse vorgenommen werden. Im Rahmen einer deskriptiven Statistik wurde zunächst der Einfluss der einzelnen Parameter untersucht. Hierbei zeigte sich, dass neben der Anzahl der Fahrstreifen nur wenige Randbedingungen einen nennenswerten Einfluss auf den Fahrstreifenfaktor haben. Größere Unterschiede konnten nur bei verschiedenen Steigungen auf 3-streifigen Abschnitten festgestellt werden.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen erfolgte eine Zusammenfassung zu Teilkollektiven, die aber die getroffenen Aussagen untermauern. Insgesamt bewegen sich die Fahrstreifenfaktoren innerhalb einer sehr kleinen Bandbreite.

Für die unterschiedlichen Teilkollektive stehen in der Regel die Daten mehrerer Dauerzählstellen zur Verfügung. Hinsichtlich der zukünftigen Fahrstreifenfaktoren wird die Empfehlung gegeben, die jeweiligen Medianwerte bei der Überarbeitung der Regelwerke zu berücksichtigen. Die empfohlenen Faktoren sind hierzu tabellarisch zusammengestellt. Es zeigt sich, dass im Vergleich zu den in der RStO 12 enthaltenen Faktoren insgesamt deutlich höhere Werte erreicht werden.

Im Rahmen der Bearbeitung wurde auch die Verwendung der 85%-Quantilswerte als neue Faktoren diskutiert. Diese Quantilswerte liegen nochmals über den ermittelten Medianwerten, so dass durch deren Verwendung im Rahmen der Dimensionierung größere Sicherheitsreserven entstehen. Letztlich wurde die Entscheidung zugunsten der Medianwerte getroffen. Hauptargument für diese Entscheidung war, dass nicht jede im Rahmen der Dimensionierung verwendete Eingangsgröße Sicherheitsreserven beinhalten soll, sondern dass vielmehr ein entsprechender Sicherheitszuschlag an einer zentralen Stelle innerhalb der Regelwerke erfolgen soll. Andernfalls besteht die Gefahr, dass durch die zahlreichen Zuschläge die Straßenaufbauten überdimensioniert werden und somit der Wirtschaftlichkeitsgedanke keine Berücksichtigung findet. Die 85%-Quantilswerte sind der Vollständigkeit halber ebenfalls im Bericht dokumentiert.

In den letzten Jahren haben die Bereiche mit einer temporären Seitenstreifenfreigabe deutlich zugenommen. Auch wenn in diesen Abschnitten direkt nur wenige Dauerzählstellen liegen, so wurde diese Datenbasis dennoch genutzt, um für diese Bereiche Aussagen zu ermöglichen. Da der Seitenstreifen nur temporär, in der Regel zu den Spitzenstunden, freigegeben ist, ergeben sich für diese Abschnitte im Vergleich zu den anderen betrachteten Streckenabschnitten deutlich unterschiedliche Fahrstreifenfaktoren. Diesem Aspekt wurde durch die Entwicklung eines modelltheoretischen Ansatzes Rechnung getragen. Auf der Basis der ermittelten Fahrstreifenfaktoren für den Hauptfahrstreifen sowie für den Seitenstreifen bei unterschiedlichen Freigabezuständen könnten unter Berücksichtigung von Standardganglinien und den Freigabezeiten der TSF die Fahrstreifenfaktoren ermittelt werden. Dargestellt ist insbesondere der grundsätzliche methodische Ansatz, da durch neuere Erkenntnisse zu Standardganglinien, insbesondere für den

Schwerverkehr, diese direkt in das Modell einfließen können. Gleiches gilt für neue Erkenntnisse zu den Freigabezeiten des Seitenstreifens.

Insgesamt stehen somit für die standardisierte und rechnerische Dimensionierung und der Bewertung der strukturellen Substanz wieder realistische Verkehrsverteilungen für mehrstreifige Bundesfernstraßen zur Verfügung. Diese sollten bei der Überarbeitung der entsprechenden Regelwerke Berücksichtigung finden.

Durch die verbesserte Datengrundlage der automatischen Dauerzählstellen bietet es sich an, die Entwicklung der Fahrstreifenfaktoren kontinuierlich zu überprüfen und ggfs. in regelmäßigen Abständen zu aktualisieren. Hierzu wird empfohlen, die Dokumentation der Dauerzählstellen anhand der hier definierten Randbedingungen weiter zu pflegen. Gegebenenfalls bietet es sich hier an, die Pflege durch die jeweiligen Bundesländer durchführen zu lassen und hierzu eine karten- und datenbankgestützte Eingabehilfe anzubieten.

## Literatur

- ASCHPURWIS & BEHRENS (2016): Regionsmodell, BIK-Regionen, [www.bik-gmbh.de](http://www.bik-gmbh.de) → BIK.Produkte → BIK Regionen, Stand: 25.07.2016, 2016
- BAST (2016): Automatische Zählstellen 2015, <http://www.bast.de>, Stand: 19.12.2016
- BLADH, P. (1998): A Traffic Generation Model for Multi-lane Roads, VTI, CTR, 1998:08, 1998
- BMVI (2016): Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs, Stand: 01.01.2015, Ausgabe: Juli 2015, [http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Strasse/laengenstatistik-2015-tabellen1-7.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Strasse/laengenstatistik-2015-tabellen1-7.pdf?__blob=publicationFile), Datum: 06.07.2016, Bonn 2016
- ENGINEERING ROAD NOTE 9 (2012), Procedure for the Design of Road Pavements, Main Roads Western Australia, TRIM 05/5236, 2012
- FGSV (2015): Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen HBS Teil A Autobahnen, Ausgabe 2015, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2015
- FGSV (2012): Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12, Ausgabe 2012, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2012
- FGSV (2009): Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Asphaltdeckschicht, RDO Asphalt 09, Ausgabe 2009, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2009
- FGSV (2001): Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 01, Ausgabe 2001, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2001
- FITSCHEN, A., NORDMANN, H. (2014): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2013, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V 244, Bergisch Gladbach, Oktober 2014
- FLORIDA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (FDOT) (2015), Flexible Pavement Design Manual, Office of Design, Pavement Management Section, Florida, März 2015
- HIGHWAY DESIGN MANUAL (2012), Chapter 610, Pavement Engineering Considerations, 2012
- KENT COUNTY COUNCIL (2000), Road Pavement Design Guide – July 2000. Oktober 2001
- KOMMA, C.; KATHMANN, T.; ROGGENDORF, S.; KOHOUTEK, S. (2015): Einfluss des Erhaltungszustands auf Verkehrsablauf und Betriebsdienst, Forschungsprojekt FE 04.0233/2010/DGB im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, Schlussbericht (unveröffentlicht), Darmstadt, Oktober 2015
- LATZEL, D. (2015), Ermittlung neuer Fahrstreifenfaktoren aus Zählstellendaten und Abschätzung der Auswirkungen auf Dimensionierung und Erhaltung, Masterarbeit an der Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Straßenplanung und Straßenbau, Nr. 14
- PAGER, B. (2016): Verteilung des Schwerverkehrs auf die Fahrstreifen von BAB im Bereich der Autobahndirektion Südbayern, Bachelorarbeit an der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, Lehrgebiet Verkehrswegebau (unveröffentlicht), Nürnberg, Februar 2016
- STVO (2015): Straßenverkehrs-Ordnung vom 06. März 2013 (BGBl. I S. 367), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 25. September 2015 (BGBl. I S. 1573) geändert worden ist, 2015
- TLS (2012): Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen, Ausgabe 2012, Bundesministerium Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

(Hrsg.), [www.bast.de](http://www.bast.de) → Verkehrstechnik → Publikationen → Regelwerke zum Download, Bonn, 2013

## Bilder

- Bild 1: StVO Zeichen 223.1 und 223.2: Seitenstreifenfreigabe und entsprechende Aufhebung
- Bild 2: Beispiel einer temporärer Seitenstreifenfreigabe (Foto: BAST)
- Bild 3: StVO Zeichen 277 und 281: Anordnung und Aufhebung eines Überholverbots für Kraftfahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse über 3,5 t
- Bild 4: Anteile unterschiedlicher Fahrzeuggruppen im linken und rechten Fahrstreifen am Beispiel Arlöv, Schweden (1996) (BLADH, 1998)
- Bild 5: Verteilung des Schwerverkehrs bei 6-streifigen Querschnitten ohne/mit temporärer Seitenstreifenfreigabe (TSF) (nach PAGER, 2016)
- Bild 6: Karte der automatischen Dauerzählstellen auf Bundesfernstraßen in Deutschland (FITSCHEN & NORDMANN, 2014)
- Bild 7: Dokumentation der Zählstellen (Beispiel)
- Bild 8: Kartengrundlagen zur Einteilung der Lage der Dauerzählstelle Ballungsraum ja/nein (blau)
- Bild 9: Anschlussstellen auf der gleichen Straße und in räumlicher Nähe zur Zählstelle
- Bild 10: Zählstelle und Anschlussstellen, Reihenfolge optimiert auf Gesamtlänge des Streckenzugs
- Bild 11: Entscheidungsdiagramm zur Festlegung des Zählstellenkollektivs
- Bild 12: Schätzwertanteile in den Zählstellendaten mehrstreifiger Richtungen im Jahr 2014
- Bild 13: Entwicklung der Fahrstreifenfaktoren für Richtungszählstellen mit Lkw-Überholverbot
- Bild 14: Entwicklung der Fahrstreifenfaktoren für Richtungszählstellen mit temporärem Lkw-Überholverbot
- Bild 15: Entwicklung der Fahrstreifenfaktoren für Richtungszählstellen innerhalb einer Verkehrsbeeinflussungsanlage (VBA)
- Bild 16: Entwicklung der Fahrstreifenfaktoren für Richtungszählstellen ohne Lkw-Überholverbot
- Bild 17: Beispiel einer Zählstelle im direkten Verflechtungsbereich (Fahrstreifenfaktor 22,4%)
- Bild 18: Beispiel einer Zählstelle im Bereich eines Grenzübergangs (Fahrstreifenfaktor 3,3%)
- Bild 19: Beispiel einer Zählstelle mit Auffälligkeiten in der Zeitreihe
- Bild 20: Fahrstreifenfaktoren an 6 Dauerzählstellen auf der A 3 zwischen Köln und Frankfurt
- Bild 21: Grundkollektiv: richtungsgetrennte Zählstellenjahre 2014/2015, nach Straßenklassen und Anzahl Fahrstreifen
- Bild 22: Kartendarstellung zum Abruf der Informationen
- Bild 23: Kartendarstellung mit exemplarischer Information zum Ganglinientyp
- Bild 24: Popup-Fenster mit Informationen zur Dauerzählstelle
- Bild 25: Übersicht über die unterschiedlichen Filtermöglichkeiten
- Bild 26: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Straßenkategorie und der Fahrstreifenanzahl
- Bild 27: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Anordnung eines Lkw-Überholverbots (2 FS)
- Bild 28: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Anordnung eines Lkw-Überholverbots (3 FS)
- Bild 29: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Steigung (2 FS)
- Bild 30: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Steigung (3 FS)

- Bild 31: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (2 FS)
- Bild 32: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (3 FS)
- Bild 33: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom DTV-Wert (2 FS)
- Bild 34: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom DTV-Wert (3 FS)
- Bild 35: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom DTV-Wert (2 FS)
- Bild 36: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom DTV-Wert (3 FS)
- Bild 37: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom Schwerverkehrsaufkommen (2 FS)
- Bild 38: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom Schwerverkehrsaufkommen (3 FS)
- Bild 39: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom Schwerverkehrsanteil (2 FS)
- Bild 40: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom Schwerverkehrsanteil (3 FS)
- Bild 41: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit vom Ganglinientyp (hier: Tagesganglinien typ Di-Do)
- Bild 42: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Lage zum Ballungsraum (2 FS)
- Bild 43: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Lage zum Ballungsraum (3 FS)
- Bild 44: Fahrstreifenfaktoren in Abhängigkeit von der Anordnung einer temporären Seitenstreifenfreigabe
- Bild 45: Fahrstreifenfaktoren BAB, 2 FS, mit LkwÜ
- Bild 46: Fahrstreifenfaktoren BAB, 2 FS, mit VBA und temporärem LkwÜ
- Bild 47: Fahrstreifenfaktoren BAB, 2 FS, ohne LkwÜ
- Bild 48: Fahrstreifenfaktoren BAB, 3 FS, ohne LkwÜ
- Bild 49: Fahrstreifenfaktoren BAB, 3 FS, mit LkwÜ, mit VBA (nach Steigung) und temporärem LkwÜ
- Bild 50: Fahrstreifenfaktoren B, 2 FS, mit LkwÜ
- Bild 51: Fahrstreifenfaktoren B, 2 FS, ohne LkwÜ
- Bild 52: Beispiel zweier SV-Tagesganglinien der Zählstelle Marienborn auf der A 63 (7786)
- Bild 53: Beispiel einer Tagesganglinie mit durchgehendem Verkehr auf dem Seitenstreifen
- Bild 54: Beispiel von Tagesganglinien der 6 Zählstellen mit TSF (links: Kfz, rechts: SV)
- Bild 55: Fahrstreifenfaktoren im Bereich der temporären Seitenstreifenfreigabe für unterschiedliche Fahrstreifen/Schaltzustände
- Bild 56: Fahrstreifenfaktoren nach RStO 12 im Vergleich zu den relevanten neuen Medianwerten
- Bild 57: B-Zahl bei Ansatz der Fahrstreifenfaktoren  $f_1$  0,90 bis 1,00, unterschiedlicher  $DTV_{sv}$ -Werte und  $p = 0\%$
- Bild 58: B-Zahl bei Ansatz der Fahrstreifenfaktoren  $f_1$  0,90 bis 1,00, unterschiedlicher  $DTV_{sv}$ -Werte und  $p = 1\%$
- Bild 59: B-Zahl bei Ansatz der Fahrstreifenfaktoren  $f_1$  0,90 bis 1,00, unterschiedlicher  $DTV_{sv}$ -Werte und  $p = 2\%$
- Bild 60: B-Zahl bei Ansatz der Fahrstreifenfaktoren  $f_1$  0,90 bis 1,00, unterschiedlicher  $DTV_{sv}$ -Werte und  $p = 3\%$
- Bild 61: Modellansatz zur Berechnung der Fahrstreifenfaktoren unter Berücksichtigung der temporären Seitenstreifenfreigabe
- Bild 62: Tagesganglinien des Kfz-Verkehrs (FIT-SCHEN & NORDMANN, 2014)
- Bild 63: Eingabemaske in Excel zur Bestimmung des spezifischen Fahrstreifenfaktors für Abschnitte mit temporärer Seitenstreifenfreigabe



---

## Tabellen

- Tab. 1: Fahrstreifenfaktor  $f_1$  zur Ermittlung des  $DTV_{SV}$  auf dem Hauptfahrstreifen (Tab. A 1.3 nach RStO 12)
- Tab. 2: Fahrstreifenfaktor (lane distribution factor) (HIGHWAY DESIGN MANUAL, 2012)
- Tab. 3: Fahrstreifenfaktor (lane distribution factor) (ENGINEERING ROAD NOTE 9, 2012)
- Tab. 4: Anteil des gewerblichen Verkehrs auf dem ersten Fahrstreifen (KENT COUNTY COUNCIL, 2000)
- Tab. 5: Fahrstreifenfaktoren (nach FDOT, 2015)
- Tab. 6: Fahrstreifenfaktoren der sechs Zählstellen mit TSF-Schaltung
- Tab. 7: Empfehlung neuer Fahrstreifenfaktoren (Medianwerte)
- Tab. 8: Fahrstreifenfaktoren als 85%-Quantilswerte
- Tab. 9: B-Zahlen bei unterschiedlichen Fahrstreifenfaktoren und Entwicklungsraten des Schwerverkehrs
- Tab. 10: Anwendungsbeispiel zur Berechnung der B-Zahl im Bereich einer temporären Seitenstreifenfreigabe (TSF)

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Straßenbau“

## 2018

**S 115: Performance-orientierte Asphaltspezifikation – Entwicklung eines praxisingerechten Prüfverfahrens zur Ansprache des Verformungswiderstandes**

Wistuba, Isailović

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

**S 116: Weiterführende Untersuchungen zur Beurteilung des Adhäsionsverhaltens zwischen Bitumen und Gestein**

Radenberg, Nytus, Boetcher, Diedel, Miehl

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

**S 117: Bauzeitenverkürzung durch optimierten Asphalteinbau**

Böhm, Tiemann, Ulrich, Verges, Muschalla

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

**S 118: Untersuchung der Dauerhaftigkeit unterschiedlicher Asphaltbinderkonzepte**

Renken, Wistuba

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

**S 119: Grundfragen des straßenrechtlichen Nutzungsgregimes – Straßenrecht im Zeichen des Klimawandels**

Durner

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

**S 120: Temperaturuntersuchungen am und im Mobile Load Simulator MLS30 – Analyse des Temperatureinflusses während eines Dauerversuchs für weitere Versuchsprogramme**

Wacker, Scherckenbach, Jansen

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

**S 121: Repräsentative Ermittlung der performance-relevanten Asphalteeigenschaften als Grundlage neuer Vertragsbedingungen**

Roos, Plachkova-Dzhurova, Grafmüller, Milch, Hase, Schindler, Schröder, Zumsande, Wörner, Kazakova, Patzak

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

**S 122: Ermittlung neuer Zuordnungswerte zur Einteilung bindiger Böden in Fest- und Lockergesteine**

Möller, Bundschuh, Birle, Heyer

€ 18,50

**S 123: Bindemitteldesign für Asphaltstraßen – Definition eines chemisch-rheologischen Anforderungsprofils**

Stephan, Weigel

€ 19,00

**S 124: Dauerhafte Betonfahrbahndecken unter Berücksichtigung aktueller ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte**

Müller, Schulte-Schrepping, Benra, Ludwig, Breitenbücher

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

**S 125: Potenzial innovativer Messsysteme für den Erdbau – Literaturstudie**

Radenberg, Manke, Steeb, Jänicke

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

**S 126: Bau und Messungen an einer Versuchsstrecke mit optimierter Kiestragschicht unter der Betondecke**

Freudenstein, Neudert

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

**S 127: Entwicklung eines Finite Elemente Modells für die rechnerische Dimensionierung von Straßen gemäß RDO Beton**

Villaret, Kiehne, Riwe, Villaret

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

**S 128: Reduzierung der Schwindverformungen des Straßenbetons durch den Einsatz neuartiger Schwindreduzierer**

Breitenbücher, Penttilä, Schulte-Schrepping

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

## 2019

**S 129: Verfahren zur Prognose des Alterungsverhaltens von Asphalt**

Hase, Beyersdorf, Hase, Rademacher

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

**S 130: Entwicklung einer Prüfsystematik für Porous Mastic Asphalt (PMA)**

Radenberg, Holzwarth

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

**S 131: Einfluss viskositäts- verändernder Zusätze auf den Zeitpunkt der Verkehrsfreigabe**

Radenberg, Gehrke

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

**S 132: Temperierte Straße Untersuchungen zur Realisierung eines Demonstrators auf dem duraBAST**

Oeser, Carreño, Renken, Kemper, Kneer, Höfler, Al-Sibai, Hess, Gouya, zu Dohna, Steins

€ 15,50

**S 133: Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-Lkw – Stufe 2: Nacherhebung**

Wolf, Uhlig

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

**S 134: Temperatureinfluss auf die Sichtbarkeit von Substanzmerkmalen (Oberfläche)**

Skakuj, Balck, Beckedahl, Schrödter, Koppers, Ramadan

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

**S 135: Eignung von Boden-Bindemittel-Gemischen als Baustoff für den Hinterfüllbereich von Bauwerken**

Botor, Tost

€ 15,50

**S 136: KiST-Zonen-Karte RDO und RSO Asphalt**

Augter, Kayser

€ 16,50

**S 137: Ressourcenschonung Bedingungen für die Verwendung organogener und weicher Böden sowie von Sekundärbaustoffen als Massenbaustoffe im Erdbau**

Cudmani, Heyer, Engel, Schoenherr

€ 22,50

**S 138: Entwicklung eines scannenden Prüfgeräts zur Detektion von Delaminationen in Betonfahrbahndecken**

Groschup, Große, Eger, Freudenstein

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

S 139: **Unterhaltung und Sanierung des Straßennetzes – Referate eines Forschungsseminars des Arbeitskreises „Straßenrecht“ am 17. und 18. September 2018 in Bonn**  
Durner

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

S 140: **Erfahrungssammlung Bitumendaten – Frischbitumen**

Radenberg, Flottmann, Drewes

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

S 141: **Ermittlung des Bindemittelgehaltes von Asphalt mit gummimodifiziertem Bindemittel**

Radenberg, Manke

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

## 2020

S 142: **Untersuchungen zur Verbesserung der Methode zum fachgerechten Schließen von Bohrkernentnahmestellen**

Beckedahl, Koppers, Schrödter € 15,50

S 143: **s/v-Wert beim dynamischen Plattendruckversuch**

Bräu, Vogt

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

S 144: **Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Beurteilung des Kälteverhaltens von Bitumen**

Radenberg, Staschkiewicz € 17,50

S 145: **Schadenskategorie-spezifische Bewertung von AKR-Prüfverfahren**

Weise, Werner, Maier, Wilsch

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

S 146: **Untersuchungen zur Möglichkeit der Verarbeitung von Gussasphalt bei maximal 230 °Celsius ohne viskositätsverändernde Zusätze**

Radenberg, Gehrke

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

## 2021

S 147: **Numerische Modellierung der Lysimeteruntersuchungen der BAST**

Birle, Cudmani, Melsbach

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

S 148: **Ermittlung und Prognose von Spannungszuständen in Betonfahrbahndecken**

Freudenstein, Eger, Pichottka, Riwe, K. Villaret, S. Villaret, Frohböse

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

S 149: **Untersuchungen zur Durchsickerung von RC-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten bei Bauweisen für technische Sicherungsmaßnahmen**

Koukoulidou, Birle, Cudmani

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

S 150: **Abschätzung des Restwerts im PMS am Ende des Bewertungszeitraums**

Stöckner, Sagnol, Brzuska, Wellner, Blasl, Sommer, Krause, Komma € 19,50

S 151: **Prognose der Griffigkeitsentwicklung von Waschbetonfahrbahndecken mit der Prüfanlage nach Wehner/Schulze Klein, Gehlen, Kränkel**

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

S 152: **Wiederverwendung von RC-Baustoffen aus AKR-geschädigten Betonfahrbahndecken**

Mielich

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

S 153: **Optimierung von Fugensystemen in Betonfahrbahndecken – Messtechnische Grundlage zur Ermittlung realer Beanspruchungen in situ**

Recknagel, Spitzer, Hoppe, Wenzel, Pirskaewitz € 23,00

S 154: **Prozessoptimierung der Asphaltextraktion mit Oktansäuremethylester (OME)**

Büchler, Wistuba

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

S 155: **KiST-Zonen-Karte RDO und RSO Beton – Verteilungsfunktion und Extremwerte**

Villaret, Augter, Kayser, Riwe

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

S 156: **Asphaltoberbau und extreme Temperaturen**

Beckedahl, Schrödter, Koppers, Mansura, Reutter, Thelen

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

S 157: **Erfassung von Bäumen mittels Laserscan-Daten zur Expositionsanalyse entlang des Bundesfernstraßennetzes in NRW**

Schipek, Steffen

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

S 158: **Anforderungen an Baustoffe für schwach durchlässige, dauerhaft tragfähige, ungebundene Bankette**

Cudmani, Henzinger, Birle, Barka

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

S 159: **Dauerhafte Betondecken – Optimierung der Fahrbahnoberfläche durch Texturierung mittels Grinding-Verfahren**

Villaret, Alte-Teigeler, Altreuther, Beckenbauer, Frohböse, Gehlen, Oeser, Skarabis, Tulke, Wang

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

S 160: **Untersuchungen zur Ursache von Treiberscheinungen in Tragschichten ohne Bindemittel unter Verwendung von RC-Baustoffen aus Beton**

Rigo, Unterderweide

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

S 161: **Ermittlung der realistischen Verkehrsverteilung auf mehrstreifigen Bundesfernstraßen als Eingangsgröße für die rechnerische Dimensionierung und Bewertung der strukturellen Substanz**

Kathmann, Schroeder

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

Tel.+(0)421/3 69 03-53 · Fax +(0)421/3 69 03-48

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

[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

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