

# Wirtschaftlichkeits- bewertung besonderer Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitäts- erhöhung an BAB

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 294

The logo consists of the word "bast" in a bold, lowercase, sans-serif font. The letters are filled with a vibrant green color and have a white outline, giving it a three-dimensional appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page.

# **Wirtschaftlichkeits- bewertung besonderer Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitäts- erhöhung an BAB**

von

Walter Maibach  
Andreas Tacke  
Michael Kießig

PTV Transport Consult GmbH  
Karlsruhe

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Verkehrstechnik Heft V 294**

**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 Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, 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 Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.  
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

#### **Impressum**

**Bericht zum Forschungsprojekt FE 02.0379/2014/MRB:**  
Wirtschaftlichkeitsbewertung besonderer Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitätserhöhung an BAB  
Das im Rahmen des Forschungsprojekts entwickelte Berechnungstool zur Wirtschaftlichkeitsbewertung kann über den Internetauftritt der BASt kostenfrei bezogen werden.

#### **Fachbetreuung:**

Jens Dierke

#### **Herausgeber**

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

#### **Redaktion**

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

#### **Druck und Verlag**

Fachverlag NW in der  
Carl Schünemann Verlag GmbH  
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 0943-9331

ISBN 978-3-95606-345-9

Bergisch Gladbach, November 2017

## Kurzfassung – Abstract

### **Wirtschaftlichkeitsbewertung besonderer Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitätserhöhung an BAB**

Der vorhandene Parkraum für Lkw an BAB deckt derzeit nicht den tatsächlichen Bedarf. Um die Kapazität von Parkierungsanlagen zu erhöhen, kommen neben dem konventionellen Neu-, Um- oder Ausbau von Rastanlagen auch telematische Systeme in Betracht. Sogenannte „besondere Parkverfahren“ ermöglichen für den Lkw-Verkehr eine optimierte Nutzung der verfügbaren Flächen und damit eine Kapazitätserhöhung auf den Rastanlagen. Derzeit sind grundsätzlich zwei Verfahren bekannt. Beim Kolonnenparken wird den Fahrern auf Basis ihrer eingegebenen gewünschten Abfahrtszeit an einem Terminal und der Länge des Fahrzeuges nach Möglichkeit ein freier Parkstand durch das Steuerungsverfahren zugewiesen. Beim „Kompakt-parken“ sollen ankommende Fahrzeugführer in der Parkstandsreihe parken, über der mittels dynamischer Anzeige die für sie passende Abfahrtszeit angezeigt wird.

Besondere Parkverfahren scheinen nach den bisher gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnissen prinzipiell dazu geeignet zu sein, die Kapazität einer Rastanlage zu erhöhen. Ziel dieser Untersuchung ist es, eine Methode zur Wirtschaftlichkeitsbewertung der besonderen Parkverfahren im Vergleich zum konventionellen Ausbau zu entwickeln. Hierzu werden ein Bewertungsverfahren und ein Berechnungstool realisiert, welches eine Bewertung der Kosten- und Nutzen-Komponenten besonderer Parkverfahren im Vergleich zum konventionellen Um-, Aus- oder Neubau einer Rastanlage einfach ermöglicht.

Das entwickelte Bewertungsverfahren war Grundlage für die Erstellung eines auf einer Tabellenkalkulation basierenden Berechnungstools zur Anwendung durch entsprechend mit den planerischen Grundlagen und der Projektspezifik vertrautes Fachpersonal. Durch das Berechnungstool wird die Kostenerfassung einerseits und die Nutzenquantifizierung andererseits formalisiert abgehandelt und präsentiert. Dieses Tool wurde anhand von Anwendungsbeispielen evaluiert.

### **Economic efficiency assessment of special parking strategies to increase HGV parking capacity on motorways**

At present HGV parking facilities on national motorways do not meet the demand. Besides conventional measures like new construction, layout modification or motorway service area expansion, telematics systems are an alternative to increase the parking capacity. Special parking strategies allow HGVs utilizing available space optimally, thus increasing capacity. So far two telematics-controlled strategies have been established: 'Queued parking' (Telematics Controlled Parking for Trucks) means all drivers enter their planned departure time at a terminal. Based on the input and the vehicle length the strategy will assign vacant parking space. 'Compact parking' means arriving drivers choose the parking row at which dynamic displays indicate the departure time that suits best.

Experience made so far has revealed that special parking strategies generally seem to be an appropriate means to increase the capacity of motorway service areas. The objective of the study is to develop a method to assess the economic efficiency of special parking strategies compared to conventional approaches. For that purpose an assessment method and a simple calculation tool have been developed. The tool facilitates assessing cost and benefit components of special parking strategies and comparing them with the conventional alternatives of new construction or expansion.

The developed assessment method forms the basis of the calculation tool based on a spreadsheet program. The calculation tool can be applied by technical staff familiar with planning and project specifics. It provides for a formalized treatment and representation of cost accounting and benefit quantification. The tool was evaluated by means of exemplary applications.

## Summary

### **Economic efficiency assessment of special parking strategies to increase HGV parking capacity on motorways**

## 1 Project definition

At present available HGV parking space on motorways is not meeting the demand. Insufficient parking supply causes exceeded driving times, additional parking search traffic and irregular parking outside designated areas, e. g. on access roads or service area exits. On behalf of the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI) detailed boundary conditions have recently been acquired and verified systematically.

Besides conventional approaches like new construction, layout modification or motorway service area expansion also telematics systems constitute an alternative. So-called special parking strategies allow heavy traffic optimally utilizing available space, thus increasing the capacities of motorway service areas. Hereby, parking facility and parking row layout are modified to achieve a close line up of HGVs. The special parking strategies have been developed to manage trouble-free HGV alignment without driving lanes. They ensure that HGVs line up closely in parking rows, sorted according to their departure time. So far two special parking strategies have been developed.

For 'Queued parking' (Telematics Controlled Parking for Trucks) [MANNS, 2002; MANNS, BREßLER, 2007] all drivers enter their departure time at a terminal prior to access. The control strategy combined with automated vehicle measuring and tracing assign a vacant parking space based on the driver's input. Hereby, departure times, detected vehicle lengths and positions of already parked vehicles are taken into account. Queued parking is being operated at the motorway service area of Montabaur.

For 'Compact parking' [LEHMANN, KLEINE, 2009/2011] dynamic displays above parking rows indicate the latest departure time of the vehicles already parked. Drivers are supposed to line up in the parking row whose displayed departure time suits

best their needs. The compact parking system is currently being tested at the motorway service area of Jura-West.

Findings and experience made so far have shown that special parking strategies generally seem to be an appropriate means to enhance the capacity of service areas. So far the focus of the developments and studies has lain on the technical aspects of such systems.

The objective of the study is to develop a method to assess the economic efficiency of special parking strategies compared to conventional approaches. For that purpose a calculation tool has been created to assess the cost items and benefits of special parking strategies in comparison to conventional measures enhancing parking capacities on motorway service areas.

## 2 Methodology

In a first step the different types of parking systems having implemented conventional as well as special parking strategies to increase HGV parking capacity on motorways are categorized. They are assessed regarding common effects and expenses, taking into account in detail all relevant component groups. For the different parking strategies partly different component groups with different costs and also different service lives are used. The differentiation over time allows taking into account their advantages and disadvantages. So even future systems, which may be composed of other components than the present ones, can be assessed flexibly and adequately.

The results obtained are compiled and taken as starting basis for method development.

### **Determination of cost items**

The costs of a parking system, applying a special parking strategy or not, comprise various cost items. First of all, planning and investment costs incur. Once the system has been inaugurated, expenditures like operating costs and maintenance costs incur.

The costs of the parking facilities over the whole life cycle are defined primarily by the construction costs and the yearly ongoing costs of operation and maintenance. The lifetime of the individual

components is set in the calculation as their depreciation period.

In the case of substantial price increases, the increased costs must be compensated by the selection of the individual prices.

Information on costs of capacity increases of parking facilities provided by the state road administrations are evaluated. The costs are based on empirical values and were co-ordinated in the group of supervisors with the participation of country representatives. However, it has to be born in mind that cost estimations concerning special parking strategies are mainly based on pilot installations.

As a result of the survey the costs of individual component groups of the different system types are represented in the maximum possible and reasonable differentiation over time.

### Determination of benefits

HGV parking strategies may have the following effects:

- increased parking capacity,
- less irregular parking outside designated areas,
- lower parking search traffic,
- improved traffic safety,
- more effective utilization of available parking space,
- potential saving in time when setting up telematics systems compared to conventionally operated parking facilities.

The following assessment criteria/benefits were used in a first step:

- capacity increase,
- realization period,
- environmental aspects,
- system availability.

Further conceivable criteria would be safety, comprehensibility and traffic guidance. Once further experience in HGV parking strategies has been gathered, the assessment method can be further developed.

### Methodology of the assessment system

Since many benefits of a HGV parking system cannot be monetized directly, a formalized procedure has been created to allow a comparative assessment of HGV parking systems. These procedures are often used for complex projects which have various components whose advantages and disadvantages cannot be weighed and assessed by a merely monetary assessment

Parking systems with special (telematics) parking strategies mainly aim at increasing parking capacity by a better utilization of available space at service areas. Due to the particular HGV alignment mode driving lanes may be converted to additional parking space. Special parking strategies are meant to make optimum use of available (parking) space. Hereby, 8 scenarios, as shown in figure 1 below (A, B1, B2, C1, C2, D, E1 and E2), have been developed to increase HGV parking capacity.

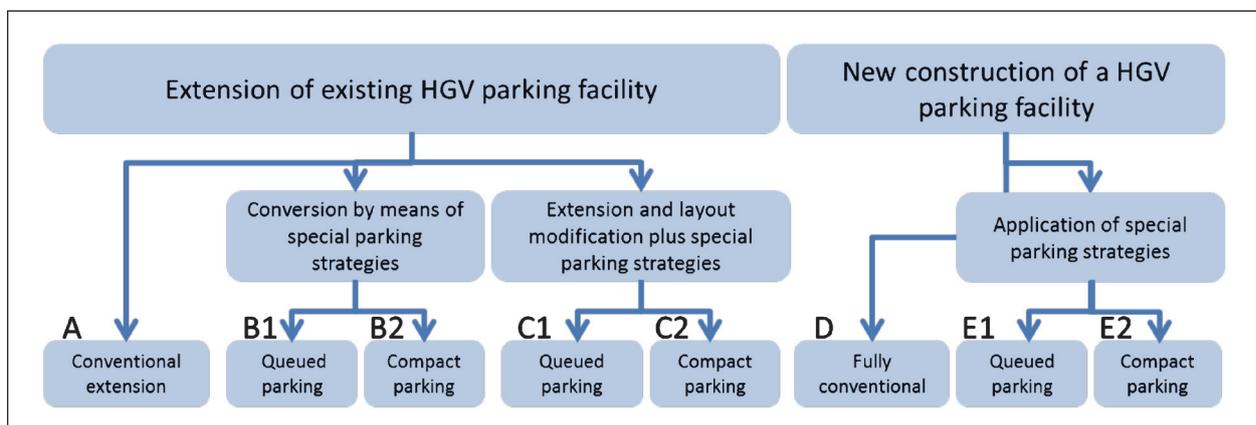


Fig. 1: Different scenarios how to increase HGV parking capacity

### Calculation tool

The developed method to assess the economic efficiency of parking systems using special parking strategies has been realized as a calculation tool on MS Excel basis (spreadsheet). Hereby the input data for the various assessment elements are entered into spreadsheets which are interlinked. Stored modifiable parameter tables allow updating or adjusting certain assessment principles due to new findings without re-programming.

The calculation tool provides for the input of parameters which are relevant for the assessment, the calculation of costs and benefits as well as the display and saving of input data, parameters and results.

The assessments of different projects undertaken by different users can easily be compared since input data and gained results are represented in a standardized way. This also supports quality control and reproducibility of the results. At the same time the structure of the application serves as a thread through assessment calculation.

Additionally, the tool was designed to ensure that all configurations and parameterizations can only be modified by users who are authorized.

### Validation and application of the tool

The developed tool was validated and applied to the following service and rest areas:

- motorway service area of Lehrter See-Nord (A2),
- motorway service area of Hasselberg-West (A7),
- rest area of Stauferburg-West (A45).

For those three parking facilities conventional measures to increase parking capacity considerably have been planned recently.

For the evaluation of the tool the benefits of all sample parking facilities had been weighted identically:

- capacity increase 55%,
- realization period 30%,
- environmental impact 10%,
- availability 5%.

As regards later practical application, uniform weighting for different projects is no longer necessary. However, such a change must be justified by the user of the tool by filling out a cell in the calculation tool.

## 3 Results

The calculation tool was evaluated on the basis of five application cases at three service areas for which planning and partly costs were available. The application of the calculation tool shows that the standard fixed prices and their minimum and maximum values seem to be plausible and that regarding cost accounting no essential items or ranges are missing.

The result of the present study is a formalized assessment method based on a comprehensive research on the current state of the art of special parking strategies. It has been evaluated at some examples and provides support in decision-making.

It comprises four major assessment criteria and allows their weighted consideration. Up to two further assessment criteria can be used (cf. figure 2).

Moreover, the tool-based accounting of investment and operating costs of parking systems allows a reliable and transparent representation of the cost items. Furthermore, it provides a basis for cost comparison and interpretation in connection with the benefits (cf. figure 3).

The description of the assessment method in a report together with the specification of the relevant boundary conditions provides for the proper application of the calculation tool within the framework of preplanning activities or studies at an early stage of project ideas.

It remains to mention that the numbers and amounts used in the above examples have only served the purpose of validating the calculation tool. Therefore, they cannot be transferred to other installations without further ado.

The assessment method and its tool-based realization exclusively address technical planners and related authorities.

A		B		C		D		E		F		G		H		I		J	
Beurteilungskriterium	Bewertung in %	Beurteilungskriterium	Bewertung in %	Beurteilungskriterium	Bewertung in %	Beurteilungskriterium	Bewertung in %	Beurteilungskriterium	Bewertung in %	Beurteilungskriterium	Bewertung in %	Beurteilungskriterium	Bewertung in %	Beurteilungskriterium	Bewertung in %	Beurteilungskriterium	Bewertung in %	Beurteilungskriterium	Bewertung in %
Kapitalbindung	50%	Anzahl der neu geschaffenen Parkplätze	Stk	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Umsatzgenerierung	30%	Zählspur	Jahre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lernwertenerkennung	10%	Stärke der Betriebskosten	-	hoch	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Verfügbarkeit	5%	Art des Parkverfahrens	-	A	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe	100%																		
Mittelwert in %				66,2%		64,0%		65,0%		65,0%		65,0%		65,0%		65,0%		65,0%	

Fig. 2: Example of a tool-based assessment

Kostenvergleich:		Scenario A	Scenario C1	Scenario C2	Auswahl Szenario
<b>Investitionskosten:</b>					
HG 1 Grundrissbau	650.000,00 €	200.000,00 €	200.000,00 €	200.000,00 €	
HG 2 Verkehrsicherung	17.422,15 €	15.691,58 €	15.691,58 €	15.691,58 €	
HG 3 Baustelleneinrichtung	11.422,15 €	9.691,58 €	9.691,58 €	9.691,58 €	
HG 4 Erdbau	970,00 €	1.862,50 €	1.862,50 €	1.862,50 €	
HG 5 Oberbau	431.220,00 €	309.000,00 €	309.000,00 €	309.000,00 €	
HG 6 Konstruktiver Ingenieurbau	- €	- €	- €	- €	
HG 7 Landschaftsbau	3.750,00 €	3.025,00 €	3.025,00 €	3.025,00 €	
HG 8 Ausstattung	50.270,00 €	449.270,00 €	449.270,00 €	449.270,00 €	
HG 9 Sonstige bauliche Anlagen und Kosten	280.911,86 €	379.788,13 €	303.360,13 €	303.360,13 €	
<b>Summe Investitionskosten</b>	<b>1.448.071,16 €</b>	<b>1.368.248,78 €</b>	<b>1.310.289,78 €</b>	<b>1.310.289,78 €</b>	
<b>Nutzenpunkte</b>					
Neue zusätzliche Parkstände	3,0	3,2	3,3	3,3	
Investitionskosten / Nutzenpunkt	482.690,39 €	427.577,74 €	403.163,32 €	403.163,32 €	
Investitionskosten / Parkstand	60.336,30 €	64.729,96 €	62.411,23 €	62.411,23 €	
Investitionskosten / Parkstand und Nutzenpunkt	20.112,10 €	17.103,11 €	16.129,83 €	16.129,83 €	
<b>Jährliche Kosten:</b>					
Investitionskosten	62.553,42 €	82.250,55 €	73.361,30 €	73.361,30 €	
Betriebskosten	13.698,00 €	11.168,30 €	11.168,30 €	11.168,30 €	
Instandhaltungskosten	- €	8.052,00 €	8.402,00 €	8.402,00 €	
<b>Summe jährliche Kosten</b>	<b>76.251,42 €</b>	<b>101.510,85 €</b>	<b>92.931,60 €</b>	<b>92.931,60 €</b>	
Jährliche Kosten / Nutzenpunkt	25.417,14 €	31.722,14 €	28.008,89 €	28.008,89 €	
Jährliche Kosten / Parkstand	3.177,14 €	4.960,45 €	3.719,89 €	3.719,89 €	
Jährliche Kosten / Parkstand und Nutzenpunkt	1.059,05 €	1.269,89 €	1.144,27 €	1.144,27 €	

Fig. 3: Example of a tool-based cost comparison

## 4 Conclusions

First practical experience has been made in realizing parking facilities which use special parking strategies. Sufficient empirical data, however, is not available yet. Which strategy (conventional or special) will be considered appropriate and chosen depends on the specific case.

Prior to the decision on any relevant planning and/or realization a sufficiently detailed study of alternatives including weighing costs and benefits is required. Hereby, the result of the study and the developed calculation tool provide support when comparing different realization scenarios by means of a formalized procedure.

Based on further experience and future developments in the field of conventional and special parking strategies, the assessment method should be updated and adapted. The present tool provides for such adjustments.

## 5 Bibliography

MANN, K. (2002): Patent DE 000010246956 A1/ EP1408455A2/A3: Telematisch gesteuerte Anlage für das Kolonnenparken von Lkw's, Lastzügen und Bussen. München: Deutsches Patent- und Markenamt

MANN, K.; BREßLER, A. (2007): Pilotanlage für telematisch gesteuertes Lkw-Parken an der Tank- und Rastanlage Montabaur – Erfahrungsbericht: Bonn: Straßenverkehrstechnik 6/2007

KLEINE, J.; LEHMANN, R. (2009): Neuer telematischer Steuerungsansatz für das Parkraummanagement von Lkw auf Rastanlagen an Bundesautobahnen. Bonn: Straßenverkehrstechnik 12/2009

KLEINE, J.; LEHMANN, R. (2011): Konzeption eines Lkw-Parksystems auf Rastplätzen der BAB. Bonn: Straßenverkehrstechnik 8/2011



## Inhalt

<b>Abkürzungen</b> .....	11	2.5.5 Besonderheiten .....	22
<b>Definitionen</b> .....	11	2.6 Weitere Systeme .....	22
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	12	2.7 Fazit aus der Recherche .....	22
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	12	2.7.1 Verfügbare Verfahren .....	22
		2.7.2 Vergleich telematische Systeme .....	22
<b>1 Einführung</b> .....	13	<b>3 Grundlagen</b> .....	23
1.1 Problemstellung .....	13	3.1 Statistische Ergebnisse aus der Literatur .....	23
1.2 Telematische Verfahren .....	13	3.1.1 Einfahrtszeiten und Aufenthaltsdauern .....	23
1.3 Rahmenbedingungen der Forschung und Zielsetzung .....	13	3.1.2 Fahrzeuglänge und Platzbedarf .....	26
1.4 Projektaufbau .....	14	3.2 Geometriebetrachtungen .....	27
1.4.1 Recherche bisheriger Erkenntnisse ...	14	3.3 Anforderungen an ein telematisches Lkw-Parkverfahren .....	28
1.4.2 Ermittlung der Kostenkomponenten ...	14	3.4 Einsatzgrenzen .....	29
1.4.3 Ermittlung der Nutzenkomponenten ...	14	<b>4 Bewertungsverfahren</b> .....	29
1.4.4 Konzeption des Bewertungssystems .....	14	4.1 Strukturierung der Kosten und Nutzen .....	29
1.4.5 Evaluierung und Validierung des Bewertungsverfahrens .....	16	4.2 Kostenkomponenten .....	30
1.4.6 Berechnungstool .....	16	4.2.1 Struktur der Kostenkomponenten ...	30
		4.2.2 Aufstellung der Kosten .....	30
<b>2 Recherche bisheriger Erkenntnisse</b> .....	16	4.2.3 Basis und Grenzen der Kostenermittlung .....	32
2.1 Ziel und Gestaltung der Recherche ...	16	4.2.4 Lebensdauerkosten .....	34
2.2 Rahmenbedingungen .....	17	4.3 Nutzenkomponenten .....	34
2.3 Konventionelle Parkieranlagen ...	17	4.4 Methodik des Bewertungs- verfahrens .....	34
2.4 Kolonnenparken .....	18	4.5 Bewertungskriterien und Gewichtung .....	35
2.4.1 Grundlagen .....	18	4.6 Technische Bewertung der Alternativen .....	36
2.4.2 Historie und Anlagenbestand .....	18	4.6.1 Generelles .....	36
2.4.3 Bauliche Voraussetzungen .....	18	4.6.2 Kapazitätserhöhung .....	36
2.4.4 Umsetzung und Systemtechnik .....	19	4.6.3 Umsetzungsdauer .....	36
2.4.5 Besonderheiten .....	20	4.6.4 Umweltaspekt .....	37
2.5 Kompaktparken .....	20		
2.5.1 Grundlagen .....	20		
2.5.2 Historie und Anlagenbestand .....	20		
2.5.3 Bauliche Voraussetzungen .....	21		
2.5.4 Umsetzung und Systemtechnik .....	21		

4.6.5 Technische Systemverfügbarkeit . . . . .	37	<b>7 Zusammenfassung und Ausblick . . .</b>	<b>52</b>
4.6.6 Frei definierbare Bewertungskriterien . . . . .	38	7.1 Zusammenfassung. . . . .	52
4.7 Kosten- und Nutzen- Gegenüberstellung . . . . .	38	7.2 Ausblick . . . . .	54
4.7.1 Ermittlung der jährlichen Kosten für jedes Szenario . . . . .	38	<b>8 Literatur. . . . .</b>	<b>54</b>
4.7.2 Ermittlung der Kosten-Nutzen- Verhältnisse für jedes Szenario . . . . .	38		
4.8 Beispiel. . . . .	38	<b>Anlagen</b>	
<b>5 Berechnungstool . . . . .</b>	<b>39</b>	Die Anlagen zum Bericht sind im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter:	
5.1 Realisierung . . . . .	39	<a href="http://bast.opus.hbz-nrw.de">http://bast.opus.hbz-nrw.de</a> abrufbar.	
5.2 Anwendungsgrundlagen. . . . .	39	Das im Rahmen des Forschungsprojekts ent- wickelte Berechnungstool zur Wirtschaftlichkeits- bewertung kann über den Internetauftritt der BAST kostenfrei bezogen werden.	
5.3 Bedienung . . . . .	40		
5.3.1 Grundstruktur . . . . .	40		
5.3.2 Tabelle „Deckblatt“ . . . . .	40		
5.3.3 Tabelle „Kosten“ . . . . .	41		
5.3.4 Tabelle „Gesamt“ . . . . .	42		
5.3.5 Tabelle „Annuität“ . . . . .	42		
5.3.6 Tabelle „Bewertung“ . . . . .	42		
5.3.7 Tabelle „Kostenvergleich“ . . . . .	43		
<b>6 Validierung und Anwendung des Tools. . . . .</b>	<b>44</b>		
6.1 Testgrundlagen. . . . .	44		
6.2 Testergebnisse . . . . .	45		
6.2.1 Einordnung der Testergebnisse . . . . .	45		
6.2.2 Rastanlage Lehrter See-Nord (BAB A 2) . . . . .	45		
6.2.3 Rastanlage Hasselberg-West (BAB A 7) . . . . .	47		
6.2.4 PWC Staufferburg-West (BAB A 45) . . . . .	49		
6.3 Fazit aus der Validierung . . . . .	50		
6.3.1 Kosten und Preise . . . . .	50		
6.3.2 Nutzenbewertung . . . . .	51		
6.3.3 Einsatzfähigkeit . . . . .	51		

## Abkürzungen

<b>ABDN</b>	Autobahndirektion Nordbayern
<b>AKVS</b>	Anweisung zur Kostenermittlung und zur Veranschlagung von Straßenbaumaßnahmen
<b>BMVBS</b>	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
<b>BMVI</b>	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
<b>BVWP</b>	Bundesverkehrswegeplan
<b>DTV</b>	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
<b>FGSV</b>	Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen
<b>HG</b>	Hauptgruppe
<b>PWC</b>	Parkplatz mit WC
<b>SV</b>	Schwerverkehr
<b>VZB</b>	Verkehrszeichenbrücke

## Definitionen

**(Detektions-)Daten** umfassen alle eine Situation auf der Rastanlage beschreibenden, gemessenen und verarbeiteten Angaben, die nicht dem Verkehrsteilnehmer zur Verfügung gestellt werden (z. B. Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage) [BASt, 2014].

**Detektion** umfasst das Detektionsverfahren und die dafür eingesetzte Detektionstechnik zur Erfassung der Situation auf einer Rastanlage [BASt, 2014].

**Detektionstechnik** charakterisiert die eingesetzten Detektoren [BASt, 2014].

**Detektionsverfahren** untergliedert sich in Bilanzierungsverfahren und Einzelparkstandsdetektion [BASt, 2014]. Im Kontext des vorliegenden Dokumentes sind Detektionsverfahren relevant für die Restlängenermittlung und Einzelparkstandsdetektion.

**Detektor** ist z. B. eine Induktivschleife, Laserscanner, Videokamera mit zugehöriger Auswertesoftware (Sensor und Auswertung) [BASt, 2014].

**Einzelparkstandsdetektion** beschreibt die Erfassung der Belegung der Parkstände [BASt, 2014].

**Instandhaltung** fasst alle Tätigkeiten der Wartung und Inspektion (auch präventive Instandhaltung genannt) sowie der Störungsbehebung (auch korrektive Instandhaltung genannt) zusammen.

**(Park-)Informationen** umfassen alle Angaben zur Situation auf der Rastanlage, die dem Verkehrsteilnehmer zur Verfügung gestellt werden [BASt, 2014].

**Parkstand** ist ein zum Parken eines Fahrzeugs abgegrenzter Teil einer öffentlichen Verkehrsfläche (FGSV, 2005/2012).

**Parkstandsharfe** ist eine Menge nebeneinanderliegender Parkstandsreihen, wobei jeweils mehrere direkt nebeneinanderliegende Parkstandsreihen durch kleine Inseln aufgeteilt werden und sich so im Lageplan annähernd die Form einer Harfe ergibt.

**Parkstandsreihe** ist eine Reihe, in welcher mehrere, im Regelfall mindestens 3 Parkstände direkt hintereinander angeordnet sind und deren Identifikation durch den Fahrer über Nummern ermöglicht wird.

**Rastanlagen** sind Parkierungseinrichtungen der öffentlichen Hand an BAB (sowohl bewirtschaftet als auch unbewirtschaftet) [BASt, 2014].

## Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Beispiel einer Belegungsentwicklung  
[KLEINE, LEHMANN in SVT 12/2009]
- Tabelle 2: Beispiel einer Bewertungstabelle
- Tabelle 3: Übersicht über die Anwendungsfälle

## Abbildungsverzeichnis

- Bild 1: Verschieden Szenarien für eine Erweiterung der Lkw-Parkkapazität
- Bild 2: Rastanlage BAB A3 Montabaur: Terminal (Quelle: PTV Transport Consult)
- Bild 3: Rastanlage BAB A3 Montabaur: Terminalbereich (Quelle: PTV Transport Consult)
- Bild 4: Visualisierung Kolonnenparken [M&C Lkw-Parksysteme GmbH, [www.lkw-parken.de](http://www.lkw-parken.de), Abruf 2016/01/11]
- Bild 5: Lageplan Tank- und Rastanlage BAB A 3 Jura-West [ABDN, 2015]
- Bild 6: Parkstandsanzordnung Kompaktparken TR BAB A 3 Jura-West (Quelle: PTV Transport Consult GmbH)
- Bild 7: Visualisierung Ablauf Parkstandsanznutzung beim Kompaktparken (BAST, 2011)
- Bild 8: Anzeigeeinrichtungen Kompaktparken TR BAB A 3 Jura West (Quelle: PTV Transport Consult GmbH)
- Bild 9: Exemplarisches Histogramm der Lkw-Parkdauern an einem RA (Quelle: LEERKAMP et al., 2015; Bild 17)
- Bild 10: Typische SV-Belegungsanglinie auf einer RA getrennt nach Parktypen (Quelle: LEERKAMP et al., 2015; Bild 18)
- Bild 11: Normierte Wocheneinfahrtsganglinien aus 2 Messmethoden (Quelle: LEERKAMP et al., 2015; Bild 9)
- Bild 12: Belegungsanglinie und Ein- und Ausfahrten an einer RA (Quelle: LÜTTMERCING et al., 2008; Bild 4)
- Bild 13: Aufenthaltsdauer in Abhängigkeit von der Herkunft (Quelle: LÜTTMERCING et al., 2008; Bild 10)
- Bild 14: Maximale Gliederzuglänge (Quelle: PTV Transport Consult GmbH)
- Bild 15: Maximale Sattelkraftfahrzeuglänge (Quelle: PTV Transport Consult GmbH)
- Bild 16: Verteilung der Fahrzeugtypen nach Auswertung von vier Querschnitten mit Achslastwagen im Bundesautobahnnetz im Jahr 1998 (Quelle: GLAESER, 2006)
- Bild 17: BVWP Grundkonzeption [BMVI, 2014]
- Bild 18: Berechnungstool – Deckblatt
- Bild 19: Berechnungstool – Kosten (ein Szenario)
- Bild 20: Berechnungstool – Ausschnitt „Gesamt“
- Bild 21: Berechnungstool – Ausschnitt „Annuität“
- Bild 22: Berechnungstool – Nutzenberechnung
- Bild 23: Berechnungstool – Kostenvergleich Seite 1
- Bild 24: Szenario D (Lehrte)
- Bild 25: Szenario E (Lehrte)
- Bild 26: Szenario A (Lehrte)
- Bild 27: Szenario B (Lehrte)
- Bild 28: Szenario D (Hasselberg)
- Bild 29: Szenario E (Hasselberg)
- Bild 30: Szenario A (Hasselberg)
- Bild 31: Szenario B (Hasselberg)
- Bild 32: Szenario A (Staufenburg)
- Bild 33: Szenario C (Staufenburg)
- Bild 34: Übersicht Ergebnisse der Beispielanwendungen
- Bild 35: Verschiedene Szenarien für eine Erweiterung der Lkw-Parkkapazität

# 1 Einführung

## 1.1 Problemstellung

Der vorhandene Parkraum für Lkw an Bundesautobahnen deckt derzeit nicht den tatsächlichen Bedarf. Fehlender Parkraum für Lkw kann dazu führen, dass Lenkzeiten überschritten werden, dass zusätzlicher Parksuchverkehr entsteht und dass Lkw ordnungswidrig an nicht dafür bestimmten Bereichen, wie beispielsweise an Zu- und Abfahrten von Rastanlagen abgestellt werden. Im Auftrag des BMVI wurden die genauen Rahmenbedingungen durch Untersuchungen [KATHMANN, SCHROEDER, BÄR, DEGES/BMVBS, 2014] aktuell erhoben und systematisch verifiziert.

Neben dem konventionellen Neu-, Um- oder Ausbau von Rastanlagen kommen auch telematische Systeme in Betracht. Die Systeme ermöglichen für den Lkw-Verkehr eine bessere Auslastung der verfügbaren Flächen und damit einhergehend eine Kapazitätserhöhung auf den Rastanlagen. Als unmittelbare Folge ergibt sich, dass sich der Parksuchverkehr ebenso reduziert wie die Anzahl der Falschparker.

Wesentlicher Bestandteil der telematischen Systeme sind besondere Parkverfahren, mit denen die Parkkapazität durch eine optimierte Nutzung der vorhandenen Fläche auf den Rastanlagen erhöht wird. Hierfür werden die vorhandenen Parkflächen umgestaltet, sodass mehrere Lkw direkt hinter- und nebeneinander parken können. Um diese kompakte Aufstellungsweise zu ermöglichen, sind zusätzlich Steuerungsverfahren erforderlich, die eine ordnungsgemäße Auflösung dieser kompakten Aufstellungsweise gewährleisten. Diese Verfahren gewährleisten, dass sich die Lkw nach ihrer Abfahrtszeit sortiert in Parkstandsreihen hintereinander aufstellen. Bisher gibt es zwei besondere Parkverfahren.

Derzeit gibt es noch keine Methodik zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der besonderen Parkverfahren gegenüber dem konventionellen Ausbau.

## 1.2 Telematische Verfahren

Derzeit sind – abgesehen von mechanisierten Parkieranlagen, welche für Parkplätze für Lkw an BAB nicht relevant sind – grundsätzlich zwei Verfahren bekannt und in der Phase der Etablierung.

Beim Verfahren Kolonnenparken [MANNS, 2002; MANNS, BREßLER, 2007] geben alle Fahrer vor einer Schranke an einem Terminal ihre Abfahrtszeit ein. Das Steuerungsverfahren sowie eine automatisierte Vermessung und Verfolgung der Fahrzeuge sorgen dafür, dass jedem Fahrer auf der Basis seiner Eingabedaten ein freier Parkstand zugewiesen wird. Dabei berücksichtigt das Steuerungsverfahren die Abfahrtszeiten, die detektierten Fahrzeuglängen und die Standorte bereits parkender Fahrzeuge. Es handelt sich hierbei um ein patentgeschütztes Verfahren. Das Kolonnenparken wird auf der Tank- und Rastanlage Montabaur eingesetzt. Weitere Anlagen befinden sich auf zwei Autohöfen in Kassel und Hamburg sowie in Dänemark.

Beim Verfahren Kompaktparken [KLEINE, LEHMANN, 2009/2011] werden die ankommenden Fahrzeugführer mittels dynamischer Anzeigen über den Parkstandsreihen über die späteste Abfahrtszeit der Fahrzeuge einer Parkstandsreihe informiert, die in einer Reihe bereits parken. Die ankommenden Fahrzeugführer sollen mithilfe dieser Information in der Parkstandsreihe parken, in der die Abfahrtszeit angezeigt wird, zu der sie die Weiterfahrt planen. Eine Anlage zum Kompaktparken wird in der Rastanlage Jura-West betrieben.

## 1.3 Rahmenbedingungen der Forschung und Zielsetzung

Besondere Parkverfahren scheinen nach den bisher gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnissen prinzipiell dazu geeignet zu sein, die Kapazität einer Rastanlage zu erhöhen. Bisher lag der Schwerpunkt der Entwicklungen und Untersuchungen auf den technischen Aspekten dieser Verfahren.

Ziel dieser Untersuchung ist es, eine Methode zur Wirtschaftlichkeitsbewertung der besonderen Parkverfahren im Vergleich zueinander aber auch gegenüber dem konventionellen Ausbau zu entwickeln. Hierzu wird ein Berechnungstool realisiert, welches eine Bewertung der Kosten- und Nutzenkomponenten besonderer Parkverfahren im Vergleich zum konventionellen Ausbau einer Rastanlage einfach ermöglicht.

## 1.4 Projektaufbau

### 1.4.1 Recherche bisheriger Erkenntnisse

In einem ersten Schritt werden die unterschiedlichen Parkierungsanlagen kategorisiert, mit denen konventionelle und besondere Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitätserhöhung an BAB realisiert werden. Die Anlagentypen werden bezüglich bisher bekannter Wirkungs- und Aufwandskomponenten beurteilt. Dabei wird auch detailliert auf die einzelnen relevanten Bauteilgruppen von Parkierungsanlagen eingegangen. Unterschiedliche Bauteilgruppen innerhalb einer Parkierungsanlagenart können unterschiedliche Kosten aber auch Nutzungsdauern aufweisen. Die Berücksichtigung deren Vor- und Nachteile ergeben sich erst aus einer zeitlich differenzierten Betrachtung. Auf diese Weise können auch zukünftige Anlagen, welche ggf. eine andere Zusammensetzung im Vergleich zu heutigen Anlagen aufweisen, flexibel und zutreffend bewertet werden.

Die sich daraus ergebenden Erkenntnisse werden zusammengetragen und als Ausgangsbasis für die Verfahrensentwicklung verwendet.

### 1.4.2 Ermittlung der Kostenkomponenten

Die Kosten einer Parkierungsanlage mit und ohne besondere Parkverfahren setzen sich aus unterschiedlichen Komponenten zusammen. Zunächst fallen die Planungs- und Investitionskosten an. Nach der Inbetriebnahme fallen Kosten wie Betriebs-, Personal- und Instandhaltungskosten an. Alle diese Komponenten verhalten sich über die Zeitdauer unterschiedlich.

Es sind relevante Zeiträume und Zyklen zu dokumentieren, welche in Bezug zu Planung, Bau, Betrieb sowie ggf. Erweiterungen und Rückbau stehen. Diese werden den Aufwandskomponenten (Sachmittel, Zeitansätze sowie zugehörige Kostensätze) zugeordnet. Mögliche zeitliche Veränderungen in den Kostensätzen (z. B. Anpassungsfaktoren, Baupreisindices) werden diskutiert und mögliche praktikable Umsetzungen für ein Bewertungsverfahren dokumentiert.

Informationen über die tatsächlich anfallenden Kosten der Parkverfahren/-anlagen werden über die zuständigen Stellen bei der Bundesstraßenverwaltung in bilateralen Abstimmungen erhoben.

Auch werden in diesem Zuge Informationen zu den Kosten für Kapazitätserweiterungen von Parkie-

rungsanlagen im Zuge konventionellen Ausbaus weiterer Flächen über die Bundesstraßenverwaltung eruiert.

Als Ergebnis der Erhebung werden die angefallenen Kosten für die einzelnen Bauteilgruppen der unterschiedlichen Anlagentypen in der maximal möglichen und sinnvollen Differenzierung über den zeitlichen Verlauf dargestellt.

### 1.4.3 Ermittlung der Nutzenkomponenten

Die Berechnung von Nutzenkomponenten setzt eine Ermittlung der zu erreichenden Leistungsfähigkeit von Parkierungsanlagen in konventioneller Nutzung sowie mit besonderen Parkverfahren voraus.

Wesentliche Intention der Errichtung von Parkierungsanlagen mit besonderen (telematischen) Parkverfahren ist die Erhöhung der Parkkapazität durch die veränderte Nutzung der vorhandenen Fläche auf einer Rastanlage. Durch die besondere Aufstellungsweise der Lkw können Fahrgassen entfallen und als zusätzliche Parkfläche genutzt werden. Mit den besonderen Parkverfahren sollen somit die bestehenden (Park-)Flächen optimal ausgenutzt werden.

Als weitere Nutzenkomponenten eines Lkw-Parkverfahrens kommen in Betracht:

- Umsetzungsdauer,
- Umwelt,
- technische Systemverfügbarkeit.

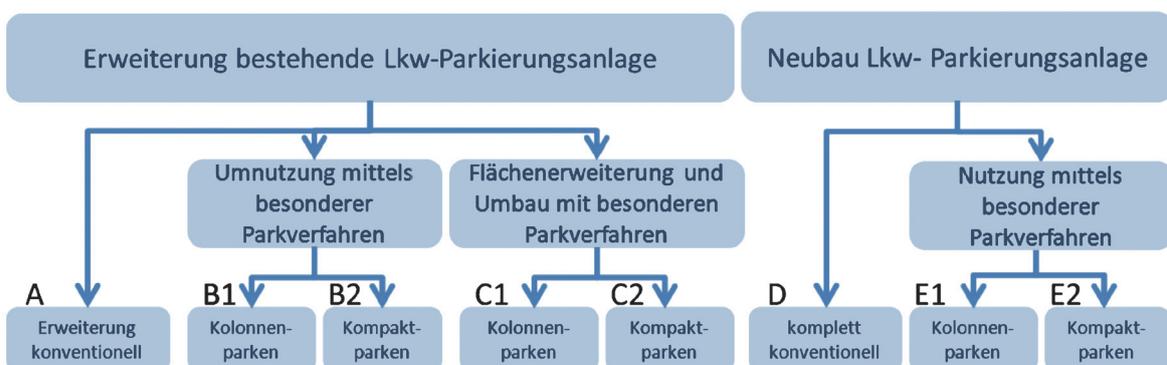
### 1.4.4 Konzeption des Bewertungssystems

Bewertungssysteme bestehen üblicherweise aus

- Zielsystem,
- Indikatoren, um die Wirkung auf die Kosten- und Nutzenkomponenten zu ermitteln,
- Syntheseverfahren, um die Wirkungsbeiträge der einzelnen Indikatoren in verschiedenen physikalischen Einheiten zu einem Gesamtergebnis zusammenzuführen.

Für die gegenständliche Untersuchung kommen die acht im Folgenden aufgeführten Szenarien in Betracht und werden im weiteren Verlauf des Projektes und bei der Entwicklung des Berechnungstools berücksichtigt (vgl. auch Bild 1).

- A** Flächenerweiterung (Ausbau): **konventionell**  
Hierunter wird ein vorhandener Parkplatz verstanden, der um weitere konventionelle Parkstände erweitert wird.
- B1** Umnutzung mittels besonderer Parkverfahren: **Kolonne**  
Dieses Szenario bewegt sich innerhalb der bestehenden befestigten Flächen, d. h. der Parkstände und Fahrgassen der Parkierungsanlage, allerdings kann es naturgemäß einen geringen Umbauanteil durch Umwidmung der Inselflächen enthalten (typisches Beispiel: Montabaur).
- B2** Umnutzung mittels besonderer Parkverfahren: **Kompakt**  
Dieses Szenario bewegt sich innerhalb der bestehenden befestigten Flächen, d. h. der Parkstände und Fahrgassen der Parkierungsanlage, allerdings kann es naturgemäß einen geringen Umbauanteil durch Umwidmung der Inselflächen enthalten (typisches Beispiel: Jura-West).
- C1** Flächenerweiterung und Umbau zur Umnutzung mit besonderen Parkverfahren: **Kolonne**  
Dieses Szenario geht von einer Flächenerweiterung der Parkanlage aus, um Lkw-Parkstände mit Kolonnenparken zu schaffen; dabei können die vorhandenen Parkstände entweder konventionell belassen bleiben oder auch komplett in Kolonnenparkstände umgewandelt werden.
- C2** Flächenerweiterung und Umbau zur Umnutzung mit besonderen Parkverfahren: **Kompakt**  
Dieses Szenario geht von einer Flächenerweiterung der Parkanlage aus, um Lkw-Parkstände mit Kompaktparken zu schaffen; dabei können die vorhandenen Parkstände entweder konventionell belassen bleiben oder auch komplett in Kompaktparkstände umgewandelt werden.
- D** Neubau: **konventionell**  
Dieses Szenario ist für den Neubau einer Lkw-Parkanlage in konventioneller Bauweise an einem neuen Standort vorgesehen.
- E1** Neubau – Nutzung mittels besonderer Parkverfahren: **Kolonne**  
Dieses Szenario ist für den Neubau einer Lkw-Parkanlage mit Kolonnenparken an einem neuen Standort vorgesehen.
- E2** Neubau – Nutzung mittels besonderer Parkverfahren: **Kompakt**  
Dieses Szenario ist für den Neubau einer Lkw-Parkanlage mit Kompaktparken an einem neuen Standort vorgesehen.



**Bild 1:** Verschieden Szenarien für eine Erweiterung der Lkw-Parkkapazität

Die für das Bewertungsverfahren zur Anwendung kommenden Indikatoren der Kosten- und Nutzenkomponenten werden ermittelt und zusammengestellt. Dabei können die Kostenkomponenten selbst als Indikatoren betrachtet werden, welche erst bei der Bewertung zusammen mit den Nutzenkomponenten zu synthetischen Bewertungseinheiten gewandelt werden um einen Vergleich der Verfahren zu ermöglichen.

Soweit Indikatoren zur Messung der Zielerreichung verwendet werden, die nicht sinnvoll zu monetarisieren sind, so werden entsprechend geeignete Bewertungsschemen definiert, um eine Bewertung im Zuge des Vergleichs der Zielsysteme durchführen zu können.

Damit wird abschließend eine gesamtheitliche Bewertung der Ausführungsvarianten mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im Vergleich zueinander möglich.

#### 1.4.5 Evaluierung und Validierung des Bewertungsverfahrens

Die Evaluierung des Bewertungsverfahrens erfolgt anhand dreier Anwendungsbeispiele. Dabei werden jeweils Szenarien mit konventionellen und mit besonderen Parkverfahren miteinander verglichen.

Durch das Ausweisen von jährlichen Kosten für die einzelnen Szenarien werden die Lebenszyklen der einzelnen Anlagenbauteile mitberücksichtigt.

Aus den Ergebnissen können beispielsweise folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Welche detaillierten Veränderungen ergeben sich in den einzelnen Aufwand- und Wirkungskomponenten?
- Wie groß ist deren Einfluss auf das Gesamtergebnis?
- In welchem Verhältnis stehen der Aufwand in der Bearbeitung von Bewertungskomponenten (z. B. Datenbereitstellung, Aufbereitung) und dem daraus resultierenden Zusatznutzen für das Bewertungsergebnis?

Für diese Gegenüberstellung wird ein geeignetes Berechnungstool entwickelt.

Im Ergebnis wird ein standardisiertes Verfahren fixiert. Das Verfahren stellt eine Optimierung zwischen dem Aufwand für den Bearbeiter sowie den

Randbedingungen dar, welche sich aus verfügbaren Datengrundlagen ergeben, und dem Nutzen für eine verbesserte Bewertung bei der Planung von Parkierungsanlagen mit besonderen Parkverfahren.

#### 1.4.6 Berechnungstool

Das entwickelte Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbewertung von Parkierungsanlagen mit besonderen Parkverfahren wird als Berechnungstool auf Microsoft® Excel®-Basis (Tabellenblatt) realisiert. Die Umsetzung erfolgt mithilfe von Funktionen. Dabei werden die Eingangsdaten für die unterschiedlichen Bewertungskomponenten auf miteinander verbundenen Tabellenblättern eingegeben. Durch die Hinterlegung veränderbarer Parametertabellen wird die zeitliche Fortschreibung bzw. die Anpassung bestimmter Bewertungsgrundlagen aufgrund neuerer Erkenntnisse ohne Neuprogrammierung ermöglicht.

Das Berechnungstool erlaubt im Einzelnen die Eingabe der bewertungsrelevanten Größen wie Mengen, Kosten und Bewertungskenngrößen sowie die Anzeige und das Speichern von Eingangsdaten, Parametern und Ergebnissen.

Durch die erzeugte standardisierte Darstellung von Eingangsdaten und Ergebnissen wird die Vergleichbarkeit von Bewertungen unterschiedlicher Projekte und Bearbeiter sichergestellt sowie die Qualitätssicherung und die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse unterstützt. Gleichzeitig entsteht durch die Struktur der Anwendung ein roter Faden für die Durchführung einer Bewertungsrechnung für den Anwender.

Des Weiteren wird das Tool dahingehend realisiert, dass alle Konfigurationen und Parametrierungen nur durch autorisierte Nutzer verändert werden können.

## 2 Recherche bisheriger Erkenntnisse

### 2.1 Ziel und Gestaltung der Recherche

Die nachfolgende Recherche ist insbesondere eine Literaturrecherche und hat zum Ziel, die wesentlichen Publikationen und somit Daten und Informa-

tionen sowie Untersuchungen, die sich mit dem Thema „telematische Parksysteme“ bis zum Zeitpunkt der Berichtserstellung zum vorliegenden Projekt beschäftigt haben, zu sichten und ihre Verwertbarkeit für die Thematik des gegenständlichen Forschungsvorhabens zu prüfen.

Im Zuge der Recherche konnten auch von den Betreibern bekannter Anlagen Erkenntnisse in die Recherche einbezogen werden, da diese dem Projekt betreuend zur Verfügung standen.

Ferner fließen die Inhalte der entsprechenden Publikationen in die Forschungsarbeit direkt ein.

Die in den folgenden Kapiteln vorgestellte Recherche bezieht sich über die üblichen Publikationen in der Fachpresse sowie den verschiedenen Medien einschließlich des Internets auch auf beim Verfasser vorliegende Erkenntnisse aus Projekten und Kontakten.

Die Ergebnisse der Recherche werden in die folgenden Bereiche gegliedert:

- Rahmenbedingungen,
- konventionelle Parkieranlagen,
- telematisches System Kolonnenparken,
- telematisches System Kompaktparken,
- weitere Systeme,
- Fazit.

## 2.2 Rahmenbedingungen

Die wesentlichen Rahmenbedingungen wurden bereits in Kapitel 1 beschrieben. Grundsätzlich sind die Parameter der baulichen Anlagen durch bundes- und landeseinheitlich anzuwendende Richtlinien wie z. B. die EAR [FGSV, 2005] für die Angabe von Fahrzeug/Parkstandsgrößen und VHRR/RR [FGSV, 2005], welche jedoch zwischenzeitlich durch neuere Richtlinien wie die ERS [FGSV, 2011] abgelöst wurden, abgesteckt.

Darüber hinaus sind die bestehenden Bedarfsumfänge in mehreren Studien teilweise landesspezifisch [LÜTTMERTING et al., FH Erfurt, 2008] sowie auf Bundesebene [KATHMANN, SCHROEDER, BÄR, DEGES/BMVBS, 2014] erhoben und publiziert [BISStra, 2008; BMVI, 2014].

Zur Deckung der erkannten Bedarfe ist die Neuanlage und bauliche Erweiterung der bestehenden Kapazitäten unabdingbar, jedoch nicht an allen Orten des Bedarfsaufkommens problemlos zu realisieren. Daher richtet sich der Blick über die baulichen Möglichkeiten hinaus auf mögliche telematische Maßnahmen einerseits im Bereich der dynamischen Erfassung und Information etwa durch Detektion der Belegungen und Informationsangebote [Autobahnamt Sachsen, LfSt, TU Dresden, PTV AG, 2010; PFANNERSTILL et al., 2012] als auch andererseits telematische Steuerungsverfahren auf den Anlagen selbst [KLEINE, LEHMANN, LOHOFF, RITTERSHAUS, 2014].

Zudem sind partiell leichte Veränderungen der Spezifik der Bedarfe abzusehen. Dabei sind dies aus heutiger Sicht insbesondere die Einführung sogenannter Lang-Lkw [WALLERANG, 2015] als auch die Weiterentwicklung der individuellen Verkehrsinformation durch stärkere Vernetzung und Konvergenz verschiedener Systeme.

## 2.3 Konventionelle Parkieranlagen

Die Errichtung konventioneller Parkieranlagen, also von Anlagen, welche durch statische Beschilderung als Menge von Parkständen ausgewiesen werden, erfolgt gemäß entsprechender Richtlinien.

Die bauliche Ausgestaltung hinsichtlich Unter- und Oberbau, Entwässerung etc. folgt wiederum anderen Vorgaben.

Grundsätzlich gilt jedoch, dass die Parkstandsgrößen anhand der zu parkenden Fahrzeugarten festzulegen sind und sich somit ein statischer Flächenbedarf ergibt. Die tatsächliche Nutzung der Parkierungsflächen und Parkstände spielt bei deren Bemessung keine Rolle.

Unabhängig von der ständigen Überarbeitung, welche die entsprechenden Richtlinien erfahren, beispielsweise wegen der Veränderungen in der Fahrzeugtechnik oder Bedürfnissen des Straßenbetriebes und der Instandhaltung heraus, haben sich hinsichtlich der Gestaltung feste Grundregeln etabliert, welche sich auch in den letzten Jahrzehnten nur marginal geändert haben und deren Änderung auch auf längere Frist nicht anzunehmen ist.

Um auch in Richtung der Nutzer (Fahrpersonal) die entsprechenden Aktivitäten zu kommunizieren und

die korrekte Anlagennutzung zu unterstützen, erfolgen auch seitens der zuständigen Bundesbehörde (BMVI) entsprechende Publikationen in verschiedenen Medien; beispielhaft sei auf [BMVBS Stb 11, 2011] verwiesen.

Durch die europaweit entweder bereits normierten, in Homogenisierung befindlichen und aus der Fahrzeugtechnik resultierenden Rahmenbedingungen konnte auf zusätzliche Richtlinien und Rahmenbedingungen verzichtet werden.

## 2.4 Kolonnenparken

### 2.4.1 Grundlagen

Das telematische Verfahren des Kolonnenparkens wurde durch Dr. Manns vom Ingenieurbüro Manns Ingenieure in einem Patent [MANNNS, 2002] grundsätzlich beschrieben und patentiert. Das Patent wird aktuell als europäisches Patent unter EP 1 408 455 B 1 geführt. Das frühere deutsche Patent wurde durch das benannte europäische Patent ersetzt. Nachstehend wird dieses auszugsweise wiedergegeben:

„Anlage zur optimalen Ausnutzung des Parkraumes, mit Parkplätzen für Lastkraftwagen (Lkw) und Busse, bestehend aus mindestens einer Zufahrtsgasse, mindestens einer mit Abstand parallel oder annähernd parallel dazu verlaufenden Abfahrts-gasse und mehreren dazwischen befindlichen, zumindest optisch gekennzeichneten Parkstreifen, die jeweils mindestens zwei hintereinanderliegende Stellplätze für mindestens zwei Lkw und/oder Busse aufweisen und die schräg angeordnet sind, wobei die Anlage eine am Beginn der Zufahrtsgasse (1) befindliche, den jeweils einfahrenden Lkw und/oder Bus (5, 6, 7, 8, 9) zumindest durch seine Abfahrtszeit und seine Länge erfassende und an einen Parkplatz-Steuerungseinheit (12) angeschlossene, manuell betätigbare Ein- und Ausgabe-Einrichtung (11) umfasst, die dem einfahrenden LKW und/oder Bus (5, 6, 7, 8, 9) in Abhängigkeit von der eingegebenen Abfahrtszeit und seiner Länge einen freien Stellplatz in einem der jeweils mindestens zwei hintereinander liegende Stellplätze aufweisenden Parkstreifen (3) so zuweist, dass die in einem Parkstreifen abgestellten Lastkraftwagen und/oder Busse so geparkt sind, dass der erste Lastkraftwagen und/oder Bus zuerst und die weiteren Lastkraftwagen und/oder Busse erst zeitlich danach abfahren. ...“

Grundlage des Verfahrens ist somit eine Aufreihung mehrerer Lkw hinter- und nebeneinander gestaffelt nach deren Abfahrtszeit und Länge ohne Möglichkeit des Überholens. Dabei werden Abfahrtszeit und Länge am Beginn des Parkvorgangs elektronisch erfasst und es erfolgt durch das System eine Zuweisung der Parkfläche.

### 2.4.2 Historie und Anlagenbestand

Das Verfahren wird zum Zeitpunkt der Untersuchung seit etwa 10 Jahren auf und mittels der Pilotanlage auf dem Rasthof Montabaur an der BAB A 3 (Fahrtrichtung Köln) umgesetzt, getestet und weiterentwickelt. Hierzu erfolgten verschiedene Untersuchungen und Publikationen des Planers bzw. Herstellers [MANNNS, BREßLER, 2006/2007] und eine Funktionsprüfung, die im Rahmen der Abnahme im Auftrag des zuständigen Autobahnbetreibers durch das Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI [PARTZSCH, MEY (FhG), 2013] durchgeführt wurde.

Die Realisierung der Pilotanlage im Jahr 2005 erfolgte im Auftrag der lokal zuständigen Straßenbauverwaltung in Rheinland-Pfalz. Anfänglich erfolgte ein betreuter Betrieb. Durch Fortschreibungen der Algorithmik und Erhöhung der Robustheit des Detektionsverfahrens ist mittlerweile ein Vorort unbetreuter Betrieb möglich.

Eine zweite Anlage in Kontext von Bundesautobahnen wurde im Jahr 2009 auf dem Autohof Lohfelden im Einzugsbereich der BAB A 7/A 49 errichtet und ist dort in Betrieb.

Es existieren über die vorstehend genannten Anlagen hinaus Realisierungen in Hamburg (Anlage Tankpark Hamburg-Moorfleet) sowie in Dänemark (Tankstelle Ustrup-Ost, Ausfahrt 498), welche dem Kolonnenparken weit überwiegend ähnlich sind, wenn gleich sich diese nicht ausdrücklich auf dieses Verfahren berufen. Die Anlage in Hamburg wird derzeit personell betreut.

Geplant sind weitere Anlagen an der BAB A 93, TR Inntal-West sowie an der BAB A 61, TR Hunsrück-West und in Luxembourg.

### 2.4.3 Bauliche Voraussetzungen

Die bauliche Gestaltung der Parkflächen muss an das System des Kolonnenparkens angepasst sein. Dabei kann dies je nach baulicher Anlage auch nur

durch Ummarkierung erfolgen. Werden die Stellflächen von der baulichen und organisatorischen Anlage her ideal für das Kolonnenparken ausgelegt, so sind bei überschläglicher Betrachtung ca. 50 % mehr Parkstände (je nach Zusammensetzung der Fahrzeuglängen) als in konventioneller Anlage auf der gleichen Fläche möglich zu realisieren.

In der Pilotanlage an der BAB A 3 wurden auf der ursprünglichen Fläche mit 42 Parkständen durch den Systemeinsatz in Verbindung mit einer baulichen Umgestaltung durch Versiegeln der Grüninseln in Summe ca. 84 Parkstände bereitgestellt. Dabei wurden durch den Systemeinsatz im Mittel (abhängig von der Verteilung der Fahrzeuglängen) ca. 20-25 zusätzliche Parkstände geschaffen. Bei der Anlage am Autohof Lohfelden konnte eine Kapazitätserweiterung von ca. 100 auf etwa 175 Parkstände erreicht werden [M+C Lkw-Parksysteme GmbH, 2015]. Die angegebene erreichbare Anzahl der Parkstände ist jedoch abhängig von der Verteilung der Fahrzeuglängen.

#### 2.4.4 Umsetzung und Systemtechnik

Das Grundkonzept des Kolonnenparkens ist so umgesetzt, dass die Fahrzeuge an einem Terminal an der Einfahrt zur Parkieranlage stehend bzgl. Länge und gewünschter Abfahrtszeit erfasst und dann entsprechend des implementierten Algorithmus einen freien Parkstand zugewiesen bekommen. Die Ermittlung der Länge erfolgt automatisiert. Damit der Fahrer sich die entsprechende Parkmöglichkeit merken kann, wird unterstützend ein Parkschein ausgegeben. Aufgrund dieser Parkscheinausgabe ist ein gewisser Grundaufwand an Instandhaltung erforderlich.

Ist ein Parkstand verfügbar, wird ein Parkschein mit Bestätigung der Abfahrtszeit und Nummer der Parkstandsreihe gedruckt. Die Schranke zur Anlage öffnet und der Parkvorgang kann beginnen.

Soweit kein entsprechender Parkstand in der Anlage verfügbar ist, wird dies visualisiert und der Lkw hat die Möglichkeit als abgewiesen vor der Schranke abbiegend die Parkieranlage zu verlassen oder andere Möglichkeiten zu suchen.

Hierzu ist zwischen Terminal und Schrankenanlage eine Ausfahrgasse erforderlich. Ansonsten muss er die Anlage durchfahren und verlassen.

Das Terminal besitzt zur Bedienung zwei in verschiedenen Höhen montierte große Touchscreens.

Nach dem Einlass wird über die Belegungsdetektion jeder Parkstandsreihe geprüft, ob der Lkw den ihm zugewiesenen Parkstand anfährt. Tut er dies nicht, wird auch das durch die Längen- und Präsenzdetektion der Parkstandsreihen (Laserscanner etc.) erfasst und im Zentralrechner gemeldet, sodass die Programmlogik die Falschbelegung bei der weiteren Platzvergabe mitberücksichtigen kann.

Ein Fehlverhalten bleibt für den Lkw-Fahrer selbst folgenlos, da es in diesem Kontext auch nicht justizierbar ist.

Auf Basis der dargestellten Funktion wird klar, dass für das System Kolonnenparken eine exakte Detektion sowie die hohe Verfügbarkeit der zentralen Steuerung und des Terminals vital sind.

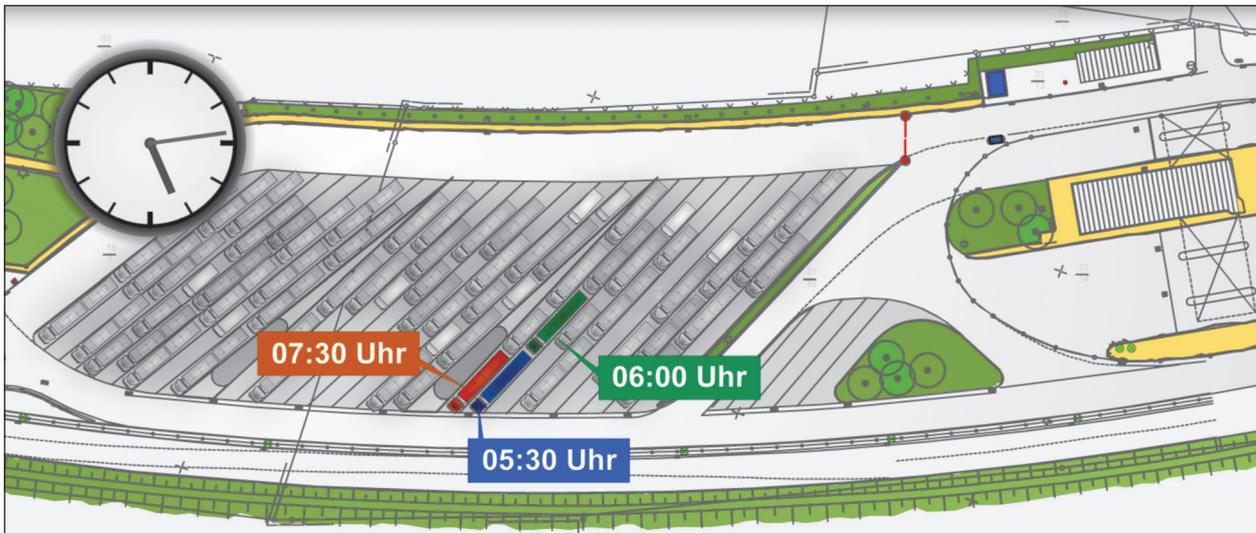
Da das System bereits seit längerer Zeit als Pilotanlage arbeitet, hat es bereits verschiedene Störungsszenarien durchlaufen und wurde dementsprechend optimiert. Dabei wurde z. B. das Terminal für verschiedene Bedienhöhen (große und kleinere Lkw) angepasst und durch elastische Befestigungselemente robust gegen Ausfälle durch Anfahr-



**Bild 2:** Rastanlage BAB A 3 Montabaur: Terminal (Quelle: PTV Transport Consult)



**Bild 3:** Rastanlage BAB A 3 Montabaur: Terminalbereich (Quelle: PTV Transport Consult)



**Bild 4:** Visualisierung Kolonnenparken [M&C Lkw-Parksysteme GmbH; www.lkw-parken.de, Abruf 2016/01/11]

ren mit Fahrzeugen ausgelegt. Für Systemausfälle bzw. Komponentenausfälle sind Störungsszenarien hinterlegt, welche zur Öffnung der Schranke und der Ausgabe von Meldungen führen.

Derzeit ist das Pilotsystem nicht in eine zentrale Infrastruktur – etwa eine Verkehrsmanagement- oder -rechnerzentrale – eingebunden.

#### 2.4.5 Besonderheiten

In Ergänzung zur Länge werden im Kolonnenpark-System auch Besonderheiten der Lkw berücksichtigt: Gefahrgut- oder Kühltransporte (Lärmquelle) werden am Terminal abgefragt und entsprechend abseits abgestellt, soweit entsprechende Parkflächen vorhanden sind.

## 2.5 Kompaktparken

### 2.5.1 Grundlagen

Beim Kompaktparken handelt es sich um ein telematisches Verfahren zur Steuerung der Belegung von Parkständen einer Parkieranlage mit dem Ziel, im Normalfall erforderliche Räume für Fahrgassen zur Parkierung umnutzen zu können.

Kompaktparken kann auf zahlreichen bestehenden Rastanlagen nachträglich umgesetzt werden und erlaubt eine deutliche Kapazitätserhöhung, da durch die Umnutzung der Fahrgasse zwischen parallelen Parkflächen zusätzliche Parkstände entstehen. „Beim Kompaktparken parken mehrere Lkw ohne mittlere Fahrgasse kompakt hinter- und

nebeneinander. Damit sich die Fahrzeuge nicht bei der Abfahrt behindern, ist ein zeitliches Sortieren erforderlich. Einzigartig und für das Kompaktparken charakteristisch ist, dass dies mithilfe von dynamischen Anzeigen über den Parkstandsreihen geschieht. Diese zeigen den ankommenden Fahrzeugführern die späteste Abfahrtszeit der Fahrzeuge an, die bereits in einer Reihe parken“ [BAST, 2016].

Das Kompaktparken ist auf eine weitgehende Befolgung der Abfahrtszeiten sowie die selbstständige richtige Auswahl der Parkstandsreihe durch die Fahrer angewiesen. Es wird erwartet, dass es hierbei nicht zu relevanten Störungen kommt, da es sich bei den Nutzern überwiegend um Berufskraftfahrer handelt. Die Grundlagen des Algorithmus und der Bedarfsberücksichtigung sind in [KLEINE, LEHMANN/SVT, 12/2009] beschrieben.

### 2.5.2 Historie und Anlagenbestand

Die Entwicklung des Kompaktparkens erfolgte in einem BAST-internen Projekt. Dabei wurden sowohl die Gestaltung der Telematikkomponenten als auch die entwurfstechnischen Grundlagen geschaffen.

„Die Idee: Wo heute zwei Lkw hintereinander parken, wird dazwischen ein Weg zur Ausfahrt freigehalten. Durch clevere Verkehrsbeeinflussung sollen nun drei Lkw hintereinanderstehen können. Auf der gleichen Fläche finden somit 50 % mehr Laster Platz“ [Bayerische Staatszeitung, 2013].

Eine erste Pilotanlage ist inzwischen an der Rastanlage Jura-West auf der BAB A 3 im Zuständig-



**Bild 5:** Lageplan Tank- und Rastanlage BAB A 3 Jura-West [ABDN, 2015]

keitsbereich der Autobahndirektion Nordbayern installiert. Da sich diese Anlage zum Zeitpunkt des gegenständlichen Forschungsprojektes in Fertigstellung befand bzw. erst kurz in Betrieb ist, liegen noch keine umfassenden Erfahrungen mit dem Systembetrieb vor.

**2.5.3 Bauliche Voraussetzungen**

Die bauliche Anlage muss für den Einsatz des Systems Kompaktparken geeignet sein bzw. entsprechend umgebaut werden.

Im Zuge der Pilotanlage reichten dafür überwiegend Ummarkierungen aus. Dabei werden Fahr-gassen den Parkständen zugeschlagen und es werden jeweils ca. drei Parkstände für Lkw hintereinander angeordnet.

Bezüglich der baulichen Anlagen sind im Wesentlichen die Parkstandsharfenbrücken zu berücksichtigen und in die entsprechenden Flächen einzuordnen.

**2.5.4 Umsetzung und Systemtechnik**

Die Hauptbestandteile des Kompaktparksystems sind eine Parkstandsdetektion sowie dynamische Anzeigen der Abfahrtszeit der jeweiligen Parkstandsreihe durch Überkoppanzeigen an Schilderbrücken über den Parkstandsreihen. Dazu kommt eine zentrale Steuerung dieser Anzeigen, welche die Vorgabe der Abfahrtszeiten jeder Parkstandsreihe über die Anzeigen steuert.

Bei einem Wechsel der angezeigten Abfahrtszeiten erfolgt stets nur eine Verschiebung zeitlich nach vorn, sodass einer Blockade der Parkstandsreihe vorgebeugt wird [KLEINE, LEHMANN/SVT, 2011].

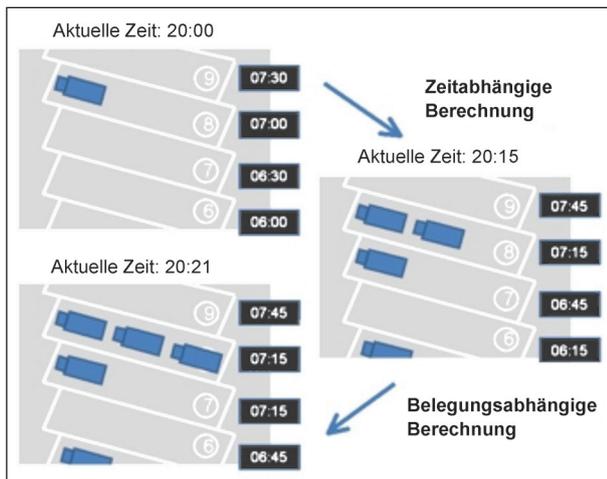


**Bild 6:** Parkstandsordnung Kompaktparken TR BAB A 3 Jura-West (Quelle: PTV Transport Consult GmbH)

Uhrzeit	Parkstand	Reihe	1	2	3	4	5	6	7
		angezeigte Abfahrt	5:00	5:30	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00
20:00	1		X		X	X	X		
	2					X			
	3						X		
		angezeigte Abfahrt	6:00	6:30	7:00	7:10	7:30	8:00	8:30
20:30	1		X	X	X	X	X		
	2				X	X			
	3					X			

**Tab. 1:** Beispiel einer Belegungsentwicklung [KLEINE, LEHMANN in SVT 12/2009]

Durch diese Art der Steuerung genügt eine Belegungsdetektion pro Parkstandsreihe, welche deren vollständige Füllung erkennt. Diese Sensorik kann für die Fahrbahn nichtinvasiv an der erforderlichen Aufstellvorrichtung der Anzeigen mit angebracht werden. Aufgrund der unterschiedlichen Fahrzeuglängen und einer Restunsicherheit bei der Erkennung de facto abgewiesener Fahrzeuge, welche keinen Parkstand angenommen haben oder



**Bild 7:** Visualisierung Ablauf Parkstandsnutzung beim Kompaktparken (BAST 2011)



**Bild 8:** Anzeigeeinrichtungen Kompaktparken TR BAB A 3 Jura West (Quelle: PTV Transport Consult GmbH)

annehmen konnten, erscheint eine entsprechend umfassendere Detektion der Belegung sinnvoll. Dies muss jedoch erst noch im Betrieb der Pilotanlage verifiziert werden.

In der Einführungsphase wird die Pilotanlage durch einen Parkwächter betreut. Das System ist jedoch für einen vollautomatischen Betrieb konzipiert und benötigt keine manuelle Betreuung. Da keine Parkscheine ausgestellt werden<sup>1</sup>, sind die Unterhaltungserfordernisse minimiert.

### 2.5.5 Besonderheiten

Der Parksuchverkehr wird minimiert bzw. auf das Auswählen einer Parkstandsreihe mit entsprechender Abfahrtszeit beschränkt und eine bauliche

Gestaltung des Terminalbereiches entfällt. Allerdings ist die Feststellung der verfügbaren Kapazitäten mit einer Unsicherheit behaftet, welche bei der Publikation der Parkinformationen im Zuge der Verkehrsinformationsbereitstellung zu berücksichtigen ist.

## 2.6 Weitere Systeme

Die Recherche zum Zeitpunkt der Berichtserstellung ergab keine weiteren relevanten Systeme zum telematischen Parken von Lkw.

Es ist zwar denkbar, dass sich mit zunehmender Automatisierung, etwa vollautomatischen Fahrzeugen weitere Möglichkeiten ergeben, diese sind jedoch zeitlich in ihrer Wirksamkeit nicht hinreichend genau abzusehen, sodass sie hier keine weitere Berücksichtigung finden.

Überlegungen zu mechanisierten Parksystemen – auch für Lkw – sind vorhanden, jedoch für die Parkieranlagen auf BAB nicht relevant, da die Errichtung entsprechender Bauten im Vergleich zu allen anderen Möglichkeiten für die verantwortlichen Behörden insbesondere hinsichtlich des Betriebes nicht wirtschaftlich darstellbar ist.

Ein Parkleitsystem innerhalb der Anlagen kann zwar den Parksuchverkehr verringern und zur guten Auslastung der Anlage beitragen, bewirkt aber nach bisherigen Erkenntnissen keine signifikante Erhöhung der anzubietenden Kapazitäten.

## 2.7 Fazit aus der Recherche

### 2.7.1 Verfügbare Verfahren

Als Fazit der Recherche verbleiben Kolonnenparken und Kompaktparken als einzige Alternativen zur konventionellen – also baulichen – Vergrößerung des Parkstandsangebotes durch extensive Flächennutzung.

### 2.7.2 Vergleich telematische Systeme

Die beiden relevanten Systeme Kolonnenparken und Kompaktparken werden nachstehend hinsichtlich ihrer Funktionen und Rahmenbedingungen verglichen.

Beide Systeme basieren grundsätzlich auf zwei grundsätzlichen Veränderungen gegenüber dem konventionellen Parken:

<sup>1</sup> Auf der Pilotanlage wird derzeit mit Parkscheinen gearbeitet. In weiteren Anlagen ist dies nicht mehr vorgesehen.

- der Umnutzung von Flächen und
- dem Aufstellen mehrerer Lkw hintereinander ohne Überhol- oder Ausfahrmöglichkeit für den/ die jeweils hinter dem ersten Fahrzeug stehenden Lkw.

Bei den umzunutzenden Flächen handelt es sich zum Teil um Fahrgassen, zum Teil um Rotunden oder Grünflächen (Verkehrinseln).

Die besonderen Parkverfahren stellen grundsätzliche andere Anforderungen an die Geometrie der Parkfläche als konventionelle Parkflächen. Konventionelle Parkflächen sind i. d. R. durch die Anordnung von Parkstandsharfen gekennzeichnet, die durch Rotunden miteinander verbunden sind, sodass der Lkw-Fahrer alle zur Verfügung stehenden Parkstände nacheinander abfahren kann. Stattdessen ähnelt die Gesamtform eines Parkplatzes mit besonderen Parkverfahren eher einem Parallelogramm (vgl. Bild 4 und 5).

Die fehlende Variabilität beim Verlassen der Parkstände wird durch eine Sortierung der Lkw beim Einfahren in die Parkierungsanlage kompensiert.

Je nach Anlagengesamtgröße bieten beide Verfahren durch Umnutzung von Flächen einen auf die reine Parkstandsanzahl bezogenen Gewinn von ca. 50 % an Parkständen ohne Flächenerweiterung bzw. gegenüber der gleichen Gesamtfläche bei konventionellem Entwurf der Parkierungsanlage.

Grundsätzlich wird bei den Vergleichen der verschiedenen Parkverfahren nur regelgerechtes Parken betrachtet. Parkmöglichkeiten, die aus regelwidrigem Parken resultieren, werden nicht berücksichtigt.

Beim Kolonnenparken gibt der Lkw-Fahrer seine Abfahrtszeit aktiv an einem Terminal an. Das System ermittelt die Länge des Fahrzeugs und weist ihm dann einen geeigneten Parkstand zu, der über Markierungen und Lichtzeichen aufzufinden ist. Beim Kompaktparken wird mithilfe einer Überkopf-Anzeige, die Abfahrtszeit für jede Parkstandsreihe angezeigt. Hier entscheidet der Lkw-Fahrer durch die Auswahl der Parkstandsreihe selbst wo er parkt.

Beim Kolonnenparken wird der Befüllungsgrad jeder Parkstandsreihe durch Vermessung detektiert, wobei diese Sensorik auch die Befolgung der Zuweisung des Parkstandes registriert. Das Kom-

paktparken benötigt mindestens die Belegung des letzten Parkstandes einer Parkstandsreihe.

Die mit der Pilotanlage sowie einer weiteren Installation des Systems Kolonnenparken seit einigen Jahren gesammelten Erkenntnisse müssen adäquat mit dem Kompaktparken noch nachvollzogen werden. Insofern konnten durch den zeitlichen Vorsprung des Kolonnenparkens auch bereits Systemoptimierungen an Hard- und Software vollzogen werden.

Beide Anlagen benötigen eine zentrale Steuerungseinheit lokal auf der Parkierungsanlage oder in einer zentralen Leitstelle. Eine Einbindung dieser in Verkehrsmanagement- und -informationssysteme ist mit entsprechenden Anpassungen auf beiden Seiten möglich. Die erforderlichen Maßgaben hierzu können als bekannt vorausgesetzt werden.

Zu erwähnen ist noch, dass das System Kolonnenparken mit Patent EP1408455A2/A3 rechtlich geschützt wurde und somit zu den üblichen Kosten eines Projektes Kosten für die Nutzung hinzukommen (Rahmenlizenzvereinbarung). Ein ähnlicher Schutz für das durch die BAST entwickelte Kompaktparken besteht nicht, da das Verfahren bereits in der Fachpresse veröffentlicht wurde.

## 3 Grundlagen

### 3.1 Statistische Ergebnisse aus der Literatur

#### 3.1.1 Einfahrtszeiten und Aufenthaltsdauern

In dem Forschungsvorhaben LEERKAMP et al. (2015) wird das Parkverhalten an Rastanlagen und Autohöfen an Bundesautobahnen (BAB) untersucht. Bei den im Detail untersuchten Rastanlagen (RA) handelt es sich um bewirtschaftete RA in einer Größenordnung von 50 bis 140 Parkständen. Dabei ergeben sich folgende Erkenntnisse hinsichtlich der Einfahrtszeit und der Aufenthaltsdauer von Lkw an RA.

In dieser Untersuchung wurde die Aufenthaltsdauer von Lkw zunächst grob in die folgenden Parkzeit-typen unterteilt:

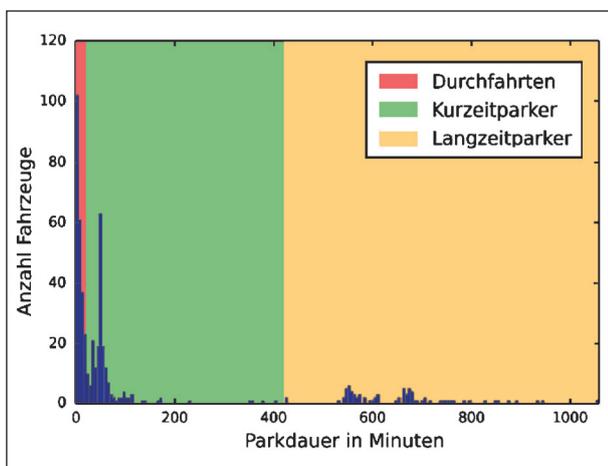
- Durchfahren/Tanken: Standzeit < 20 Minuten,
- Kurzzeitparker: Standzeit zwischen 20 und 60 Minuten,

- Mittelzeitparker: Standzeit zwischen 60 Minuten und 7 Stunden,
- Langzeitparker: Standzeit > 7 Stunden.

Kurzzeit- und Mittelzeitparker wurden anschließend in einer Gruppe zusammengefasst, da in der Gruppe Mittelzeitparker nur äußerst wenige Fahrzeuge enthalten waren (siehe auch Bild 9). Dies geht auch konform mit den gesetzlich verordneten Ruhezeiten: nach 4,5 Stunden Lenkzeit ist eine Lenkzeitunterbrechung von mindestens 45 Minuten erforderlich; die tägliche Ruhezeit liegt i. d. R. zwi-

schen 9 und 11 Stunden, deren Aufteilung in zwei Abschnitte zulässig ist, unter der Bedingung einer Erhöhung auf 12 Stunden und einer Aufteilung auf 3, dann 9 Stunden. Dies scheint nicht attraktiv zu sein. Lkw mit einer Aufenthaltszeit von 3 bis 4 Stunden wurden sowohl in der Untersuchung von LEERKAMP et al. (2015) als auch in der von LÜTTMERTING et al. (2008) nur in marginaler Anzahl beobachtet.

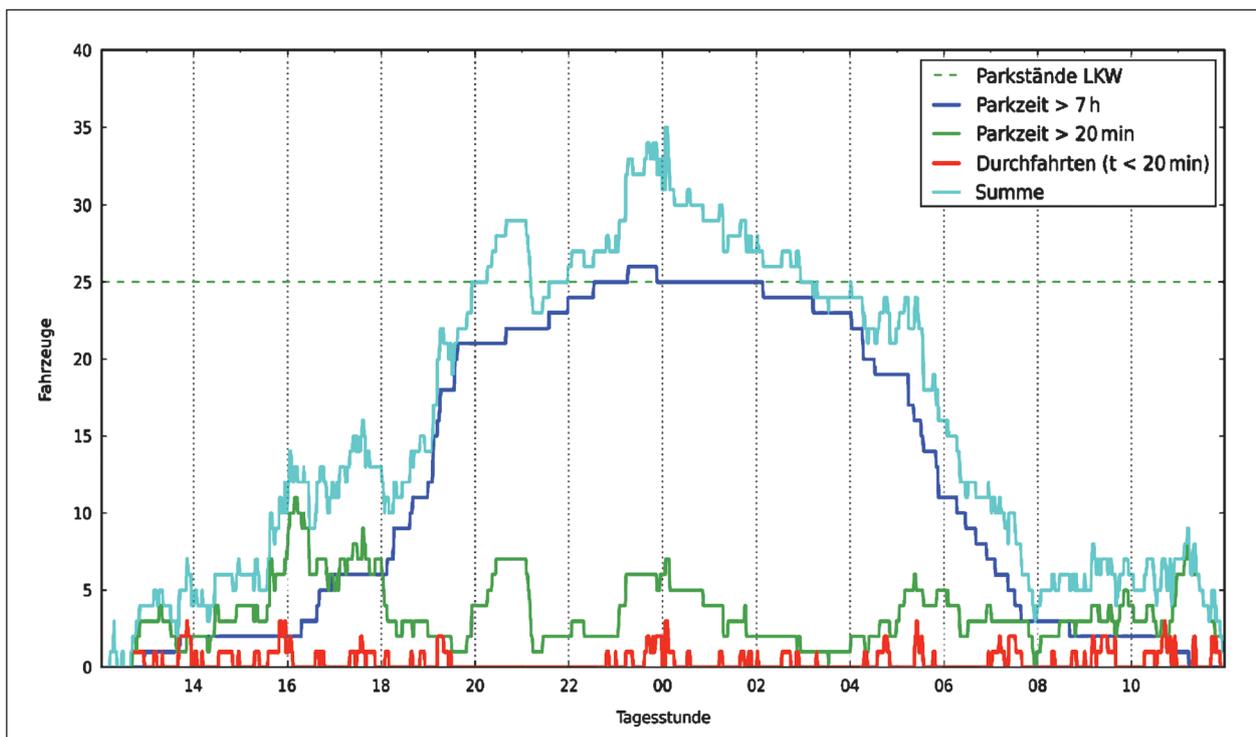
Hinsichtlich der Einfahrzeiten wurden typische Belegungsganglinien auf RA ermittelt und nach Parktypen differenziert (vgl. Bild 10).



**Bild 9:** Exemplarisches Histogramm der Lkw-Parkdauern an einem RA (Quelle: LEERKAMP et al., 2015; Bild 17)

Bild 10 zeigt exemplarisch die Belegungsganglinie für Lkw derselben Rastanlage – getrennt nach Parkdauer. Wesentliche Erkenntnis ist die Aussage: „Der Anteil der Lkw mit einer Standzeit von über 7 Stunden wächst ab 16.00 Uhr stetig an und übersteigt den Anteil der Kurzzeitparker an der Gesamtbelegung sehr schnell. Wie erwartet, sind somit hauptsächlich langzeitparkende Fahrzeuge für die hohe Belegung der Rastanlagen in den Abend- und Nachtstunden verantwortlich.“

Dies bestätigen auch die in Bild 11 dargestellten normierten Einfahrtsganglinien über die Woche. Die Ergebnisse basieren auf zwei Messmethoden (Zählung und FCD-Messung), sind aber fast deckungsgleich.



**Bild 10:** Typische SV-Belegungsganglinie auf einer RA getrennt nach Parktypen (Quelle: LEERKAMP et al., 2015; Bild 18)

Andere Untersuchungen wie LÜTTMERTING et al. (2008) bestätigen diese Ergebnisse (siehe Bild 12).

In dieser Untersuchung wurde eine sehr feine Einteilung der Aufenthaltszeiten vorgenommen (vgl. Bild 13). Trotzdem lässt sich letztendlich die Aufenthaltsdauer in zwei Hauptgruppen unterteilen:

- Standzeit < 2 Stunden (ca. 83 % der Stichprobe),
- Standzeit zwischen 7 und 14 Stunden (ca. 14 % der Stichprobe).

Diese beiden Gruppen decken alleine bereits 97 % der Stichprobe ab.

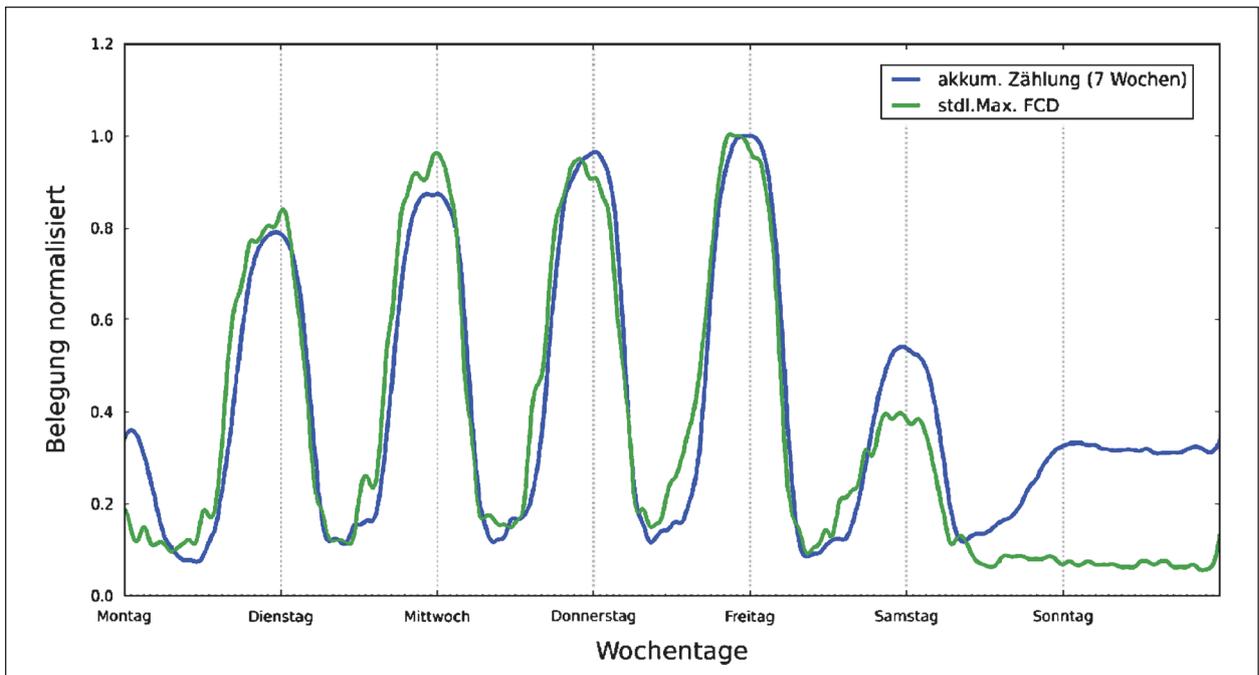


Bild 11: Normierte Wocheneinfahrtsganglinien aus 2 Messmethoden (Quelle: LEERKAMP et al., 2015; Bild 9)

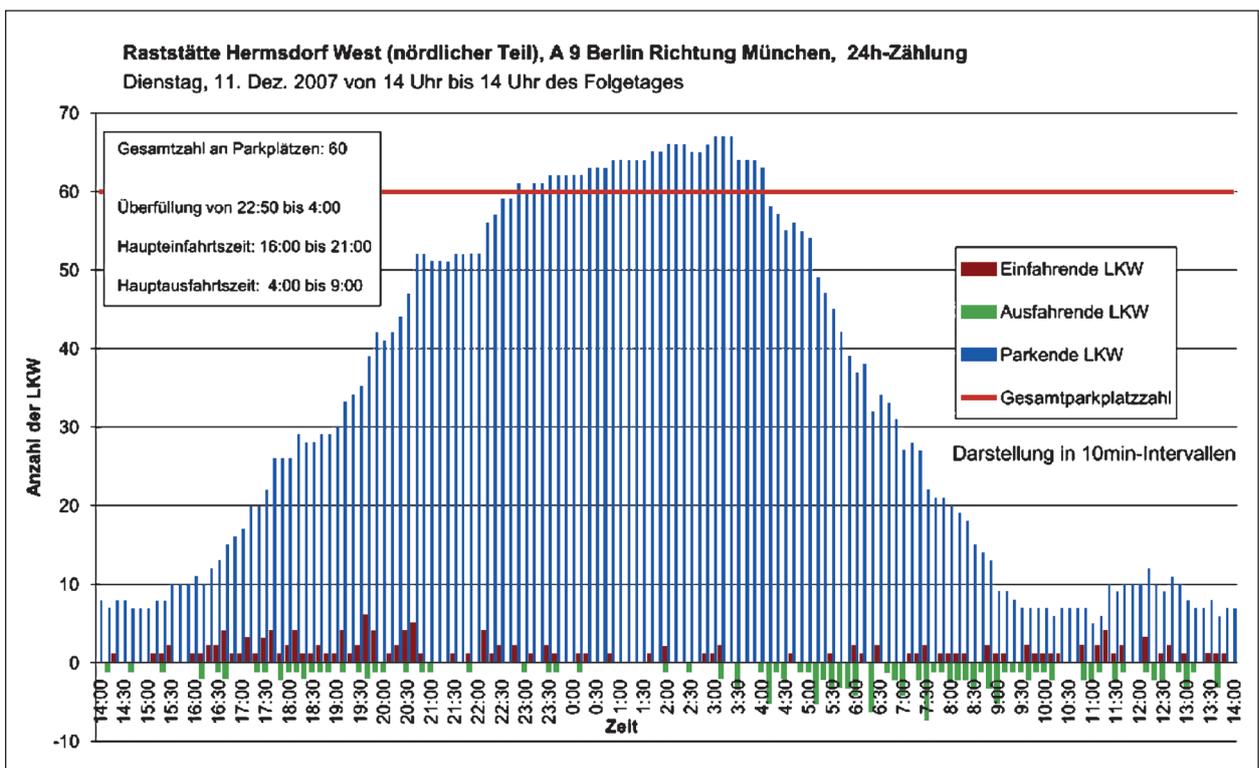
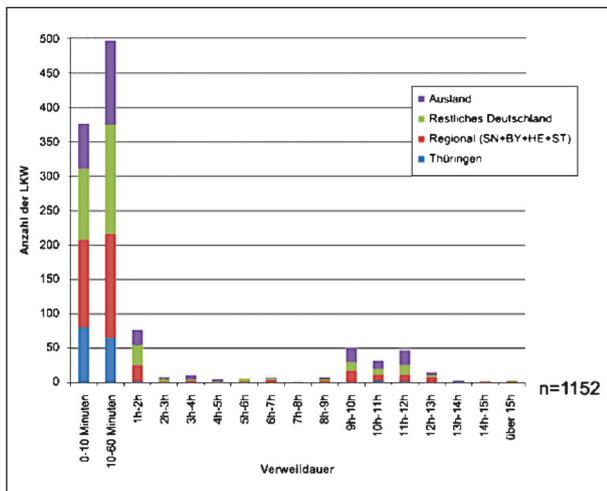


Bild 12: Belegungsganglinie und Ein- und Ausfahrten an einer RA (Quelle: LÜTTMERTING et al., 2008; Bild 4)



**Bild 13:** Aufenthaltsdauer in Abhängigkeit von der Herkunft (Quelle: LÜTTMERTING et al., 2008; Bild 10)

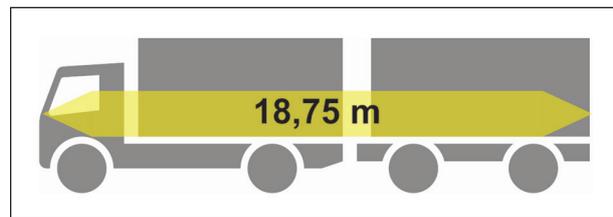
### 3.1.2 Fahrzeuglängen und Platzbedarf

Eine andere wichtige Kenngröße ist die Länge der Lkw. Diese Kenngröße hat unmittelbare Auswirkungen darauf, wie viele Lkw auf einer bestimmten Fläche abgestellt werden können.

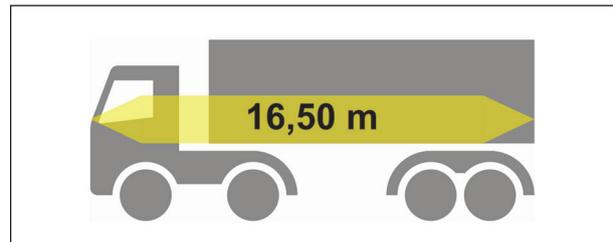
In der Richtlinie 96/53/EG des Rates vom 25. Juli 1996 [Europäischer Rat, 1996] sind folgende maximal zulässige Fahrzeuglängen für den grenzüberschreitenden Nutzfahrzeugverkehr festgelegt, die beachtet werden müssen. Dabei wird vor allem in Gliederzüge und Sattelkraftfahrzeuge unterschieden. Dies geht konform auch mit dem nationalen Recht (StVZO). Laut § 32 Abs. 4 StVZO darf die höchstzulässige Länge bei Fahrzeugkombinationen einschließlich mitgeführter austauschbarer Ladungsträger und aller im Betrieb mitgeführter Ausrüstungsteile 18,75 Meter nicht überschreiten.

Ein Gliederzug besteht aus einem Lkw (Zugmaschine mit Ladefläche) und einem angehängten Anhänger. Gliederzüge dürfen eine maximale Länge von 18,75 Meter nicht überschreiten.

Unter einem Sattelkraftfahrzeug versteht man ein Gespann aus einer Sattelzugmaschine und einem Sattelaufzieger. Dabei wird die Zugmaschine über eine Kupplung mit dem Aufzieger verbunden. Unter Sattelaufzieger versteht man die Fahrgestelle, die von der Sattelzugmaschine gezogen werden. Dabei liegt der Aufzieger auf der Zugmaschine auf. Standard-Sattelaufzieger haben eine Länge von 13,60 Meter. Sattelzüge dürfen eine maximale Länge von 16,50 Meter nicht überschreiten.



**Bild 14:** Maximale Gliederzuglängen (Quelle: PTV Transport Consult GmbH)



**Bild 15:** Maximale Sattelkraftfahrzeuglängen (Quelle: PTV Transport Consult GmbH)

GLAESER (2006) stellt fest, dass trotz des kleineren Laderaums (rund 2 Europaletten) des Sattelzuges im Vergleich zum Gliederzug, vermehrt Sattelzüge zum Einsatz kommen, vor allem Sattelzüge mit zweiachsigen Zugmaschinen und dreiachsigen Sattelaufiegern (über 35 Prozent aller Lkw nach der Auswertung in Bild 16). Ein wichtiger Grund dafür ist das deutlich einfachere Be- und Entladen des Sattelfahrzeugs gegenüber einem Gliederzug.

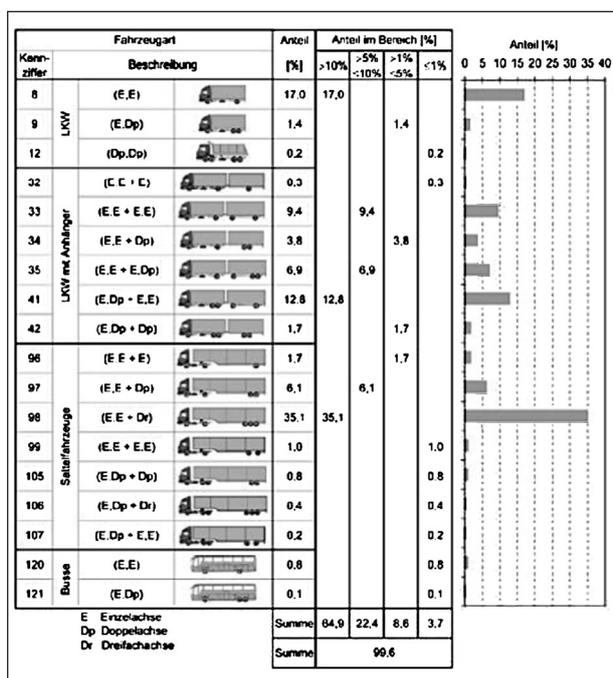
Bild 16 gibt eine Übersicht über die Verteilung der Fahrzeugtypen innerhalb der Nutzfahrzeugflotte an vier Querschnitten im Autobahnnetz.

Es ist deutlich zu erkennen, dass einzelne Typen besonders häufig auftreten. Die drei am häufigsten auftretenden Typen sind

- der einfache Lkw mit Einzelachse vorn und hinten ist mit 17 % vertreten,
- der Lkw mit Anhänger (Gliederzug) in unterschiedlichster Ausführung hinsichtlich der Achsen ist mit 34,9 % vertreten,
- Sattelfahrzeuge auch in unterschiedlichster Ausführung hinsichtlich der Achsen sind mit 45,3 % vertreten.

Es liegt naturgemäß im Interesse der Speditionen, die maximal zulässige Länge von 18,75 m bei Gliederzügen bzw. 16,50 m bei Sattelzügen auszunutzen.

Aus diesem Grund kann davon ausgegangen werden, dass 80 % der Fahrzeuge eine Länge zwi-



**Bild 16:** Verteilung der Fahrzeugtypen nach Auswertung von vier Querschnitten mit Achslastwagen im Bundesautobahnnetz im Jahr 1998 (Quelle: GLAESER, 2006)

schen 16,00 m und 18,75 m aufweisen. Nur bei den restlichen knapp 20 % der Lkw sind kürzere Längen zu erwarten.

Erfahrungswerte der Manns-Ingenieure aus dem Projekt Kolonnenparken gehen von einer Verteilung für die drei Fahrzeugtypen Lkw/Sattelzug/Lastzug von 10 %/70 %/20 % und von einem Platzbedarf dieser Fahrzeugtypen von ca. 12,00 m/18,50 m/21,00 m aus.

### 3.2 Geometriebetrachtungen

Die Hinweise zu Autobahnrastanlagen [BMV, 1999] sehen als Regelabmessungen für Lkw-Parkstände in Schrägaufstellung (50 gon) 3,50 m Breite und 21,95 m Länge vor, wobei mit der Länge die nutzbare Länge gemeint ist. Die tatsächliche Länge ist bei Schrägaufstellung um 3,50 m größer, da innerhalb des Flächentrapezes die spitzen Winkel für die Nutzung entfallen.

Bei richtliniengemäßer Anordnung der Lkw-Parkstände nach konventionellem Lkw-Parkverfahren kann immer nur ein Lkw pro Parkstand aufgestellt werden. Die vom parkenden Lkw genutzte Fläche beträgt somit

$$F = (22,00 \text{ m} + 3,50 \text{ m}) \cdot 3,50 \text{ m} = 89,25 \text{ m}^2$$

Auf diesem Parkstand können entweder ein Lastzug oder ein Sattelzug oder zwei Lkw parken.

Als Fahrgassenbreite wird gemäß [BMV, 1999] mindestens 6,50 m gefordert.

Bei der Umnutzung eines konventionell markierten Lkw-Parkplatzes in einen Parkplatz mit besonderen Parkverfahren wurden bisher zwei hintereinanderliegende Parkstandsharfen unter Verzicht auf die dazwischenliegende Fahrgasse so ummarkiert, dass Parkstandsreihen entstanden, die i. d. R. gleichzeitig von drei Lkw als Stellplatz genutzt werden können. Die Länge einer solchen Parkstandsreihe ergibt sich aus den geometrischen Gesichtspunkten – je nach Breite der vorhandenen Fahrgasse, die umgenutzt wird, – mindestens mit

$$L = 2 \cdot (22,00 \text{ m} + 3,50 \text{ m}) + 6,50 \cdot 2^{1/2} = 60,20 \text{ m}$$

Bei einer Fahrgasse mit mehr als 6,50 m Breite verlängert sich dieses Maß entsprechend.

Die nun zur Verfügung stehende Fläche beträgt:

$$F = 60,20 \text{ m} \cdot 3,50 \text{ m} = 210,70 \text{ m}^2$$

Auf dieser Fläche können z. B. drei Sattelkraftfahrzeuge parken. Hierdurch ist der Flächenverbrauch pro Fahrzeugeinheit von 89,25 m<sup>2</sup> auf 70,23 m<sup>2</sup> zurückgegangen. Dies ist die Mindestverbesserung, die durch telematisches Parken erreicht werden kann. Weitere Flächeneinsparungsmöglichkeiten bestehen durch die Umnutzung mittlerer Fahrgassen sowie den Rückbau von Verkehrsinseln, Grünflächen oder Fahrgassen zur Verbindung von Parkstandsharfen wie z. B. Rotunden. Da die Flächeneinsparungsmöglichkeiten in starkem Maße von der Geometrie des vorhandenen oder erworbenen Geländes abhängen, muss jeder Fall einzeln betrachtet werden; pauschalisierte Aussagen sind nicht möglich.

Eine wichtige Möglichkeit ist die Ausnutzung der vorhandenen Längen der Parkstandsreihen. So kann beim Kolonnenparken eine Parkstandsreihe von beispielsweise 53,50 m von drei Sattelzügen, eine Parkstandsreihe von beispielsweise 55,75 m von zwei Sattelzügen und einem Gliederzug genutzt werden. Aufgrund der Zusammensetzung des Kollektivs und der Kenntnis der Länge ergeben sich somit Spielräume für die Planung und für die Ausnutzung der vorhandenen Parkstandsreihen.

Im Weiteren wird deshalb von fiktiven Parkständen gesprochen, da ihre Anzahl nicht exakt bestimmt

werden kann: so können sich durchaus auch vier kleinere Lkw in eine solche Parkstandsreihe stellen oder es kann der Fall auftreten, dass die Lkw nicht nahe genug aufschließen und letztendlich nur zwei Lkw die Parkstandsreihe nutzen.

Theoretisch wäre auch eine Verlängerung der Parkstandsreihe über mehr als eine Fahrgasse hinweg möglich. Ebenso wäre es möglich bei Neubau Parkstandsreihen mit größeren Längen einzurichten. Die praktischen Auswirkungen bei größeren Längen der Parkstandsreihen müssten allerdings erst in einem weiteren Pilotprojekt getestet werden.

Der Einsatz von Längsparkständen für Lkw ist für eine Verdichtung nicht sinnvoll.

### 3.3 Anforderungen an ein telematisches Lkw-Parkverfahren

Das Kernziel von telematischen Lkw-Parkverfahren liegt in der Erhöhung der Parkraumkapazität und in der Vermeidung von regelwidrigem Parken. Dies soll durch Verdichtung der parkenden Lkw auf der zur Verfügung stehenden Fläche erreicht werden. Diese Verdichtung wird durch zwei Punkte erreicht:

- durch Umstrukturierung des gesamten Parkplatzes und Umnutzung von Fahrgassen in Parkflächen und
- durch die Auflösung der fest definierten Parkstände in Parkreihen, in denen die Lkw sich dichter aufstellen können.

Durch den ersten Punkt entfallen weitere Verkehrsflächen (Rotunden etc.); die parkenden Fahrzeuge müssen deshalb so angeordnet werden, dass sie beim Abfahren nicht rangieren müssen. Diese Sortierung der Lkw beim Parken wird durch ein telematisch arbeitendes System übernommen. Theoretisch könnte diese Aufgabe auch von Wachpersonal wahrgenommen werden.

Die wichtigsten Kenngrößen zur Beschreibung eines Lkw-Parkverfahrens sind auf der Nachfrageseite die Einfahrtsganglinien und die Aufenthaltsdauern und auf der Angebotsseite die vorhandene Stellfläche bzw. Parkstände. Letzteres hängt in starkem Maße von den Abmessungen der Fahrzeuge ab.

Beim konventionellen Parken stehen dem Lkw Parkstände mit einer Länge von ca. 22 m zur Verfüg-

ung. Damit auf der gleichen Fläche mehr Fahrzeuge parken können, werden in den beiden telematischen Parkverfahren die Fahrzeuge möglichst dicht an dicht aufgestellt, damit möglichst wenig Stellfläche ungenutzt bleibt.

Bei Verwendung von telematischen Lkw-Parkverfahren kommt der Zuordnung der ankommenden Lkw auf einen für ihre Bedürfnisse (Parkdauer und Abfahrtszeitpunkt) optimalen Parkstand sowie der Führung zu diesem Parkstand eine wichtige Funktion zu.

Im Falle des Kolonnenparkens wird die Zuordnung durch Anmeldung des Fahrers am Terminal und Bekanntgabe seiner gewünschten Aufenthaltsdauer vom System übernommen. Die Führung erfolgt durch seitlich angebrachte Schilder mit Reihennummern sowie durch auf der Fahrgasse aufgebrachte Reihennummern.

Im Falle des Kompaktparkens besteht für den Lkw-Fahrer die eigenständige Wahl der Parkstandsreihe, wobei jeder Parkstandsreihe eine bestimmte Abfahrtszeit zugeordnet ist. Durch die Wahl der Reihe gibt der Lkw-Fahrer seine Mindestparkdauer kund. Die Führung wird von Wechselverkehrszeichen übernommen, die die Abfahrtszeiten wiedergeben. Die Reihenummer wird beim Kompaktparken nicht zwingend benötigt.

Aus diesen Bedingungen ergeben sich die folgenden grundsätzlichen und verfahrensspezifischen Anforderungen an ein telematisches Lkw-Parkverfahren:

1. kürzest möglicher Realisierungszeithorizont (Projektfertigstellungszeitpunkt) für neuen bzw. zusätzlichen Parkraum,
2. Schaffung möglichst vieler Parkstände auf einer Parkierungsanlage,
3. Umnutzung von Fahrgassen zu Parkständen bzw. Vermeidung unnötiger Fahrgassen,
4. minimaler Flächenverbrauch pro benötigtem Lkw-Parkstand unter Berücksichtigung der Längenverteilung,
5. effiziente Führung der Nutzer zur Minimierung des Parksuchverkehrs,
6. Messung der Belegung der Parkstände zur Datengewinnung und Steuerung,
7. Berücksichtigung der Ruhezeiten bei der Organisation des Parkverfahrens,

8. Berücksichtigung der Fahrzeuglängen zur Optimierung der Restkapazitätsverwendung (nur Kolonnenparken),
9. Erfassung der geplanten Abfahrtszeiten der parkenden Fahrzeuge zur Auslastungsoptimierung (nur Kolonnenparken),
10. aktive Zuweisung von Parkständen an die Nutzer zur Optimierung der Auslastung/Kapazitätsverwendung (nur Kolonnenparken),
11. Verständlichkeit/Einfachheit der Bedienung/ Benutzungs,
12. Erreichung eines großen Befolgungsgrades der Parkstandszuweisung bzw. der angebotenen Abfahrtszeiten zur Gewährleistung optimaler Kapazitätsverwendung,
13. hohe technische Systemverfügbarkeit,
14. sichere Vermeidung des Blockierens der vorderen Stellplätze in Parkstandsreihen (diese Blockade kann entstehen, wenn die vorderen Fahrzeuge einer Parkstandsreihe diese nicht zur vorgesehenen Abfahrtszeit verlassen haben und noch andere Fahrzeuge dahinter in der Reihe stehen),
15. Rückfallebene bei Systemausfall vorhanden,
16. gute Fehlertoleranz gegen Fehlbenutzung (z. B. wie geht das System damit um, wenn ein Nutzer sich nicht verfahrenskonform verhält).

### 3.4 Einsatzgrenzen

Hinsichtlich der Einsatzgrenzen von besonderen Parkverfahren kann Folgendes festgehalten werden.

Geometrische Einsatzgrenzen können mithilfe des Berechnungstools nicht festgelegt werden. Es werden deshalb hier nur theoretische Überlegungen dargestellt, die Gründe für den Einsatz von besonderen Parkverfahren nicht sinnvoll erscheinen lassen.

Bei Anlagen mit einharfigen Parkstandsreihen mit einer gängigen Harfentiefe von 18 m ist der Einsatz von besonderen Parkverfahren aus geometrischen Gründen nicht sinnvoll. Die Breite einer Parkstandsharfe muss mindestens 45 m betragen, damit innerhalb der Harfe eine Parkstandsreihe von 60,20 m Länge realisiert werden kann, auf der 3 Gliederzüge

parken können (vgl. Kapitel 3.2). Natürlich sind theoretisch auch Parkstandsreihen von ca. 45 m Länge möglich (das würde für zwei Gliederzüge ausreichen). Der zusätzliche telematische Aufwand wäre jedoch der gleiche wie für die Parkstandsreihen für drei Gliederzüge; dies würde sich negativ auf die Wirtschaftlichkeit auswirken.

Bei der Überlegung für Einsatzgrenzen nach oben müssen die Wegelängen für die Lkw-Fahrer zu den Versorgungs- und Sanitäreinrichtungen berücksichtigt werden.

Bei Erweiterungen von Parkanlagen ist darauf zu achten, dass der Geländezuschnitt der neu zugekauften Fläche für besondere Parkverfahren anders ist, als für das übliche Fischgrätenmuster. Bei den besonderen Parkverfahren ist die erforderliche Fläche eher trapezförmig, während bei der konventionellen Anordnung von Parkstandsharfen beidseits der Fahrgasse am Ende der Fahrgasse eine trichterförmige Fläche übrigbleibt, die i. d. R. als Verkehrsinsel ausgebildet wird.

Im Gegensatz zum Umbau besteht bei Neubau eher die freie Wahl der Länge der Parkstandsreihe. Hier besteht die theoretische Möglichkeit auch längere Parkstandsreihen zu realisieren, die von mehr als drei Sattelkraftfahrzeugen oder Gliederzügen beparkt werden können.

## 4 Bewertungsverfahren

### 4.1 Strukturierung der Kosten und Nutzen

Die Strukturierung der Kosten und Nutzen muss so erfolgen, dass die Entwicklung des Berechnungstools sinnvoll unterstützt wird und eine transparente sowie zugleich flexible Darstellung der verschiedenen Verfahren konventionelles Parken (Neubau oder extensive Parkraumerweiterung), Kompaktparken und Kolonnenparken möglich wird.

Zudem ist es wesentlich, dass die Kosten- und Nutzenkomponenten vollständig erfasst werden. Für die Kostenkomponenten bietet es sich dazu an auf Gliederungen, wie sie auch in entsprechenden Richtlinien genutzt werden, zurückzugreifen.

Grundsätzlich sind Kosten- und Nutzenkomponenten so zu gliedern und zu synthetisieren, dass sie als Endergebnis der Bewertung zu einer einheit-

lichen Aussage zusammengeführt werden können. In Analogie zu anderen Bewertungsverfahren für Infrastrukturanlagen ist es daher günstig, ein entsprechendes Punktesystem einzuführen. Dieses wird dann auch direkt im Berechnungstool abgebildet. Dadurch wird es sowohl möglich, die jeweiligen Summen der Kostenkomponenten der einzelnen Verfahren gegenüberzustellen als auch eine Gegenüberstellung der Summen der Nutzenkomponenten zu erzeugen. Auch ein Vergleich der Verfahrensarten insgesamt gegeneinander wird durch diese Strukturierung durchführbar.

## 4.2 Kostenkomponenten

### 4.2.1 Struktur der Kostenkomponenten

Die Kostenkomponenten für die verschiedenen zu betrachtenden Verfahren extensive Parkraumerweiterung, Kolonnenparken und Kompaktparken teilen sich auf die folgenden Bereiche auf:

- Planungs- und Projektmanagementkosten,
- Grunderwerbskosten,
- Baukosten (Tiefbau/Telematiksystem),
- Betriebskosten (Betrieb/Instandhaltung),
- Erneuerungskosten (Telematiksysteme).

Um diese zu strukturieren, wurde zunächst die Gliederung der AKVS 2014 [BMVI, 2014] herangezogen. Die AKVS berücksichtigt die Planungs- und Projektmanagementkosten sowie die Kosten der Instandhaltung jedoch nur bedingt in der für das vorliegende Projekt umfänglich geeigneten Weise. Daher wurde die Gliederung einerseits um die Kosten der Planung und Instandhaltung ergänzt. Andererseits erfolgte teilweise eine Zusammenfassung der Kosten für Unter- und Oberbau zur Verbesserung der Übersichtlichkeit der Tabellen und des Bewertungstools im Rahmen der Hauptgruppe (HG) 5. Zudem wurde die Gliederung um die Instandhaltungs- und Erneuerungskosten für telematische Komponenten erweitert.

Zur Abrundung der Kostenbetrachtung wurden auch die Kosten der Genehmigungsverfahren in Bezug auf die Herstellung von Baurecht aufgenommen, wobei hiermit nicht die im Zuge der Planungen der Anlagen üblichen Kosten bezeichnet werden sondern insbesondere die über die verkehrsrechtlichen Genehmigungen hinausgehenden Geneh-

migungsverfahren wie Planfeststellung und Umweltverträglichkeitsprüfungen, welche jedoch im Regelfall nur bei Neubauten und bei über die Eigentumsgrenzen hinausgehenden umfangreichen Erweiterungen notwendig werden.

Die gesamte Kostenbetrachtung ist damit vor allem auch so kompakt gestaltet, wie die Genauigkeit der Kostenschätzung im Projektstadium der Toolanwendung potenziell zu erwarten ist.

### 4.2.2 Aufstellung der Kosten

Die gesamten Kostenpositionen wurden tabellarisch zusammengestellt und sind in Anhang 1 niedergelegt.

Die Grunderwerbskosten (HG 1) wurden als eine Position gefasst. In diese sind auch alle üblichen Nebenkosten des Grunderwerbs wie beispielsweise Vermessung und Notarkosten einzurechnen.

Für die Kosten der Verkehrssicherung (HG 2) wurden zwei Positionen vorgesehen:

- einmalige (pauschalierte) Kosten für den Auf- und Abbau und
- eine Tagespauschale für die Dauer der Baustelle,

sodass eine Darstellung von Kostenunterschieden in Abhängigkeit von Größe und Dauer der Maßnahme möglich ist.

Die Baustelleneinrichtung (HG 3) wird als Prozentwert der Baukosten ermittelt.

Im Bereich Erdbau (HG 4), der nach AKVS 2014 auch den Unterbau enthält, wurden Aggregationen vorgenommen, um die Übersichtlichkeit auch im Berechnungstools wirksam zu unterstützen. Damit ergeben sich Untergliederungen nach vorbereitenden Arbeiten, Erdbewegung und Wasserhaltung/Entwässerung sowie der Tiefbau für Kabel und Leitungen. Im Unterbereich der Wasserhaltung/Entwässerung sind sowohl die Anlagen der Wasserhaltung während der Bauzeit als auch für die neu erstellte oder umgebaute Parkieranlage verankert.

Für die Gliederung des Oberbaus (HG 5) wurden wie bereits beschrieben für die Herstellung der eigentlichen Verkehrsflächen auf dem durch den Erdbau (HG 4) vorbereiteten Gelände Unter- und Oberbau zu Oberflächen und Einfassungen zusam-

mengefasst dargestellt. Diese Vereinfachung wird möglich, da die zu erwartenden Varianten, welche zum Einsatz kommen, gut einschätzbar sind. Erfahrungen zeigen zudem, dass sich Unterbauten für Asphalt- und Betonoberflächen kostenmäßig nicht in für das vorliegende Projekt relevanter Größenordnung unterscheiden.

Für Borde und Rinnen (Einfassungen) wurde zusätzlich zur konventionellen Bauweise eine Variante zur Montage auf fertigen Oberflächen hinzugenommen, welche sich vor allem für schnell umzusetzende Maßnahmen eignet und ggf. auch temporär zum Einsatz kommen kann. Dementsprechend wurde auch die Herstellung der entsprechenden Oberfläche in diesen Inseln als Position berücksichtigt. Auch eine ggf. erforderliche Maßnahme für die Senkung der Geschwindigkeit auf der Parkierungsanlage wurde unter „Besondere Oberflächen“ mit aufgenommen.

Die Hauptgruppe der Ingenieurbauwerke (HG 6) ist vorrangig für den Neubau relevant. Im Regelfall kommt die Parkierungsanlage ohne Ingenieurbauwerk aus. Die Hauptgruppe wurde aber zur Vervollständigung der Darstellung berücksichtigt und das Brückenbauwerk kann zum Einsatz kommen, wenn beispielsweise eine neue Parkierungsanlage gegenüber eines bestehenden Tank- und Rasthofes errichtet wird, aber auf der neuen Parkierungsanlage keine entsprechende Bewirtschaftung vorgesehen ist.

Die Positionen des Landschaftsbaus (HG 7) sind insbesondere bei Neubauten für die Komplettierung der Randbereiche der Anlagen und für Ausgleichsmaßnahmen erforderlich. Daher wurden diese auf die im weiten Sinne mit der Gestaltung der Bepflanzung erforderlichen Positionen bezogen und in den eigentlichen Landschaftsbau und die Pflanzenlieferungen aufgeteilt.

Der umfangreichste Bereich ist projektgemäß bei der Kostenstrukturierung beim Vergleich von baulichen und Telematik-Maßnahmen der Ausstattung (HG 8). Hierunter fallen faktisch alle Aufbauten auf der Oberfläche sowie die erforderlichen unterirdischen/eingebauten Anlagenteile der Telematiksysteme.

Der Bereich der Ausstattung (HG 8) weist, wie die anderen Bereiche, Untergliederungen gemäß den Kurzbeschreibungen des Bereiches in den AKVS 2014 auf. Zudem wurden diese für die mit den Telematiksystemen in Zusammenhang stehenden Kos-

ten gegliedert. Im Unterbereich der Zäune sind nicht nur die üblichen Einfriedungen der Parkierungsanlage gegen Wild und missbräuchliche Nutzung der Verkehrsanlage berücksichtigt, sondern auch Elemente der Abgrenzung von Flächen innerhalb der Anlage. Die Fahrzeugrückhaltesysteme wurden auf die üblicherweise notwendigen Systeme beschränkt. Soweit bei Neubauvorhaben besondere Erfordernisse absehbar sind, sind die Kosten der einzelnen Positionen entsprechend anzupassen und zu kommentieren.

Die Beschilderung weist die erforderlichen Beschilderungen für den Neubau einer Parkierungsanlage aus, welche an der Strecke als auch auf der Anlage selbst erforderlich ist. Im Fall von Umbauten von Parkierungsanlagen ist die Beschilderung an der Strecke im Regelfall vorhanden und damit nicht anzusetzen. Speziell auf die Telematiksysteme zugeschnittene Elemente der Beschilderung sind in deren Unterbereich dargestellt. Bei der Fahrbahnmarkierung wurde auf die endgültige Markierung der Anlagen abgestellt. Eventuell bei Neuanlagen erforderliche Vormarkierungen sind, sofern notwendig durch Anwahl des maximalen Preises zu berücksichtigen.

Die Kabelverlegung innerhalb der Ausstattung (HG 8) fasst die notwendigen Tiefbauarbeiten, die anlagentechnischen Komponenten der Kabelanlage für die Telematiksysteme sowie im Falle von konventionellen Anlagen der Verkabelung der Beleuchtung zusammen.

Im Abschnitt zur Beleuchtung werden die notwendigen Elemente der Infrastruktur zur Beleuchtung einer Parkierungsanlage zusammengefasst. Spezielle Beleuchtungen für die Telematikanlagen sind bei diesen angesiedelt.

Für das System Kompaktparken wurde, wie für das Kolonnenparken, jeweils ein eigener Abschnitt der Kosten innerhalb der Ausstattung geschaffen, auch wenn die Telematiksysteme teilweise gleiche Komponenten aufweisen. Dies erleichtert die Zuordnung zu den einzelnen Varianten und später eine einfache Darstellung im Berechnungstool.

Auf immer mehr Parkierungsanlagen werden auch Videosysteme eingesetzt, z. B. zur Überwachung des Betriebs der Telematiksysteme. Auch wenn diese unabhängig von den Telematikanlagen sind und nicht mit ihnen integriert werden, sollen sie für neue Anlagen optional in den Kostenkomponenten berücksichtigt werden. Daher wurde auch hierfür

ein Kostenbereich in der HG8 erstellt. Das Videosystem bietet Kontrollmöglichkeiten für das Telematiksystem und unterstützt dessen Betrieb sowie bei Bedarf sicherheitstechnische Belange der Anlagen.

Für alle Anlagen der Telematiksysteme bzw. unterstützender Systeme wie die Bilanzierung sind auch Positionen für die Einbindung in Zentralen vorgesehen, was zur Umsetzung moderner Betriebskonzepte erforderlich ist. Die Kosten dafür schwanken sehr stark in Abhängigkeit von den bestehenden Zentralen. Daher ist hier bei der Auswahl der Kosten besondere Sorgfalt und Recherche bei der projektbezogenen Toolanwendung erforderlich.

Die Hauptgruppe der Sonstigen besonderen Anlagen und Kosten (HG 9) umfasst alle in den vorstehenden Hauptgruppen nicht berücksichtigten Kosten zusammen und ist dementsprechend variabel in ihren Inhalten.

In diesen Bereich fanden die gesamten Planungskosten sowie die Kosten von Genehmigungsverfahren Eingang. Kosten für Anlagen für Parkwächter, wie in den Pilotanlagen teilweise vorhanden wurden nicht berücksichtigt, da die Anlagen a priori unbeaufsichtigt arbeiten sollen. Ebenso wurden die Energieanschlusskosten hier berücksichtigt, in welche auch entsprechende Anschlussgebühren einzurechnen sind.

Nachdem aus derzeitiger Sicht das Telematiksystem Kolonnenparken Lizenzzahlungen erfordert, wurden diese ebenfalls in den Sonstigen besonderen Anlagen und Kosten eingeordnet.

Zusätzlich zu den Hauptgruppen nach AKVS wurde ein weiterer Kostenbereich eingeführt, welcher die laufenden Kosten beinhaltet. Mit diesem Bereich wird eine Betrachtung aller Lebenszykluskosten der Anlagen möglich. Die hierfür absehbaren Kosten sind Energiekosten, welche auch für die Parkierungsanlagen ohne Telematiksystem anfallen (Beleuchtung) sowie ggf. für das System Kolonnenparken zu entrichtende Lizenzzahlungen. Kosten für eine personelle Betreuung der Anlage (Parkwächter) wurden wegen der Zielstellung automatischer Systeme autark zu arbeiten nicht berücksichtigt, auch wenn dies pilothaft der Fall war oder ist. Die Instandhaltungs- und Erneuerungskosten des Telematiksystems sind Hauptbestandteil dieser Kostengliederung.

#### 4.2.3 Basis und Grenzen der Kostenermittlung

Alle für die Betrachtung im Rahmen der Bewertung erforderlichen Kostenkomponenten erfordern eine Quantifizierung. Diese erfolgt als Kostenschätzung. Dabei stützt sich diese Kostenschätzung auf folgende Datenquellen:

- Eine Kostenfortschreibung für das Pilotprojekt Kompaktparken an der Tank- und Rastanlage BAB A 3 Jura-West unter Berücksichtigung zu erwartender Veränderungen an künftigen Systemen dieser Art, welche durch die BAST bzw. den Errichter der Pilotanlage bekannt gegeben wurden.
- Beim Verfasser des vorliegenden Berichtes bekannte Tiefbaukosten aus eigenen und ihm bekannten Objektplanungen.

Die zeitliche Basis der Kostenschätzungen bildet das Jahr 2016. Sofern das Berechnungstool zu einem Zeitpunkt angewendet werden soll, zu dem sich die Kosten deutlich geändert haben, sollte dies bei der Auswahl der Einzelpreise berücksichtigt werden.

Die Tabelle der Kostenkomponenten weist zu jeder Position drei Werte aus:

- Minimalwert,
- Maximalwert,
- Mittelwert.

Die Angabe eigener, jeweils projektbezogener Werte für die Bewertung ist möglich.

Der Minimalwert bezieht sich auf günstige Projektverhältnisse. Diese werden insbesondere beschrieben durch:

- große Lagegunst des Projektgebietes in oder nahe Ballungsräumen,
- Einbettung der Tiefbaumaßnahmen in größere Maßnahmen im lokalen Kontext oder große Lagegunst des Projektgebietes zu Tiefbaulieferanten,
- Einbettung der Telematikanlagen in größere Maßnahmen im lokalen Kontext oder große Lagegunst des Projektgebietes zu Lieferanten,
- Wettbewerbsdruck auf die geeigneten ausführenden Hersteller (Tiefbau und Telematiksysteme),

- günstige Rohstoffpreissituation.

Der Maximalwert ist durch ein dem Minimalwert gegenteiliges Projektumfeld gekennzeichnet:

- geringe Lagegunst des Projektgebietes weit außerhalb von Ballungsräumen,
- Alleinstellung der Tiefbaumaßnahmen und/oder sehr geringe Lagegunst des Projektgebietes zu Tiefbaulieferanten,
- fehlende Einbettung der Telematikanlagen in größere Maßnahmen im lokalen Kontext und/oder sehr geringe Lagegunst des Projektgebietes zu Lieferanten,
- fehlender Wettbewerbsdruck auf die geeigneten ausführenden Hersteller (Tiefbau und Telematiksysteme),
- hohe Rohstoffpreise.

Der arithmetisch gebildete Mittelwert stellt im Wesentlichen die zu erwartende Situation dar und wird im Tool als Standardwert verwendet.

Die Schätzung der Preise mit Minimal- und Maximalwerten sowie die aufgezeigten Differenzen zwischen diesen Werten zeigt die einer solchen Schätzung immanenten Unsicherheiten. Diesen ist damit zu begegnen, dass bei der Festlegung der Kosten im Zuge der Bewertung die Rahmenbedingungen des potenziellen Projektes genau eruiert und berücksichtigt werden. Insbesondere sind folgende Umstände zu würdigen, welche zu sehr niedrigen Kosten der jeweiligen Kostenkomponenten führen können:

- Tiefbau  
Neubau der Parkierungsanlage erfolgt parallel zum Neubau oder einer grundhaften Sanierung der Strecke: Baustellen- und Verkehrssicherungskosten entfallen; Tiefbaueinzelkosten (Einzelpreise) werden durch in Relation zur Parkierungsanlage übergroße Gesamtmengen erheblich verringert. Dies gilt auch für den Landschafts- und Ingenieurbau!
- Telematiksystem  
Systemerrichtung im Zuge von Neubau oder grundhafter Sanierung der Strecke: Baustellen- und Verkehrssicherungskosten entfallen; Tiefbaueinzelkosten – auch z. B. solche für Kabelanlagen – werden durch Tiefbaufirmen auf der Baustelle vor Ort erheblich geringer. Auch für

den Fall dass die Anlage von einem Errichter zeitgleich mit einer weiteren Telematikanlage im Projektgebiet oder unmittelbar daneben zusammen errichtet werden kann, führt zu Preisabschlägen, da der Errichter größere Liefer- und Leistungsmengen umschlagen kann.

Zu dementsprechend sehr hohen Kosten kann es bei folgenden Konstellationen kommen:

- Tiefbau  
Neubau der Parkierungsanlage erfolgt allein als Maßnahme in einem großen Gebiet ohne weitere Maßnahmen. Dazu ist für den Neubau einer großen Parkierungsanlage ohne hinreichende Nähe eines Baustofflieferanten für den Tiefbau ein Mischwerk vor Ort erforderlich, welches bereits allein sechsstellige Einrichtungskosten verursacht. Dies gilt auch für den Landschafts- und Ingenieurbau! Weiterhin können außergewöhnliche Bodenverhältnisse jederzeit stark von der Schätzung abweichende Kosten verursachen.
- Telematiksystem  
Für den Fall, dass ein Projekt fernab von Ballungsräumen bzw. dem Sitz des Errichters liegt, sind hohe Transportkosten zu berücksichtigen. Kommt hierzu noch eine für den Auftraggeber ungünstige Wettbewerbssituation hinzu, besteht die Gefahr, über dem im gegenständlichen Projekt angesetzten Maximalpreis kaufen oder das Projekt zurückstellen zu müssen.

Die Preise für das Telematiksystem Kompaktparken sind zunächst aber als eher konservativ angesetzt zu betrachten, da bisher über das Pilotvorhaben hinaus keine weiteren Anlagen realisiert oder angeboten wurden. Im Fall des Kolonnenparkens gibt es bereits mehrere Anlagen und Projekte, sodass eine erste Preisnivellierung als gegeben betrachtet werden kann. Generell sind die entsprechenden Systeme aber noch selten und daher ist bei beiden ein Potenzial für die Kostenreduktion anzunehmen, welches dazu führen sollte, dass auch unter ungünstigen Bedingungen die geschätzten Kosten der Komponenten für die Telematik nicht überlaufen werden sollten.

Abschließend ist noch festzuhalten, dass die Kosten für Grunderwerb und Genehmigungsverfahren – insbesondere bei erforderlicher Bürgerbeteiligung – als ausgeprägt volatil einzuschätzen sind. Hier spielt insbesondere die Lage in Ballungs-

räumen eine wesentliche Rolle, sodass die in der vorliegenden Untersuchung angesetzten Preise nur als erste Anhaltspunkte zu verstehen sein sollten.

#### 4.2.4 Lebensdauerkosten

Die Kosten der Anlagen über die gesamte Lebensdauer sind primär durch die einmaligen (Errichtungs-)kosten und die laufenden Kosten des Betriebes und der Instandhaltung definiert. Die Lebensdauer der einzelnen Anlagenkomponenten geht insofern in die Berechnung der Kosten ein, dass die Lebensdauer der Komponenten als ihre Abschreibungsdauer angesetzt wird.

### 4.3 Nutzenkomponenten

Als Wirkungen eines Lkw-Parkverfahrens werden folgende Effekte angesehen:

- Erhöhung des Parkstandsangebots,
- Reduzierung der Falschparker,
- Verringerung des Parksuchverkehrs,
- Verbesserung der Verkehrssicherheit,
- effektivere Auslastung des Parkraums,
- eventueller Zeitgewinn bei der Errichtung der Telematikanlage gegenüber dem konventionell bewirtschafteten Parkraum.

### 4.4 Methodik des Bewertungsverfahrens

Da sich viele Nutzenkomponenten eines Lkw-Parkverfahrens nicht direkt monetarisieren lassen, wird für den Zweck der vergleichenden Bewertung der Lkw-Parkverfahren ein formalisiertes Bewertungsverfahren eingesetzt. Diese Verfahren werden häufig für komplexe Vorhaben verwendet, bei denen verschiedenen Komponenten zum Einsatz kommen, deren Abwägung der Vor- und Nachteile durch eine reine monetäre Bewertung nicht ausreichend Rechnung getragen werden kann.

Um zu einer detaillierten, nachvollziehbaren und transparenten Bewertung zu gelangen, wird das nachfolgend beschriebene Bewertungsverfahren eingeführt. Die wesentlichen Schritte dabei sind:

1. Definition von technischen Alternativen.
2. Bewertung der Alternativen
  - a) Gewichtung der Anforderungen,
  - b) technische Bewertung.
3. Kosten und Nutzen
  - c) Ermittlung der Kosten für jede Alternative,
  - d) Ermittlung der Kosten-Nutzen-Verhältnisse für jede Alternative.

Das Verfahren besteht aus einem nutzwertanalytischen Ansatz, der Komponenten von Nutzen-Kosten-Untersuchungen enthält. Der Ansatz orientiert sich am Bewertungsverfahren zum aktuellen Bundesverkehrswegeplan (BVWP) 2030 [PTV et al., 2016].

Das BVWP Verfahren besteht aus einem Modul der Nutzen-Kosten-Analyse, das um nutzeranalytische Komponenten zur umwelt- und naturschutzfachlichen Beurteilung, zur raumordnerischen Beurteilung und zur städtebaulichen Beurteilung ergänzt wird. Damit ist in der vorliegenden Untersuchung, analog zum BVWP 2030, eine vollständige Abdeckung aller bewertungsrelevanten Bereiche sichergestellt, auch wenn sich diese nicht monetarisieren lassen bzw. keine einschlägige Vorgehensvorschrift bzw. ein entsprechend etabliertes Modell verfügbar ist.

Auf die einzelnen Schritte wird in den nachstehenden Kapiteln vertieft eingegangen.

Eine reine Zusammenführung der Kosten- und Nutzenkomponenten am Ende des Bewertungsverfahrens ist nicht sinnvoll, da durch die Vielschichtigkeit der Projektspezifika eine rein quantitative Aussage für eine abschließende Beurteilung nicht ausreichend ist. Diese kann erst rein quantitativ mit einer ausreichenden Planungstiefe und Empirie erfolgen, welche beide zum Zeitpunkt der vorliegenden Untersuchung noch nicht ausreichend verfügbar sind. Als Ergebnis des Vergleichs der Nutzenbewertung mit den Kosten steht ein Wirksamkeits-Kosten-Quotient (Kosten pro Nutzenpunkt).

Gemäß Aufgabenstellung werden die folgenden drei Alternativen betrachtet:

- konventionelles Parken,
- Kolonnenparken,
- Kompaktparken.

#### 4.5 Bewertungskriterien und Gewichtung

Das Bewertungsverfahren orientiert sich an dem Zielsystem des Bundesverkehrswegeplans gemäß Grundkonzeption [BMVI, 2014].

Daraus lassen sich für die gegenständliche Fragestellung die folgenden Bewertungskriterien ableiten:

- Kapazitätserhöhung,
- Umsetzungsdauer,
- Umweltaspekt,
- technische Systemverfügbarkeit.

Weitere Kriterien wie etwa Sicherheit, Begreifbarkeit, Verkehrsleitung sind denkbar.

Die Bewertungskriterien werden mit Gewichtungen versehen. Diese Gewichtungen sind standardmä-

ßig vorgelegt, können jedoch durch den Anwender des Tools auf seine Bedürfnisse angepasst werden. Eine solche Änderung muss allerdings vom Anwender des Tools aktiv durch das Ausfüllen einer Zelle im Berechnungstool begründet werden. Dadurch wird diese Anpassung des Tools festgehalten und ist für andere Anwender nachvollziehbar.

Die Gewichtung der Bewertungskriterien wird entsprechend ihrer Wichtigkeit vorgenommen. Wenn der Anwender auf einzelne Bewertungskriterien verzichten möchte, besteht für ihn die Möglichkeit, das Gewicht auf null zu setzen. Ebenso besteht die Möglichkeit, die Gewichte zu verändern.

Erforderlich ist allerdings in jedem Fall, dass die Summe der Gewichte 100 % ergibt; auf null gesetzte Gewichte sind entsprechend anderweitig zu kompensieren. Dies wird durch das Tool abgeprüft.

Übergeordnete Ziele	Abgeleitete Ziele und Lösungsstrategien für den BVWP 2015
Mobilität im Personenverkehr ermöglichen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhaltung und Modernisierung der Substanz</li> <li>• Verbesserung Verkehrsfluss/Engpassbeseitigung (inkl. Verkehrsmanagement)</li> <li>• Verbesserung von Erreichbarkeiten/Anbindungsqualität</li> </ul>
Sicherstellung der Güterversorgung, Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhaltung und Modernisierung der Substanz</li> <li>• Transportkostensenkungen</li> <li>• Verbesserung Verkehrsfluss/Engpassbeseitigung (inkl. Verkehrsmanagement)</li> <li>• Erhöhung der Zuverlässigkeit von Transporten</li> <li>• Verbesserung der Anbindungen von intermodalen Drehkreuzen (z. B. Flughäfen, Seehäfen, KV-Terminals)</li> </ul>
Erhöhung der Verkehrssicherheit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhaltung und Modernisierung der Substanz</li> <li>• Verlagerung auf Teilnetze und Verkehrswege mit höherer Verkehrssicherheit</li> </ul>
Reduktion der Emissionen von Schadstoffen und Klimagasen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserung Verkehrsfluss/Engpassbeseitigung (inkl. Verkehrsmanagement)</li> <li>• Verkehrsverlagerung auf emissionsarme Verkehrsträger</li> <li>• Erhaltung und Modernisierung der Substanz</li> </ul>
Begrenzung der Inanspruchnahme von Natur und Landschaft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Begrenzung des zusätzlichen Flächenverbrauchs</li> <li>• Vermeidung von weiterem Verlust unzerschnittener Räume</li> </ul>
Verbesserung der Lebensqualität einschließlich der Lärmsituation in Regionen und Städten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lärmvermeidung und Lärminderung</li> <li>• Entlastung von Orten und Menschen/Erschließung städtebaulicher Potenziale</li> </ul>

Bild 17: BVWP – Grundkonzeption [BMVI, 2014]

## 4.6 Technische Bewertung der Alternativen

### 4.6.1 Generelles

Die Bewertung der verschiedenen Szenarien erfolgt durch Vergabe von Punkten in einer Spanne zwischen null und einer Maximalpunktzahl von fünf Punkten. Dabei gilt, je besser ein Szenario die Bewertungskriterien erfüllt, umso höher ist der Punktwert.

In den folgenden Kapiteln wird beschrieben wie die Punkteermittlung erfolgt. Die eigentliche Punkteermittlung erfolgt im Berechnungstool automatisch. Die aus der Bewertung aller Anforderungen resultierende Gesamtpunktzahl wird für alle Alternativen entsprechend der Gewichtung auf das 100%-Raster normiert.

### 4.6.2 Kapazitätserhöhung

Die Kapazitätserhöhung durch die neu zu erstellende Lkw-Parkierungsanlage wird als wichtigstes Bewertungskriterium angesehen, da diese der eigentliche Zweck und das grundsätzliche Ziel des Vorhabens ist. Aus diesem Grund wird diesem Bewertungskriterium standardmäßig ein Gewicht von 55 % beigemessen.

Das Tool ist so aufgebaut, dass der Anwender zunächst festlegt, wie viele Lkw-Parkstände vorhanden sind und wie viel zusätzliche Lkw-Parkstände geschaffen werden sollen. Solange keine gesicherten Erkenntnisse vorliegen, wird zur Berechnung der tatsächlich erreichten Kapazitätserhöhung der verschiedenen Parkverfahren vorgeschlagen, die zur Verfügung stehenden konventionellen Parkstände als jeweils einen Parkstand zu werten, die Parkstandsreihen der besonderen Parkverfahren mit der Länge von ca. 70 m als drei fiktive Parkstände anzusehen.

Der festgelegte zusätzliche Bedarf stellt die Zielgröße für das zu erreichende Nutzenkriterium Kapazitätserhöhung dar.

Der Erfüllungsgrad der Zielgröße berechnet sich zu

$$c = EK/ZK$$

mit

EK erreichte Kapazitätserhöhung in fiktiven Parkständen

ZK Zielwert Kapazitätserhöhung in fiktiven Parkständen

Die Berechnung der Punkte für das Kriterium Kapazitätserhöhung erfolgt in Abhängigkeit vom Erfüllungsgrad der Zielgröße wie folgt

- 5 Punkte für einen Erfüllungsgrad von 100 % oder darüber,
- 4 Punkte für einen Erfüllungsgrad zwischen 95 und 100 %,
- 3 Punkte für einen Erfüllungsgrad zwischen 90 und 95 %,
- 2 Punkte für einen Erfüllungsgrad zwischen 85 und 90 %,
- 1 Punkt für einen Erfüllungsgrad zwischen 80 und 85 %,
- 0 Punkte für einen Erfüllungsgrad unter 80 %.

### 4.6.3 Umsetzungsdauer

Natürlich ist es sinnvoll, sobald Nachfrage nach zusätzlichen Lkw-Parkständen vorhanden ist, das Angebot an Lkw-Parkständen schnellstmöglich anzupassen. Diesem Wunsch stehen oft langwierige Genehmigungsverfahren entgegen. Die Umsetzungsdauer von Beginn der Planung bis zur fertigen Realisation wird deshalb als eines der Bewertungskriterien herangezogen.

Die verschiedenen zu bewertenden Szenarien können sich durch ihre Umsetzungsdauer unterscheiden und sind deshalb mehr oder weniger attraktiv. Erwartungsgemäß kann davon ausgegangen werden, dass für die Genehmigungsverfahren für den Neubau oder die Erweiterung einer vorhandenen Lkw-Parkierungsanlage eine längere Realisierungsdauer angesetzt werden muss, als für einen Umbau. Sofern die Möglichkeit besteht, die Umsetzungsdauer für die einzelnen Szenarien abzuschätzen, ist es deshalb sinnvoll, dieses Bewertungskriterium einzusetzen.

Das Bewertungskriterium Umsetzungsdauer wird als relativ wichtig eingestuft und deshalb standardmäßig mit 30 % Gewichtung angesetzt.

Als oberer und unterer Grenzwert für die Umsetzungsdauern werden Erfahrungswerte eingesetzt. Kann mit einer Umsetzungsdauer von höchstens zwei Jahren gerechnet werden, kann die Maximal-

punktzahl vergeben werden; ist mit einer Umsetzungsdauer von acht Jahren oder mehr zu rechnen, sind null Punkte zu vergeben.

Die Berechnung der Punktezahl erfolgt folgendermaßen:

$$P = 5 \cdot (d_{\max} - d) / (d_{\max} - d_{\min}) \text{ mit } 0 \leq P \leq 5 \text{ und}$$

P Anzahl der Punkte

d geschätzte Umsetzungsdauer in Jahren

$d_{\min}$  minimale Umsetzungsdauer (2 Jahre)

$d_{\max}$  maximale Umsetzungsdauer (8 Jahre)

Die errechnete Punktezahl wird gerundet.

#### 4.6.4 Umweltaspekt

Die sich aus dem baulichen Eingriff in Natur und Landschaft ergebenden Beeinträchtigungen müssen ausgeglichen oder durch Ersatzmaßnahmen kompensiert werden. Im Methodenhandbuch zum Entwurf des BVWP 2030 [BMVI, 2016] wird eine Methodik für die Strategische Umweltprüfung entwickelt. Es wurde ein Katalog mit den wesentlichen Umweltauswirkungen der Verkehrswegebaumaßnahmen aufgestellt. Darin wird empfohlen in der Projektbewertung jedes nicht-monetarisierte Kriterium hinsichtlich der Umweltbetroffenheit in einer mehrstufigen Rahmenskala zu bewerten.

Die wesentliche, in diesem Projekt auftretende Umweltauswirkung ist die Flächeninanspruchnahme durch Vegetationsentfernung und Bodenabtrag sowie Versiegelung und Überbauung.

Zur Berücksichtigung des Umweltaspekts wird deshalb für die Bewertung der Lkw-Parkverfahren ein paralleles Vorgehen vorgesehen:

- zum einen sind die Kosten für den monetären Ausgleich im Bewertungsverfahren in der Kostenermittlung zu berücksichtigen und
- zum anderen wird in Anlehnung an den Bewertungsrahmen in der strategischen Umweltprüfung zum BVWP 2030 entwickelten Vorgehensweise die Umweltbetroffenheit auf der Nutzenseite durch eine entsprechend hohe bzw. geringe Anzahl von Punkten berücksichtigt.

Dieser parallelen Berücksichtigung wird durch eine entsprechend niedrige Gewichtung des Bewertungskriteriums Rechnung getragen. Die

standardmäßige Gewichtung wird mit 10 % angesetzt.

In der strategischen Umweltprüfung zum BVWP 2030 wird vorgeschlagen, den Grad der Umweltbetroffenheit durch die Maßnahme für die Flächeninanspruchnahme durch Versiegelung in vier Stufen zu unterscheiden:

- positive Umweltwirkungen,
- geringe Umweltbetroffenheit,
- mittlere Umweltbetroffenheit,
- hohe Umweltbetroffenheit.

Da die erste Stufe nur in Projekten mit Rückbauwirkung zum Tragen kommt, wird für die Bewertung von Lkw-Parkverfahren die folgende Punktevergabe vorgesehen:

- 5 Punkte für eine geringe Betroffenheit,
- 3 Punkte für eine mittlere Betroffenheit,
- 0 Punkte für eine hohe Betroffenheit.

#### 4.6.5 Technische Systemverfügbarkeit

Derzeit liegen noch wenige Erfahrungswerte hinsichtlich der technischen Systemverfügbarkeit von besonderen Parkierungsverfahren vor. Durch die Einhaltung regelmäßiger Instandhaltungsintervalle wird eine hohe Verfügbarkeit sichergestellt. Trotzdem ist ein Ausfall einzelner Komponenten oder gar des gesamten Systems möglich, wenn auch nur sehr unwahrscheinlich.

Deshalb wird das Bewertungskriterium standardmäßig mit 5 % Gewichtung angesetzt.

Nach intensiver Diskussion mit den Experten des Betreuungskreises erfolgte eine Bewertung der Verfügbarkeit der betrachteten Parkverfahren mit Punktezahlen wie folgt:

- 5 Punkte für konventionelle Parkstände,
- 4 Punkte für Parkstände mit dem Parkverfahren Kompaktparken,
- 3 Punkte für Parkstände mit dem Parkverfahren Kolonnenparken.

**4.6.6 Frei definierbare Bewertungskriterien**

Es wird die Möglichkeit vorgesehen, dass der Anwender das Berechnungstool um bis zu zwei weitere Bewertungskriterien erweitern kann.

In diesem Fall sind Bewertungskriterium, Gewichtung, Zielgröße und Anzahl der Punkte für die einzelnen Szenarien im Berechnungstool frei wählbar und einzusetzen.

Es ist jedoch immer darauf zu achten, dass die Summe der Gewichtungen 100 % ergibt.

**4.7 Kosten- und Nutzen-Gegenüberstellung**

**4.7.1 Ermittlung der jährlichen Kosten für jedes Szenario**

Bei der Ermittlung der jährlichen Kosten der in dieser Arbeit betrachteten Aspekte wird grundsätzlich zwischen den folgenden Kostenanteilen unterschieden:

- Kosten, die sich direkt für die Errichtung bzw. Beschaffung des jeweiligen Szenarios ergeben; hier wird die Summe der Annuitäten der einzelnen Komponenten aus der Kostentabelle berücksichtigt. Dabei wird als Standzeit eines konventionellen Parkstands eine Betriebsdauer von 30 Jahren zugrunde gelegt, während in dieser Zeit einige Komponenten der besonderen Parkverfahren ein oder zwei Mal erneuert werden müssen.
- Laufende jährliche Kosten für den Betrieb des jeweiligen Szenarios (z. B. Energiekosten, Winterdienst etc.).

- Kosten für Unterhaltung und Wartung des jeweiligen Szenarios (i. d. R. nur für die besonderen Parkverfahren; sie werden berechnet (wählbar) zwischen 2 % und 7 % der Investitionskosten-summe der HG 8.5 bis HG 8.8).

**4.7.2 Ermittlung der Kosten-Nutzen-Verhältnisse für jedes Szenario**

Das Kosten-Nutzen-Verhältnis entspricht in seiner Systematik dem Wirksamkeits-Kosten-Quotienten.

Aus der technischen Bewertung ergeben sich für jedes Szenario eine Summe von Nutzenpunkten und eine Summe von Kosten.

Berechnet man die Kosten je Nutzenpunkt als Quotient aus Summe der Kosten dividiert durch Summe der Nutzenpunkte, ergibt sich die Vergleichsgröße Kosten je Nutzenpunkt, also ein Wirksamkeit-Kosten-Quotient als Erweiterung des klassischen Nutzen-Kosten-Quotienten.

**4.8 Beispiel**

Im Folgenden wird das Bewertungsverfahren anhand eines Beispiels mit vier Bewertungskriterien und zwei Szenarien erläutert.

Zunächst werden die Bewertungskriterien gewichtet (siehe Tabelle 2, Spalte B). Die Summe aller Gewichte muss 100 % ergeben.

Im zweiten Schritt erfolgt die Bewertung der Szenarien in Form von Punkten (siehe Tabelle 2, Spalten C und E).

				Szenario A			Szenario C1		
A	B				C	D = B * C		E	F = B * E
Bewertungs-kriterium	Gewichtung in %	Zielgröße	Einheit	Ergebnis-wert	Punkte	gewichtete Punkte	Ergebnis-wert	Punkte	gewichtete Punkte
Kapazitätserhöhung	55	Anzahl der neu geschaffenen Parkstände	Stk	24	5	2,75	25	5	2,75
Umsetzungsdauer	30	Zeitdauer	Jahre	8	0	0,0	8	0	0,0
Umweltbetroffenheit	10	Stärke der Betroffenheit	-	hoch	0	0,0	mittel	3	0,3
Verfügbarkeit	5	Art des Parkverfahrens	-	A	5	0,3	C1	3	0,2
	0					0,0			0,0
	0					0,0			0,0
<b>Summe</b>	<b>100%</b>					<b>3,0</b>			<b>3,2</b>
<b>Umrechnung in %</b>						<b>60,0%</b>			<b>64,0%</b>

Tab. 2: Beispiel einer Bewertungstabelle

Im Beispiel in Tabelle 2 erhalten in Szenario A die Bewertungskriterien Kapazitätserhöhung und Verfügbarkeit, in Szenario C1 nur das Bewertungskriterium Kapazitätserhöhung die maximale Punktezahl. Für das Kriterium Umsetzungsdauer wird in beiden Szenarien davon ausgegangen, dass Baurecht geschaffen werden muss und damit die maximale Umsetzungsdauer von acht Jahren erforderlich ist. Für das Bewertungskriterium Umweltbetroffenheit wurde im Falle des Flächenausbaus bei Szenario A eine hohe Umweltbetroffenheit angesetzt, während bei Szenario C1 weniger (aber nicht null) Flächenverbrauch auftritt und deshalb von einer mittleren Umweltbetroffenheit ausgegangen wird.

Das Produkt aus Gewichtung (Spalte B) und Bewertung (Spalte C) ergibt die gewichteten Punkte (Spalte D). Die Summe ist die Gesamtpunktezahl des Szenarios A, in diesem Fall 3,0 von 5,0 möglichen Punkten.

Die Bewertung des Szenario C1 erfolgt analog. In diesem Fall ergeben sich 3,2 Punkte.

Im nächsten Schritt werden die Kosten der Szenarien in Bezug gesetzt. Nehmen wir an, die Kosten für Szenario A würden 560.000 EUR betragen, die Kosten für Szenario C1 600.000 EUR.

Dann beträgt die Vergleichsgröße Kosten je Nutzenpunkt für Szenario A:

$570.000 \text{ EUR}/3,0 \text{ Punkte} = 190.000 \text{ EUR/Nutzenpunkt}$

und die Vergleichsgröße Kosten je Nutzenpunkt für Szenario C1:

$600.000 \text{ EUR}/3,2 \text{ Punkte} = 187.500 \text{ EUR/Punkt}$ .

In diesem Fall hat Szenario C1 die geringeren Kosten je Nutzenpunkt.

Damit ist es in einer weiteren Gesamtbetrachtung der Ergebnisse möglich, die Kosten-Nutzen-Relation als Bewertungskriterium mit einfließen zu lassen.

## 5 Berechnungstool<sup>2</sup>

### 5.1 Realisierung

Das Berechnungstool wird als Tabellendatei in Microsoft® Excel® ab Version 2007 realisiert. Das Tool integriert die Preise der Kostenkomponenten

und Bewertungsschemata für die Nutzenkomponenten sowie eine Kosten- und Nutzenkomponenten integrierende Bewertung.

Im Tool sind Formeln integriert, welche der Nutzung formal unplausibler Werte vorbeugen. Dennoch ist das Tool für fachkundige Anwender konzipiert und setzt Kenntnisse der Fachinhalte des gegenständlichen Projektes voraus. Dadurch kann ein übersichtlicher und kompakter Aufbau umgesetzt werden, welcher für schnelle Ergebnisse sorgt.

Die Realisierung des Tools ermöglicht zudem das kontrollierte Abweichen von den mit dem Tool gelieferten Vorgabewerten zur Darstellung projektspezifischer Besonderheiten der zu bewertenden Anlagen.

Da das Tool für einen Einsatz im Rahmen der Vorplanung oder zeitlich in noch weiter davorliegenden Projektphasen vorgesehen ist, wurde es auch in Richtung Kompaktheit und Einfachheit der Anwendung optimiert. Es kann daher umfassende Vorplanungen wirksam unterstützen aber nicht ersetzen.

### 5.2 Anwendungsgrundlagen

Das Tool richtet sich an Planer in der Vorplanungs- und Kostenschätzungsphase. Es ersetzt nicht die umfassende fachliche Auseinandersetzung mit den Grundlagen und Rahmenbedingungen des ruhenden Verkehrs im Allgemeinen und an Autobahnen im Besonderen sowie den Eigenschaften und Einsatzparametern von besonderen telematischen Parkverfahren.

Die Ergebniswerte des Tools können und dürfen nur als eine Entscheidungsunterstützung herangezogen werden, niemals aber alleinstehend ohne Würdigung aller dem jeweils zu beurteilenden Projekt zuzuordnenden Eigenarten und Rahmenbedingungen als Entscheidungsgrundlage herangezogen werden.

Das Tool bietet als wesentliche Eigenschaft alle in Frage kommenden Szenarien gegenüberzustellen und quantifiziert zu bewerten.

<sup>2</sup> Das im Rahmen des Forschungsprojekts entwickelte Berechnungstool zur Wirtschaftlichkeitsbewertung kann über den Internetauftritt der BAST kostenfrei bezogen werden.

## 5.3 Bedienung

### 5.3.1 Grundstruktur

Die Bedienung des Tools ist stringent als Workflow einzelner in Reihenfolge angeordneter Formulare aufgebaut.

Zunächst sind Daten des Projektes und allgemeiner Rahmendbedingungen zu versorgen. In weiterer Folge sind die Kostenkomponenten der möglichen Realisierungen

- konventionelle Parkierungsanlage (konvP),
- Kolonnenparken (KolonnenP) sowie
- Kompaktparken (KompaktP)

auf jeweils dem zugehörigen Tabellenblatt auszuwählen und durch Auswahl/Eingabe zu quantifizieren. Die Umsetzung in synthetische Bewertungseinheiten/Bewertungspunkte für die Zusammenführung mit den Nutzenkomponenten erfolgt automatisch. Eine Gegenüberstellung der Kosten kann darauf aufbauend erzeugt werden.

Danach sind die Nutzenkomponenten gemäß dem Bewertungsverfahren ebenfalls einzeln für die Varianten

- konventionelle Parkierungsanlage (konvP),
- Kolonnenparken (KolonnenP) ,
- Kompaktparken (KompaktP)

auf jeweils dem zugehörigen Tabellenblatt zu selektieren und durch Auswahl/Eingabe hinsichtlich Priorisierung/Wichtigkeit und Einstufung der Zielerreichung zu quantifizieren.

Auf Basis der eingegebenen Daten erfolgt dann die Bewertung und deren Darstellung.

Es ist darauf zu achten, dass die Priorisierung/Wichtigkeit und Einstufung der Zielerreichung der Nutzenkomponenten zwischen den verschiedenen Telematikverfahren in geeigneter Weise vergleichbar erfolgen.

Alle auszufüllenden Felder sind farbig angelegt, sodass einfach identifiziert werden kann, an welchen Stellen Eingaben erforderlich sind. Darüber hinaus sind in den Eingabepositionen der Kosten Abfragen hinterlegt, welche farbig anzeigen, dass Werte nicht eingetragen wurden bzw. bei der Eingabe von Werten, welche von den geprüften Vorbe-

legungen abweichen, diese durch Kommentierung bzgl. ihrer Auswahl dokumentiert werden.

Grundsätzlich ist die Nutzung des Tools, insbesondere der Kostentabelle so vorgesehen, dass alle zu befüllenden Felder auch mit Werten befüllt werden. Für den Fall, dass Kosten nicht entstehen, sind die entsprechenden Mengen mit null anzugeben.

Grundsätzlich sind Eingabeblätter wie

- Deckblatt (Projektdatei),
- Kosten (Kosten und Mengen pro Szenario),
- Bewertung (Nutzenbewertung pro Szenario)

und Blätter mit Ein- und Ausgabefunktion wie

- Gesamt (Druckausgabe Einzelprojektkosten),
- Annuität (Berechnung Lifecyclecosts),
- Kostenvergleich

zu unterscheiden.

### 5.3.2 Tabelle „Deckblatt“

Das Tabellenblatt Deckblatt ist das erste auszufüllende Eingabeblatt und nimmt alle Projektdaten auf.

Dabei wesentlich für die Berechnung ist die Lebensdauer der Anlage (hier ist typischerweise von ca. 10-15 Jahren für verkehrstelematische Anlagenkomponenten auszugehen).

Die laufenden jährlichen Kosten des Anlagenbetriebes für die erwartete Lebensdauer werden in der toolbasierten Berechnung ebenfalls ermittelt. Die Preise wurden mit der Preisbasis des Jahres 2016 ermittelt. Dies ist beim Einsatz des Tools zu berücksichtigen. Da die Preise im Tool eine Schätzung mit einem Preiskorridor (Min-/Max-Preise) darstellen, ist eine Anpassung erst notwendig, wenn sich die zu erwartenden Preise in Bezug auf das Jahr 2016 in einer für eine Schätzung relevanten Größenordnung geändert haben.

Zur Dokumentation – insbesondere für den Ausdruck und die Weiterverteilung der Ergebnisse sind dann noch die zutreffenden Szenarien auszuwählen.

Wesentlich ist die Eingabe der Parkstandsanzahl vorher und nachher. Diese sind wichtig für die Ermittlung der Kosten-Nutzen-Verhältnisse.

PTV GROUP		Bewertungstool - LKW-Parken		bast	
the mind of movement					
Anlagenbezeichnung:	PWC Staufferburg-West				
BAB:	A45				
Fahrtrichtung:	Hanau				
Abschnitt:	zwischen AS Münzenberg und AS Wölfersheim				
Anzahl der vorhandenen Lkw-Parkstände - sofern es sich um eine Erweiterung einer bestehenden Lkw-Parkierungsanlage handelt:					8
Angestrebte Anzahl neuer zusätzlicher Parkstände (Zielwert):					24
Szenarien			neue zusätzliche Parkstände	Anzahl gesamte Parkstände	
A	Flächenerweiterung (Ausbau)	komplett	konventionell	24	32
B1	Umnutzung	mittels besonderer Parkverfahren:	Kolonnenparken		8
B2	Umnutzung	mittels besonderer Parkverfahren:	Kompaktparken		8
C1	Erweiterung einschl. Umbau	mittels besonderer Parkverfahren:	Kolonnenparken	25	33
C2	Erweiterung einschl. Umbau	mittels besonderer Parkverfahren:	Kompaktparken	25	33
D	Neubau	komplett	konventionell		8
E1	Neubau	mittels besonderer Parkverfahren:	Kolonnenparken		8
E2	Neubau	mittels besonderer Parkverfahren:	Kompaktparken		8

Bild 18: Berechnungstool – Deckblatt

### 5.3.3 Tabelle „Kosten“

Im Tabellenblatt Kosten sind für alle Szenarien die Kosten sowohl für Investitionen als auch den Betrieb anzugeben.

Zur Verbesserung der Übersicht sind dabei mittels der direkt unter dem Excel-Menüband (Ribbon) angeordneten „+“ bzw. „-“-Tasten angeordnet, welche es ermöglichen, jeweils nur das aktuell zu bearbeitende Szenario zu öffnen.

Es ist die Dateneingabe von Menge und Einzelpreis erforderlich. Die weiteren Daten werden durch das Tool berechnet. Soweit etwas aus der Tabelle nicht benötigt wird, ist die Menge 0 anzugeben!

Für alle Positionen sind Einheitspreise bereits im Tool integriert. Die Preisbasis beinhaltet Minimal-, Mittel- und Maximal-Preise. Diese können einfach per Combobox ausgewählt werden. Es ist jedoch auch möglich, eigene Einheitspreise einzugeben. Da diese aber nicht im Zuge der Toolerstellung verifiziert werden konnten, ist die Eingabe bzgl. der Quelle des Preises bzw. des Verwendungsgrundes zu dokumentieren. Hierzu ist Anwender-EP auszuwählen und der Preis rechts daneben einzugeben.

HG	OG	Pos	Nr.	Leistung inkl. erforderlicher Nebenleistungen	ME	Szenario A			Bemerkung bei Anwender EP
						Menge	EP-Ansatz	EP	
1	1	1.1		Gründerwerb					
1	1	1.1.1		Gründerwerb inkl. aller Nebenkosten des Gründerwerbs	m <sup>2</sup>	20.000,00	Min EP	30,00 €	
2	1	2.1		Verkehrssicherung					
2	1	2.1.1		Verkehrssicherung aufbauen, abbauen inkl. provisorischer Markierungen	%	1,0%	Min EP	7.313,10 €	
2	1	2.1.2		Verkehrssicherung während der Bauzeit vorhalten, anpassen	d	100,00	Min EP	50,00 €	
3	1	3.1		Baustelleneinrichtung					
3	1	3.1.1		Baustelleneinrichtung aufbauen, während der Bauzeit vorhalten, anpassen und räumen	%	1,0%	Min EP	7.313,10 €	
4	1	4.1		Vorbereitende Arbeiten					
4	1	4.1.1		Bodenverleumdung	Pch1	1,00	Min EP	5.000,00 €	
4	1	4.1.2		Rodungsarbeiten/ Gehölze beseitigen	m <sup>2</sup>	150,00	Min EP	1,50 €	
4	2	4.2		Erdbewegung					
4	2	4.2.1		Oberboden abtragen, seitlich lagern und wiederandocken (d=15 cm)	m <sup>3</sup>	15.000,00	Mittel EP	2,50 €	
4	2	4.2.2		Oberboden abtragen und entsorgen (d=15 cm)	m <sup>3</sup>	2.000,00	Min EP	3,00 €	
4	2	4.2.3		Oberboden lagern und andocken (d=15 cm)	m <sup>3</sup>	300,00	Min EP	4,00 €	
4	2	4.2.4		Böden für Kabelgräben und Entwässerungsleitungen ausheben, wiedereinbauen und verdichten	m <sup>3</sup>	400,00	Min EP	5,00 €	
4	2	4.2.5		Böden für Fundamente und Kabelschächte ausheben und entsorgen (übliche Böden; LAGA 20-21.1)	m <sup>3</sup>	30,00	Min EP	15,00 €	
4	2	4.2.6		Böden für Regenrückhaltebecken ausheben und entsorgen (übliche Böden; LAGA 20-21.1)	m <sup>3</sup>				
4	2	4.2.7		Böden für Regenrückhaltebecken ausheben, im Baufeld einbauen und verdichten	m <sup>3</sup>				
4	2	4.2.8		Böden ausheben und entsorgen (übliche Böden; LAGA 20-21.1)	m <sup>3</sup>				
4	2	4.2.9		Böden lagern, einbauen und verdichten	m <sup>3</sup>	15.000,00	Min EP	1,00 €	
4	2	4.2.10		Erplanum herstellen	m <sup>2</sup>				

Bild 19: Berechnungstool – Kosten (ein Szenario)

Zur Erinnerung an das Dokumentationsanfordernis wird das Feld „Bemerkung bei Anwender EP“ rechts daneben rot eingefärbt. Zudem ist dann schnell ersichtlich, wo von den toolinternen Preisen abgewichen wurde.

Es ist zu beachten, dass im Falle der Verwendung von Anwender-EPs die in den entsprechenden Zellen vorhandene Formel durch den Anwender-EP überschrieben wird. Bei einer wiederholten Verwendung des Berechnungstools ist es deshalb erforderlich, wieder auf der Originaldatei des Berechnungstools ohne Eintragungen aufzusetzen.

Der Korridor der Einheitspreise zwischen Minimal- und Maximalwert entsteht dadurch, dass sich viele Preise stark unterschiedlich in Abhängigkeit zu den Rahmenbedingungen des einzelnen Projektes ergeben. Daher sollte bei der Auswahl der Einzelpreise entsprechend gut bedacht werden:

- Ist es einfach möglich, erforderliche Nebenflächen für die Bauarbeiten bereitzustellen?
- Ist der Termindruck der Projektumsetzung hoch?
- Ist das Projekt mit weiteren Maßnahmen an der Strecke kombinierbar?

Beim Eingeben der Mengen ist auch stets auf die Mengeneinheit zu achten. Im Speziellen wurde zudem bei der Baustelleneinrichtung und Verkehrssicherung darauf abgestellt, dass diese sich in direkter Abhängigkeit zum Projektumfang des Tiefbaus und der Anlagenerrichtung entwickeln. Daher wurden hier keine Mengen, sondern prozentuelle Ansätze gewählt. Es erfolgt eine automatische Berechnung auf dieser Basis.

Es wird darauf hingewiesen, dass jeder Anwender seine Anlage bzw. das Projekt selbst genau spezifizieren muss. Bei der Ermittlung der Kosten für

Kolonnenparken besteht z. B. die Möglichkeit alternativ Überkopf-VZB oder Einzelstandorte zur Anzeige der Parkstandsreihennummer und -sensorik zu verwenden (Position 8.7.8 und 8.7.9).

Außerdem muss darauf geachtet werden, dass projektspezifische Kompensationsmaßnahmen für die Flächenversiegelung bei Bedarf in den Massen der Kostentabelle mit integriert werden müssen.

**5.3.4 Tabelle „Gesamt“**

Dieses Tabellenblatt erstellt auf Basis der Kostentabelle die Druckausgabe der Investitionskosten in Anlehnung an die Übersichten von RE-Entwürfen. Die Eingabe von Daten auf diesem Blatt (außer der Szenarienauswahl) ist nicht zulässig.

Im Tabellenblatt „Gesamt“ wird oben das Szenario eingestellt, für welches die detaillierte Kostenübersicht ausgegeben werden soll. Danach werden automatisch alle relevanten Einheits- und Gesamtpreise ermittelt und können ausgedruckt werden. Am Ende der Übersicht findet sich eine Zusammenstellung der Teilsommen nach Hauptgruppen (siehe Bild 20).

**5.3.5 Tabelle „Annuität“**

Im Tabellenblatt Annuität werden die Investitionskosten mithilfe der Annuitätenmethode auf jährliche Kosten umgerechnet.

Hierzu wurde für jede Kostenkomponente eine Abschreibungsdauer festgelegt, aus der sich der Annuitätenfaktor ergibt. Basis ist ein Zinssatz von 3 %/a). Die Mindestabschreibungsdauer beträgt 10 Jahre. Der Zinssatz von 3 % wird seit über 30 Jahren in RE-Entwürfen verwendet und basiert auf den RAS-W, Ausgabe 1986, die durch die EWS 1997 (FGSV, 1997) abgelöst wurde. Auch entsprechende Richtwerte für Abschreibungszeiträume der unterschiedlichen Bauleistungen werden dort geregelt.

Das Tabellenblatt arbeitet ähnlich wie die Detailausgabe des Tabellenblattes Gesamt und ist auch nur zur Druckausgabe vorgesehen. Zunächst ist im oberen Teil das gewünschte Szenario anzuwählen.

Die Eingabe von Daten auf diesem Blatt (außer der Szenarienauswahl) ist nicht zulässig (siehe Bild 21).

PTV GROUP		Bewertungstool - LKW-Parken		bast	
the mind of movement					
Szenario A					
<b>HG 1</b>					
1.1	Grundenwerb	Menge	ME	EP	GP
1.1.1	Grundenwerb inkl. aller Nebenkosten des Grundenwerbs	6.500,000	m²	10,00 €	65.000,00 €
<b>HG 2</b>					
2.1.	Verkehrssicherung	Menge	ME	EP	GP
2.1.1	Verkehrssicherung aufbauen, abbauen inkl. provisorischer Markierungen	0,010	%	575.415,00 €	5.754,15 €
2.1.2	Verkehrssicherung während der Bauzeit vorhalten, anpassen	120,000	d	50,00 €	6.000,00 €
<b>HG 3</b>					
3.1	Baustelleneinrichtung	Menge	ME	EP	GP
3.1.1	Baustelleneinrichtung aufbauen, während der Bauzeit vorhalten, anpassen und räumen	0,010	%	575.415,00 €	5.754,15 €
<b>HG 4</b>					
4.1	Vorbereitende Arbeiten	Menge	ME	EP	GP
4.1.1	Bodenerkundung	0,000	Psch		- €
4.1.2	Rodungsarbeiten/Gehölze beseitigen	150,000	m²	1,50 €	225,00 €
4.2	Erdbewegung	Menge	ME	EP	GP
4.2.1	Oberboden abtragen, seitlich lagern und wiederandecken (d=15 cm)	4.500,000	m²	2,00 €	9.000,00 €
4.2.2	Oberboden abtragen und entsorgen (d=15 cm)	900,000	m²	3,00 €	2.700,00 €

Bild 20: Berechnungstool – Ausschnitt „Gesamt“

PTV GROUP		Bewertungstool - LKW-Parken		bast	
the mind of movement					
Szenario A					
<b>HG 1</b>					
1.1	Grundenwerb	Abschr.-Dauer	Annuitätenfaktor	Annuität/ Jahr	
1.1.1	Grundenwerb inkl. aller Nebenkosten des Grundenwerbs	99	0,031699	2.080,43 €	
<b>HG 2</b>					
2.1.	Verkehrssicherung	Abschr.-Dauer	Annuitätenfaktor	Annuität/ Jahr	
2.1.1	Verkehrssicherung aufbauen, abbauen inkl. provisorischer Markierungen	30	0,051019	293,57 €	
2.1.2	Verkehrssicherung während der Bauzeit vorhalten, anpassen	30	0,051019	306,12 €	
<b>HG 3</b>					
3.1	Baustelleneinrichtung	Abschr.-Dauer	Annuitätenfaktor	Annuität/ Jahr	
3.1.1	Baustelleneinrichtung aufbauen, während der Bauzeit vorhalten, anpassen und räumen	30	0,051019	293,57 €	
<b>HG 4</b>					
4.1	Vorbereitende Arbeiten	Abschr.-Dauer	Annuitätenfaktor	Annuität/ Jahr	
4.1.1	Bodenerkundung	30	0,051019	- €	
4.1.2	Rodungsarbeiten/ Gehölze beseitigen	30	0,051019	11,49 €	
4.2	Erdbewegung	Abschr.-Dauer	Annuitätenfaktor	Annuität/ Jahr	
4.2.1	Oberboden abtragen, seitlich lagern und wiederandecken (d=15 cm)	30	0,051019	459,17 €	
4.2.2	Oberboden abtragen und entsorgen (d=15 cm)	30	0,051019	137,75 €	

Bild 21: Berechnungstool – Ausschnitt „Annuität“

Nach der Szenarienauswahl erfolgt automatisch die Berechnung und Darstellung der jährlichen Kosten (Annuitäten).

**5.3.6 Tabelle „Bewertung“**

Für den Abschluss der Bewertung ist es erforderlich, dass entsprechend dem Bewertungsverfahren, welches bereits in den vorstehenden Kapiteln eingeführt und detailliert dargestellt wurde, die Bewertung der Nutzen erfolgt, d. h. es ist die Quantifizierung der Nutzenkomponenten vorzunehmen.

Dies erfolgt im Tabellenblatt Bewertung. Für die Bewertung ist zunächst wieder pro einzelner Bewertungstabelle das Szenario auszuwählen, wobei die verschiedenen Szenarien analog zum Kostenvergleich wahlfrei nebeneinander angeordnet werden können. Durch Auswahl des Szenarios wird auch die entsprechende Gewichtung automatisch eingesetzt.

PTV GROUP the mind of movement				Bewertungstool - LKW-Parken									bast		
				Szenario A			Szenario C1			Szenario C2			Auswahl Szenario		
A	B			Ergebniswert	C	D = B * C	Ergebniswert	E	F = B * E	Ergebniswert	G	H = B * G	Ergebniswert		
Bewertungskriterium	Gewichtung in %	Zielgröße	Einheit	Punkte	gewichtete Punkte		Punkte	gewichtete Punkte		Punkte	gewichtete Punkte		Punkte	gewichtete Punkte	
Kapazitätserhöhung	55%	Anzahl der neu geschaffenen Parkstände	Stk	24	5	2,75	25	5	2,75	25	5	2,75			
Umsetzungsdauer	30%	Zeitdauer	Jahre	8	0	0,0	8	0	0,0	8	0	0,0	Eingabe		
Umweltbetroffenheit	10%	Stärke der Betroffenheit	-	hoch	0	0,0	mittel	3	0,3	mittel	3	0,3	Auswahl		
Verfügbarkeit	5%	Art des Parkverfahrens	-	A	5	0,3	C1	3	0,2	C2	4	0,2			
	0%					0,0			0,0			0,0			
	0%					0,0			0,0			0,0			
Summe	100%					3,0			3,2			3,3			
Umrechnung in %						60,0%			64,0%			65,0%			
				Auswahl Szenario			Auswahl Szenario			Auswahl Szenario			Auswahl Szenario		
A	B			Ergebniswert	Punkte	gewichte-te Punkte	Ergebniswert	Punkte	gewichte-te Punkte	Ergebniswert	Punkte	gewichte-te Punkte	Ergebniswert	Punkte	gewichte-te Punkte
Bewertungskriterium	Gewichtung in %	Zielgröße	Einheit												
Kapazitätserhöhung	55%	Anzahl der neu geschaffenen Parkstände	Stk	Eingabe			Eingabe			Eingabe			Eingabe		
Umsetzungsdauer	30%	Zeitdauer	Jahre	Auswahl			Auswahl			Auswahl			Auswahl		
Umweltbetroffenheit	10%	Stärke der Betroffenheit	-												
Verfügbarkeit	5%	Art des Parkverfahrens	-												
	0%														
	0%														
Summe	100%														
Umrechnung in %															

Bild 22: Berechnungstool – Nutzenberechnung

Die Gewichtungen der Anforderungen sind dabei entsprechend den Ausführungen zum Bewertungssystem bereits vorgelegt. Die Bewertung durch den Anwender erfolgt anhand der zum Bewertungsverfahren dargelegten Skala. Da Gewichtung und Skala im Zuge der Toolerstellung aufeinander abgeglichen wurden, wird von einer Veränderung abgeraten.

Soll trotzdem die Gewichtung verändert werden, etwa um speziellen Rahmenbedingungen eines Projektes Rechnung zu tragen, die bei der Erstellung des Tools nicht bekannt waren, so ist darauf zu achten, dass die Summe der Gewichte 100 % ergibt und die Änderung ist zu dokumentieren, da sie nicht durch die in den folgenden Kapiteln beschriebene Evaluierung des Tools geprüft werden konnte.

Mittels der so für die verschiedenen Szenarien ermittelten Nutzen und nun vorliegenden Kosten ist eine zusammenfassende Bewertung und Szenarienauswahl durch den Nutzer des Tools bzw. Erstellung der entsprechenden Vorplanung möglich.

### 5.3.7 Tabelle „Kostenvergleich“

Nachdem die Kosten aller relevanten Szenarien in Kosten erfasst wurden, kann mit der Tabelle Kos-

PTV GROUP the mind of movement		Bewertungstool - LKW-Parken				bast	
<b>Kostenvergleich:</b>		Szenario D	Szenario E1	Szenario E2	Auswahl Szenario		
<b>Investitionskosten:</b>							
HG 1 Grundenerwerb	180.000,00 €	75.000,00 €	75.000,00 €				
HG 2 Verkehrsicherung	45.324,50 €	27.418,75 €	33.173,75 €				
HG 3 Baustelleneinrichtung	27.324,50 €	18.418,75 €	24.173,75 €				
HG 4 Erdbau	370.100,00 €	203.825,00 €	193.825,00 €				
HG 5 Oberbau	1.872.000,00 €	1.026.000,00 €	1.026.000,00 €				
HG 6 Konstruktiver Ingenieurbau	- €	- €	- €				
HG 7 Landschaftsbau	68.600,00 €	34.500,00 €	34.500,00 €				
HG 8 Ausstattung	223.750,00 €	483.550,00 €	1.079.050,00 €				
HG 9 Sonstige bes. Anlagen und Kosten	819.919,93 €	518.242,50 €	555.644,50 €				
Summe Investitionskosten	3.487.018,90 €	2.396.855,00 €	3.021.387,00 €				
<b>Nutzenpunkte</b>	3,0	3,2	3,3				
<b>Neue zusätzliche Parkstände</b>	105	105	105				
Investitionskosten / Nutzenpunkt	1.135.672,99 €	749.048,44 €	929.851,39 €				
Investitionskosten / Parkstand	32.447,80 €	22.828,14 €	28.774,92 €				
Investitionskosten / Parkstand und Nutzenpunkt	10.915,93 €	7.133,79 €	8.853,92 €				
<b>Jährliche Kosten:</b>							
Investitionskosten	175.648,10 €	143.554,10 €	170.327,80 €				
Betriebskosten	33.444,00 €	17.838,00 €	17.838,00 €				
Instandhaltungskosten	- €	7.052,00 €	18.762,00 €				
Summe jährliche Kosten	209.092,10 €	168.442,90 €	206.927,80 €				
Jährliche Kosten / Nutzenpunkt	69.697,39 €	52.638,41 €	63.669,74 €				
Jährliche Kosten / Parkstand	1.991,35 €	1.604,22 €	1.970,73 €				
Jährliche Kosten / Parkstand und Nutzenpunkt	663,78 €	501,32 €	606,39 €				

Bild 23: Berechnungstool – Kostenvergleich Seite 1

tenvergleich eine komprimierte vergleichende Darstellung der Kosten erzeugt werden.

Dabei können maximal alle acht Szenarien auf zwei Seiten im Querformat vergleichend nebeneinander dargestellt werden. Es erfolgt eine Darstellung der Hauptgruppensummen des Investitionsprojektes sowie die ermittelten jährlichen Investitionskosten in Bezug zum Abschreibungszeitraum und die jährlichen Betriebs- und Instandhaltungskosten (siehe Bild 23).

Da es wahrscheinlich ist, dass nur selten alle Szenarien zum Vergleich benötigt werden, ist die Anordnung verschiedener Szenarien nebeneinander wahlfrei gestaltet. Die Eingabe von Daten auf diesem Blatt ist nicht zulässig.

## 6 Validierung und Anwendung des Tools

### 6.1 Testgrundlagen

Die Validierung und Anwendung des Berechnungstools erfolgte anhand der folgenden Rast- bzw. Parkanlagen:

- Rastanlage Lehrter See-Nord an der BAB A 2,
- Rastanlage Hasselberg-West an der BAB A 7,
- PWC Staufferburg-West an der BAB A 45.

Für alle drei Anlagen wurden in letzter Zeit konventionelle Erweiterungen geplant, welche die ursprüngliche Anzahl der Parkstände erheblich vergrößerten.

Für die Maßnahme Lehrter See-Nord lagen die Erweiterungskosten weitgehend vor, für die Maßnahme PWC Staufferburg-West jedoch nur die Kosten der Hauptgruppen HG4 bis HG6. Bei der Anwendung des Tools wurden die Kosten für die Anwendungsbeispiele gegenüber den übergebenen Kostenzahlen mit der einerseits durch die seitens der BAST bereitgestellten Zahlen und andererseits durch die im Tool verankerte Granularität plausibilisiert.

Die Rahmenbedingungen für die drei Anwendungsfälle und die Szenarien für fiktive Beispielplanungen sind in Tabelle 3 dargestellt. Prinzipiell kommen die acht Szenarien gemäß Bild 1, Kapitel 1.4.4 infrage.

Für die Evaluierung des Tools wurden für die Nutzenkomponenten aller Beispielanlagen identische Gewichtungen benutzt:

- Kapazitätserhöhung 55 %,
- Umsetzungsdauer 30 %,
- Umweltbetroffenheit 10 %,
  - Verfügbarkeit 5 %.

Diese Gewichtungen sind standardmäßig vorgelegt, können jedoch durch den Anwender des Tools auf seine Bedürfnisse angepasst werden. Eine solche Änderung muss allerdings vom Anwender des Tools aktiv durch das Ausfüllen einer Zelle im Berechnungstool begründet werden.

Für die Evaluierung des Tools sind für alle einzelnen Untersuchungen identische Werte zur Herstellung der Vergleichbarkeit sinnvoll. Zudem handelt es sich bei den angesetzten Werten um Startwerte/Voreinstellungen des Tools, welche aus Sicht der Verfasser sinnvolle Ergebnisse auch dann ermöglichen, wenn sie für die toolbasierten Berechnungen nicht verändert werden.

Klarerweise besitzt die Kapazitätserhöhung als auslösendes Moment der Projekte für Parkieranlagen den höchsten Stellenwert mit 55 %.

Das Kriterium Umsetzungsdauer wurde mit 30 % gewichtet, da es speziell bei der Anwendung von besonderen Parkverfahren oft darum geht, mög-

geplante Szenarien				Szenario									
Parkplatz	BAB	Land	Anz. P vorher	A	B1	B2	C1		C2	D	E1		E2
				Anz. P nachher									
1	Rastanlage Lehrter See-Nord	A2	NI	57	105	105	105						
2	Rastanlage Lehrter See-Nord	A2	NI	0						105	105	105	
3	Rastanlage Hasselberg-West	A7	HE	64	96	96	96						
4	Rastanlage Hasselberg-West	A7	HE	0						96	96	96	
5	PWC Staufferburg-West	A45	HE	8	32			33	33				

Tab. 3: Übersicht über die Anwendungsfälle

lichst schnell zusätzliche Parkflächen zu realisieren. Bei der Umsetzungsdauer ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich diese erfahrungsgemäß eher schwer abschätzen lässt und daher mit hohen Unsicherheiten in der Phase der Projekte bzw. vor der eigentlichen Projektphase belegt ist, in der das Tool zum Einsatz kommen wird.

Das Kriterium Umweltbetroffenheit wird bei den Beispielanlagen mit nur einer Gewichtung von 10 % angesetzt, da davon ausgegangen wurde, dass alle Flächeneingriffe entsprechend kompensiert wurden.

Das eher technische Kriterium Verfügbarkeit des uneingeschränkten technischen Anlagenbetriebs wurde mit nur 5 % gewichtet. Hier wird die Erfahrung mit bestehenden Anlagen zeigen, wie die entsprechende Telematik robust gestaltet werden kann und somit kaum Abschläge gegenüber einer rein baulichen Lösung erforderlich sind.

Weitere Kriterien werden in den Beispielrechnungen nicht herangezogen.

## 6.2 Testergebnisse

### 6.2.1 Einordnung der Testergebnisse

Bei der Betrachtung der Testergebnisse ist zu berücksichtigen, dass es nicht Inhalt der vorliegenden Untersuchung war, die verschiedenen Parkverfahren zu bewerten. Daher erfolgte die Evaluation des Tools zwar mit realen Anlagen bzw. deren Planungen, jedoch nur auf der Stufe eines Vorentwurfes mit groben Schätzungen der zu erwartenden Massen. Dabei wurden z. B. besondere Bodenverhältnisse oder Geländegradien nicht berücksichtigt. Auch der Einsatz von Betriebsmitteln, welche noch nicht in den vorhandenen Pilotanlagen zu finden sind wie Verkehrszeichenbrücken sehr großer Spannweiten, kamen nicht zum Tragen.

Da sich jedoch bereits auf den Pilotanlagen gezeigt hat, dass zur Anlagenüberwachung und generell zur Betriebsführung der Parkierungsanlage eine visuelle Kontrolle sinnvoll ist, wurden Videoausrüstungen berücksichtigt.

Im Rahmen der Anwendungsbeispiele wurde bei der Planung der Beispiele mit Kolonnenparken grundsätzlich auf Verkehrszeichenbrücken mit parkstandsbezogenen Wechselverkehrszeichen verzichtet. Die Führung des Lkw-Verkehrs zu

den zugewiesenen Parkständen und die Anzeige der Parkstandsreihennummer erfolgt – wie in Montabaur realisiert – mittels seitlich angebrachten Tafeln.

### 6.2.2 Rastanlage Lehrter See-Nord (BAB A 2)

Die Rastanlage Lehrter See-Nord wurde in zwei Stufen erweitert. Für die Toolevaluation wird nur der zweite Umbau näher betrachtet, bei dem die Gesamtfläche des Areals um ca. 1 ha erweitert wurde und 119 zusätzliche konventionelle Parkstände gewonnen wurden. Die Unterlagen zu diesem Umbau wurden zwar verwendet, für die Beispielanwendung wird mit anderen Parkstandsanzahlen gerechnet.

Die bereits existierenden Planungen waren Basis für die Abschätzung der Mengen, welche für die fiktiven Beispielplanungen Eingang in das Planungstool fanden. Zusätzlich lagen für diese Anlagen Preisangaben vor, mit denen die Angaben zu den einzelnen Kostenkomponenten auf Ebene der Hauptgruppen abgeglichen werden konnten.

Die entsprechenden Nutzenpunkte für die einzelnen betrachteten Szenarien sind ebenso wie die Ergebnisse in Form von Investitionskosten und jährlichen Kosten als Summe der jährlichen Investitionskosten, Betriebskosten und Instandhaltungskosten Anlage 2.1 zu entnehmen. Hier sind auch die entsprechenden Kosten je Nutzenpunkt dargestellt.

Im Rahmen dieses Anwendungsbeispiels werden zwei verschiedene Anwendungsfälle betrachtet. Im einen Anwendungsfall wird davon ausgegangen, dass nur der Bereich der westlichen Erweiterung mit den vier Parkstandsreihen mit insgesamt 105 Parkständen betrachtet wird. Es wird für alle drei Szenarien angestrebt, in diesem Bereich jeweils 105 neue Lkw-Parkstände zu schaffen; beim Einsatz von Telematik soll dabei der Flächenverbrauch entsprechend verringert werden.

Bei den Szenarien E1 und E2 wird eine deutlich kleinere Fläche wie bei Szenario D benötigt. Hier ist eine Befahrung der Parkstände über eine im Norden anzubringende Fahrspur möglich, die über den Westen führt und die Parkstandsreihen von Süden aus befüllt (vgl. Lagepläne in Anlage 2.1). Der Aufwand und der Flächenverbrauch sind in diesem Beispiel ungewöhnlich hoch, da die Position der zur Verfügung stehende Fläche sehr ungünstig zur

bereits existierenden Parkplatzausfahrt liegt. Die hier geplante Anlage eignet sich für eine Umplanung nicht besonders gut.

Bei der Planung der Parkstandsreihen für das Kompaktparken wurden weitgehend 7er-Reihen vorgesehen (vgl. Anlage 2.1 und 2.2). Das bot sich an, da 35 Parkstandsreihen angestrebt wurden. Eine alternative Möglichkeit zu der Wahl 5 mal 7 Reihen planen wäre die Wahl 4 mal 9 Reihen gewesen. Dadurch würde zwar eine Verkehrszeichenbrücke eingespart werden, die Spannweiten der restlichen jedoch entsprechend ansteigen, sodass sich kostenmäßig nur marginale Auswirkungen ergeben hätten (in diesem Fall ca. 3,5 % bezogen auf die jährlichen Kosten pro Parkstand).

Hier werden die Szenarien D (vgl. Bild 24) und E1/E2 (vgl. Bild 25) gegenübergestellt.

Der Neubau von 105 neuen Parkständen in konventioneller Bauweise (Szenario D) kostet etwa 3,2 Mio. EUR; das sind pro Parkstand ca. 30.700 EUR. Die laufenden jährlichen Kosten für diese 105 Parkstände betragen ca. 200.000 EUR; das entspricht pro Parkstand ca. 1.900 EUR.

Im Vergleich hierzu stehen die Szenarien E1/E2 mit den besonderen Parkverfahren. Hier liegen die

Investitionskosten etwa bei 2,3 bzw. 3,0 Mio. EUR; das entspricht pro Parkstand ca. 21.800 bzw. 28.300 EUR. Die laufenden jährlichen Kosten betragen ca. 163.000 bzw. 205.000 EUR; das entspricht pro Parkstand ca. 1.550 bzw. 1.950 EUR. Wird bei Szenario B1 die Ausführungsvariante mit Verkehrszeichenbrücken gewählt, erhöhen sich die Kosten dementsprechend.

Es zeigt sich, dass die jährlichen Kosten pro Parkstand bei den Szenarien mit besonderen Parkverfahren höher liegen, als die laufenden Kosten der konventionellen Lösung.

Unter Berücksichtigung der Nutzenpunkte stellt in diesem Anwendungsfall der Neubau mit Kolonnenparken mit jährlichen Kosten pro Parkstand und Nutzenpunkt von 485 EUR das zu favorisierende Szenario dar.

In einem anderen Anwendungsfall im gleichen Anwendungsbeispiel wird davon ausgegangen, der Vorher-Zustand entspräche den beiden südlichen Parkstandsflächen mit 57 Lkw-Parkständen; darauf basierend werden die Szenarien A und B1/B2 gegenübergestellt. Es wird angestrebt, 48 zusätzliche Parkstände zu schaffen. Hier werden die Szenarien A (vgl. Bild 26) und B1/B2 (vgl. Bild 27) gegenübergestellt.

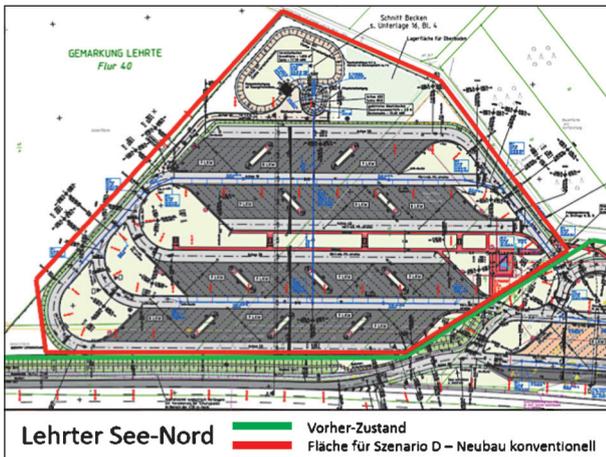


Bild 24: Szenario D (Lehrte)

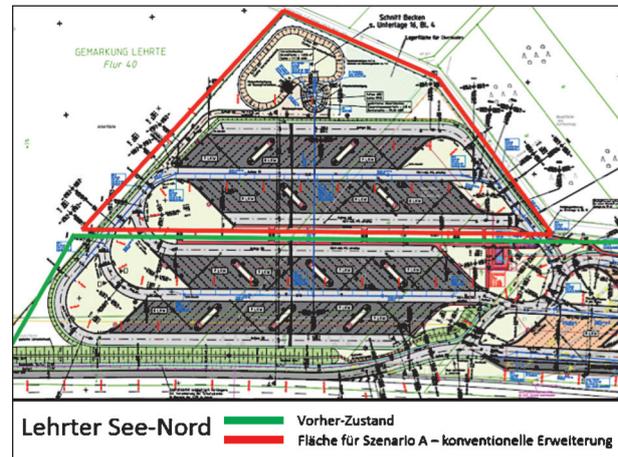


Bild 26: Szenario A (Lehrte)

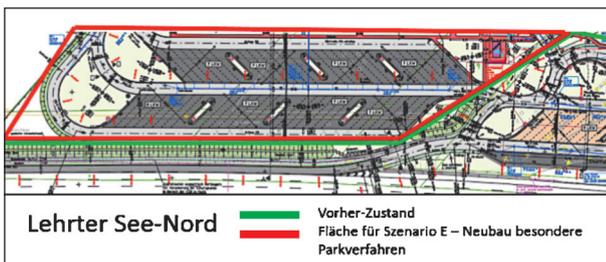


Bild 25: Szenario E (Lehrte)

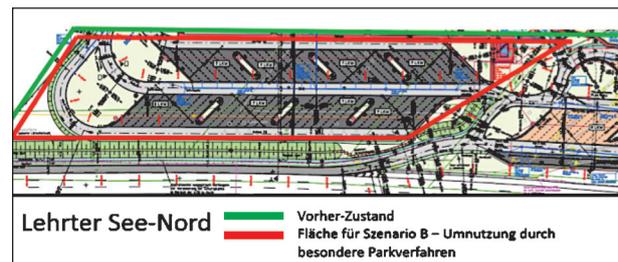


Bild 27: Szenario B (Lehrte)

Bei Szenario B wird nur wenig zusätzliche Fläche benötigt (ca. 9.000 qm). Die Befahrung der Parkstandsreihen erfolgt genauso wie beim Vergleich Szenario D/E (vgl. Lagepläne in Anlage 2.1).

Auch hier wurden 35 Parkstandsreihen angestrebt und 5 mal 7 Reihen geplant. Die Wahl der Parkstandsreiheneinteilung wirkt sich kostenmäßig nur marginal aus (in diesem Fall mit ca. 5 % bezogen auf die jährlichen Kosten pro Parkstand).

Die Erweiterung um 48 neue Parkstände in konventioneller Bauweise (Szenario A) kostet etwa 1,6 Mio. EUR; das sind pro Parkstand ca. 33.700 EUR. Die laufenden jährlichen Kosten für diese 48 Parkstände betragen ca. 105.000 EUR; das entspricht pro Parkstand ca. 2.180 EUR.

Im Vergleich hierzu stehen die Szenarien B1/B2 mit den besonderen Parkverfahren. Hier liegen die Investitionskosten etwa bei 0,9 bzw. 1,4 Mio. EUR; das entspricht pro Parkstand ca. 18.900 bzw. 30.000 EUR. Die laufenden jährlichen Kosten betragen ca. 84.000 bzw. 117.000 EUR; das entspricht pro Parkstand ca. 1.750 bzw. 2.440 EUR. Wird bei Szenario B1 die Ausführungsvariante mit Verkehrszeichenbrücken gewählt, erhöhen sich die Kosten dementsprechend.

In dieser Beispielrechnung zeigt sich, dass die jährlichen Kosten pro Parkstand bei der Umnutzung mit Kolonnenparken am kostengünstigsten abschneidet, bei der Umnutzung mit Kompaktparken nur geringfügig über den Kosten für die konventionelle Lösung liegt.

Unter Berücksichtigung der Nutzenpunkte aus der Bewertung ergibt sich hier mit 548 bzw. 752 EUR pro Parkstand und Nutzenpunkt eine Favorisierung beider telematischen Parkverfahren gegenüber der konventionellen Erweiterung.

Insgesamt wurde deutlich, dass die Kosten, die in diesem Fall der Straßenbauverwaltung vorlagen mit 2,7 Mio. EUR, geringfügig höher waren als mittels Tool durch Verwendung der Minimum-Einheitspreise errechnet (2,6 Mio. EUR). Bei Nutzung des Maximums der jeweiligen Einheitspreise wurden durch das Tool deutlich höhere Kosten ermittelt (7,9 Mio. EUR). Damit war erkennbar, dass die im Tool hinterlegten Preisbereiche zutreffend sind und der jeweilige Mittelwert bei seiner Nutzung insgesamt eine ausreichende Übereinstimmung mit der Realität aufweist, soweit keine erheblich abweichenden projektbedingten Besonderheiten wie z. B. proble-

matische Baugründe oder große Mengen besonders schwieriger oder belasteter Böden vorliegen.

Kostenmäßige Unsicherheiten im Umgang mit dem vorliegenden Anwendungsfall ergaben sich durch das im nördlichen Bereich vorgesehene Rückhaltebecken. Dieses wurde im Szenarienvergleich D/E in allen Fällen vorgesehen, im Szenarienvergleich A/B nur im Szenario A, nicht jedoch im Szenario B, da in Szenario B nur sehr wenig neues Gelände versiegelt wurde.

### 6.2.3 Rastanlage Hasselberg-West (BAB A 7)

Für die Rastanlage Hasselberg-West ist in der Planung eine Erweiterung der Parkstände in konventioneller Bauweise auf etwa das dreifache der ursprünglichen Anlagengröße vorgesehen. Dabei fällt aber durch die bestehende räumliche Situation der erforderliche Bedarf an zusätzlichem Grunderwerb vergleichsweise gering aus.

Der Einsatz telematischer Parkverfahren scheidet im Bestand durch die Größe und vor allem Topologie der Anlage aus. Daher wurden die geplanten Umbauten als Basis für die Toolevaluierung angenommen. Die bereits existierenden Planungen waren Basis für die Abschätzung der Mengen, welche Eingang in das Planungstool fanden.

Die entsprechenden Nutzenpunkte für die einzelnen betrachteten Szenarien sind ebenso wie die Ergebnisse in Form von Investitionskosten und jährlichen Kosten als Summe der jährlichen Investitionskosten, Betriebskosten und Instandhaltungskosten Anlage 2.2 zu entnehmen. Hier sind auch die entsprechenden Kosten je Nutzenpunkt dargestellt.

Im Rahmen dieses Anwendungsbeispiels werden zwei verschiedene Anwendungsfälle betrachtet. Im einen Anwendungsfall wird davon ausgegangen, dass nur der Bereich der nordwestlichen Erweiterung mit den drei Parkstandflächen mit je 32 Parkständen betrachtet wird. Der den Plänen zu entnehmende Bereich entlang der Autobahn sowie dessen Umbauten entfallen in der Betrachtung. Es ist vorgegeben, in diesem Bereich 96 neue Lkw-Parkstände zu schaffen. Hier werden die Szenarien D (vgl. Bild 28) und E1/E2 (vgl. Bild 29) gegenübergestellt.

Der Neubau von 96 neuen Parkständen in konventioneller Bauweise (Szenario D) kostet etwa

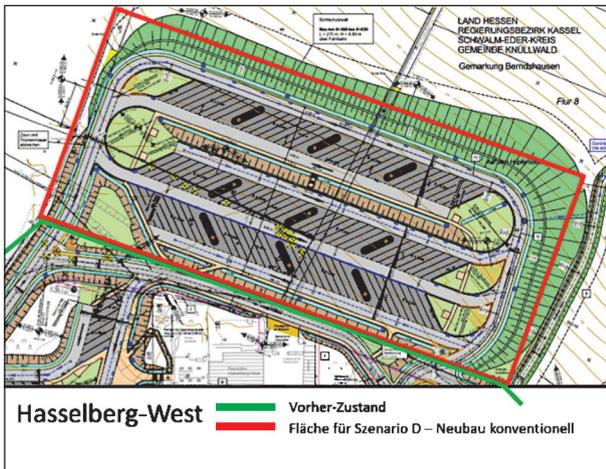


Bild 28: Szenario D (Hasselberg)

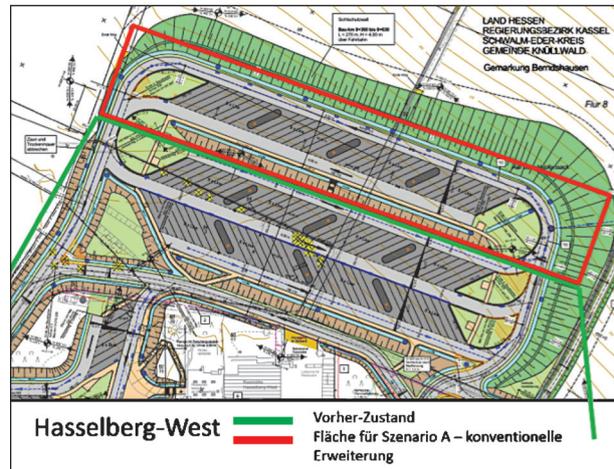


Bild 30: Szenario A(Hasselberg)

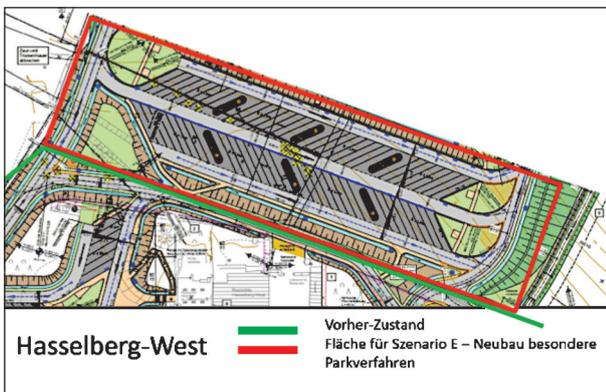


Bild 29: Szenario E (Hasselberg)

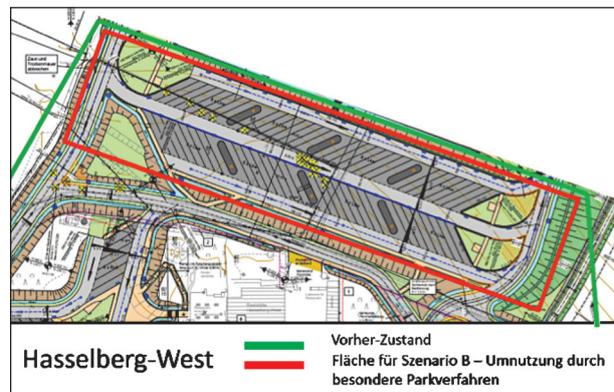


Bild 31: Szenario B (Hasselberg)

2,5 Mio. EUR; das sind pro Parkstand ca. 26.360 EUR. Die laufenden jährlichen Kosten für diese 96 Parkstände betragen ca. 142.400 EUR; das entspricht pro Parkstand ca. 1.480 EUR.

Im Vergleich hierzu stehen die Szenarien E1/E2 mit den besonderen Parkverfahren. Hier liegen die Investitionskosten etwa bei 2,2 bzw. 2,7 Mio. EUR; das entspricht pro Parkstand ca. 23.200 bzw. 28.400 EUR. Die benötigte auszubauende Fläche in den Szenarien E1 und E2 ist nur etwa ein Drittel kleiner als die für den konventionellen Ausbau. Die laufenden jährlichen Kosten betragen ca. 148.500 bzw. 177.800 EUR; das entspricht pro Parkstand ca. 1.550 bzw. 1.850 EUR. Wird bei Szenario E1 die Ausführungsvariante mit Verkehrszeichenbrücken gewählt, erhöhen sich die Kosten dementsprechend.

Hier zeigt sich, dass in diesem fiktiven Anwendungsfall die jährlichen Kosten pro Parkstand bei den Szenarien mit besonderen Parkverfahren höher liegen, als die laufenden Kosten der konventionellen Lösung. Die Investitionskosten für Szenario E1

sind zwar niedriger als für die konventionelle Lösung, aber die höheren Betriebskosten des Kolonnenparkens führen zu höheren jährlichen Kosten. Erst die Bewertung durch höhere Nutzenpunkte ändert die Priorisierung der Szenarien und verschiebt sie zu Gunsten des Kolonnenparkens.

In einem anderen Anwendungsfall im gleichen Anwendungsbeispiel wird davon ausgegangen, der Vorher-Zustand entspräche den beiden südlichen Harfen mit 64 Lkw-Parkständen; es sollen darauf basierend die Szenarien A (vgl. Bild 30) und B1/B2 (vgl. Bild 31) gegenübergestellt werden. Es wird angestrebt, 32 zusätzliche Parkstände zu schaffen.

Vergleicht man am gleichen Anwendungsbeispiel die Schaffung von 32 neuen konventionellen Parkständen (dritte Parkstandfläche) als Szenario A mit dem Umbau der 64 Parkstände in den beiden südlichen Parkstandflächen (Szenario B1/B2), ergeben sich für Szenario A Investitionskosten von ca. 995.000 EUR; das entspricht ca. 29.850 EUR pro Parkstand. Die laufenden jährlichen Kosten betra-

gen für Szenario A ca. 58.400 EUR; das entspricht pro Parkstand ca. 1.820 EUR.

Im Vergleich hierzu stehen die Szenarien B1/B2 mit den besonderen Parkverfahren. Hier liegen die Investitionskosten etwa bei 654.000 bzw. 1,026 Mio. EUR; das entspricht pro Parkstand ca. 20.500 bzw. 32.100 EUR. Die laufenden jährlichen Kosten betragen für Szenario B1/B2 etwa bei 65.300 bzw. 86.900 EUR; das entspricht pro Parkstand ca. 2.040 bzw. 2.700 EUR. Wird bei Szenario B1 die Ausführungsvariante mit Verkehrszeichenbrücken gewählt, erhöhen sich die Kosten dementsprechend.

Auch in diesem Beispiel liegen die laufenden jährlichen Kosten pro Parkstand bei den Szenarien mit besonderen Parkverfahren höher als bei der konventionellen Lösung. Allerdings ändert sich unter Berücksichtigung der Nutzenpunkte die Priorisierung der Szenarien in der Weise, dass die Umnutzung mit Kompaktparken (Szenario B2) in etwa gleichauf mit der konventionellen Lösung (Szenario A) liegt. Das Kolonnenparken (Szenario B1) schneidet mit ca. 464 EUR pro Parkstand und Nutzenpunkt am besten ab.

Hier zeigt sich deutlich, dass es in der Zusammenstellung von Projekteigenschaften bzgl. Bestandsanlagengröße und -topologie, Erweiterungsmöglichkeit und Eignung der Erweiterungsmöglichkeiten für die Anwendung besonderer Parkverfahren Abhängigkeiten gibt, welche sich stark auf die Kostenstruktur und -höhe auswirken, aber durch das Tool berücksichtigt werden können.

#### 6.2.4 PWC Staufferburg-West (BAB A 45)

Beim PWC Staufferburg-West handelt es sich um den Unterschied zu den anderen Anlagen um einen Parkplatz ohne Tank-/Rastanlage.

Seitens der Straßenbauverwaltung wurde eine Kostenaufstellung der Umbaukosten für den konventionellen Ausbau dieser Anlage übergeben. Die Kosten für die Hauptgruppen 4 bis 6 betragen 549.722 EUR (brutto). Diese Kosten konnten bei der Nutzung des Berechnungstools in Summe überwiegend nachvollzogen werden. Es zeigte sich dabei auch, dass größere relative Abweichungen vor allem bei kleineren Gesamtkosten zu erwarten sind.

Für diesen Anwendungsfall sind die entsprechenden Nutzenpunkte für die einzelnen betrachteten Szenarien ebenso wie die Ergebnisse in Form von

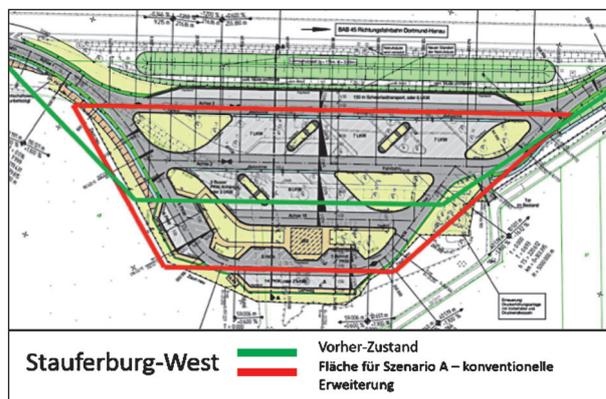


Bild 32: Szenario A (Stauferburg)

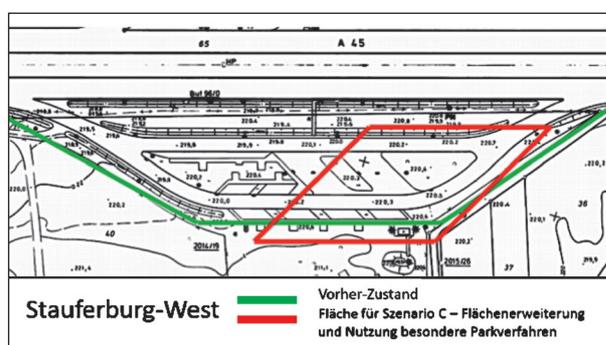


Bild 33: Szenario C (Stauferburg)

Investitionskosten und jährlichen Kosten als Summe der jährlichen Investitionskosten, Betriebskosten und Instandhaltungskosten Anlage 2.3 zu entnehmen. Hier sind auch die entsprechenden Kosten je Nutzenpunkt dargestellt.

In diesem Anwendungsbeispiel umfasst der Vorher-Zustand acht Lkw-Parkstände; es werden die Szenarien A (vgl. Bild 32) und C1/C2 (vgl. Bild 33) gegenübergestellt. Es wird angestrebt, im Endzustand insgesamt 32 Parkstände zu erhalten. Dies erfordert den kompletten Umbau und die Umgestaltung des Parkplatzes.

Es ergeben sich für Szenario A Investitionskosten von ca. 0,750 Mio. EUR; das entspricht ca. 31.400 EUR pro zusätzlich geschaffenem Parkstand. Die laufenden jährlichen Kosten betragen für Szenario A ca. 41.760 EUR; das entspricht pro Parkstand ca. 1.740 EUR.

Für das Szenario C1/C2 ergeben sich etwa 0,883 bzw. 1,045 Mio. EUR Investitionskosten; das entspricht 35.300 bzw. 41.800 EUR pro zusätzlich geschaffenem Parkstand. Die laufenden jährlichen Kosten liegen etwa bei 68.150 bzw. 74.450 EUR; das entspricht pro Parkstand ca. 2.730 bzw. 2.980 EUR und liegt damit deutlich höher als bei der konventio-

nellen Lösung. Wird bei Szenario B1 die Ausführungsvariante mit Verkehrszeichenbrücken gewählt, erhöhen sich die Kosten dementsprechend.

Bei diesem Beispiel ist zu berücksichtigen, dass

- zum einen alte Stellplätze überbaut werden und somit entfallen, d. h. der Parkstandskapazitätswachstum ist geringer als die Anzahl der tatsächlich gebauten Parkstände und
- zum anderen, dass kleine Anlagen kostenmäßig nicht oder nur sehr bedingt für den Einsatz von Telematiksystemen geeignet sind; hier muss die Kapazitätserhöhung auch die Grundkosten der Telematiksysteme mit abdecken.

### 6.3 Fazit aus der Validierung

#### 6.3.1 Kosten und Preise

Die Anwendung des Berechnungstools auf fünf Anwendungsfälle zeigt, dass die im Tool hinterlegten Einheitspreise mit ihren Min- und Max-Werten plausibel erscheinen und dass in der Zusammenstellung der Kosten keine wesentlichen Positionen oder Umfänge fehlen.

Auch die im Tool automatisierten Ermittlungen der Kosten von Baustelleneinrichtung und Verkehrsicherung sowie Instandhaltungskosten, welche mit prozentualen Ansätzen arbeiten, liefern plausible Daten.

Bei den Telematiksystemen zeigte sich aber im Unterschied zu den über die beiden Pilotanlagen gewonnenen Erkenntnisse, dass die zu erwartenden Anlagenpreise künftig zu installierender Systeme in ihrer Größenordnung vom eigentlichen Telematiksystem weniger abhängig sind, soweit man die Außenanlagen der Systeme in wesentlichen Komponenten wie den Aufstellvorrichtungen und der Detektion weitgehend gleichartig aufbauen möchte, was dementsprechend projektbezogen genau zu prüfen ist.

An dieser Stelle wird noch einmal darauf verwiesen, dass in den vorliegenden Anwendungsbeispielen beim Kolonnenparken grundsätzlich auf Verkehrszeichenbrücken mit parkstandsbezogenen Wechselverkehrszeichen verzichtet wurde. Die Führung des Lkw-Verkehrs zu den zugewiesenen Parkständen und die Anzeige der Parkstandsreihennummer erfolgt – wie in Montabaur realisiert – mittels seitlich angebrachten Tafeln. Dies erklärt die teilweise starken Differenzen der Toolergebnisse bei den Szenarien B1/B2, C1/C2 und E1/E2, welche sich in den Beispielanwendungen ausschließlich durch das eingesetzte Telematiksystem ergeben.

In Bild 34 sind die Investitionskosten/Parkstand und die laufenden jährlichen Kosten/Parkstand für alle Anwendungsfälle zusammengetragen.

Links sind die Ergebnisse für das Anwendungsbeispiel Lehrter See-Nord mit sechs Szenarien, in der Mitte das Anwendungsbeispiel Hasselberg-West

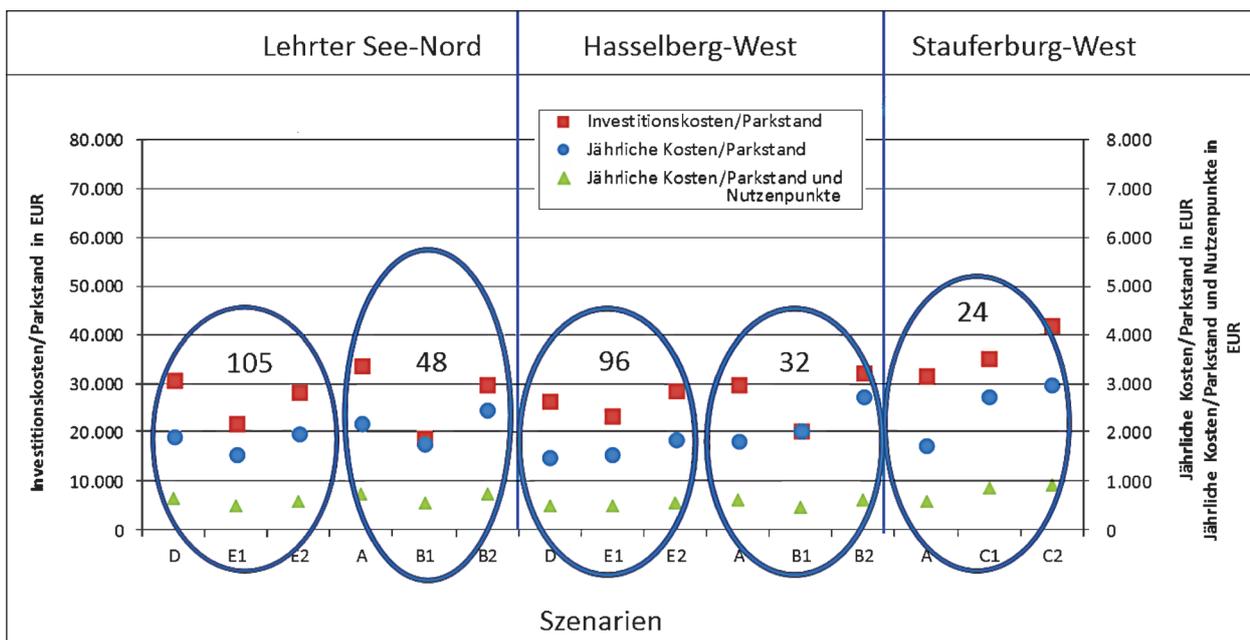


Bild 34: Übersicht – Ergebnisse der Beispielanwendungen

mit sechs Szenarien und rechts das Anwendungsbeispiel Stauferburg-West mit drei Szenarien dargestellt.

Innerhalb der blauen Kreise sind die Werte für die Investitionskosten/Parkstand und die laufenden jährlichen Kosten/Parkstand zu erkennen. Außerdem ist hier die Anzahl der neu geschaffenen Parkstände vermerkt.

Die Investitionskosten für konventionelle Parkanlagen liegen je nach Anwendungsbeispiel zwischen 20.000 und 40.000 EUR; nur Stauferburg-West fällt hinsichtlich der Höhe der Kosten auf. Dies hat zwei Gründe:

1. Aufgrund dessen, dass die Anlage sehr klein ist, wirkt sich der Aufbau eines Telematiksystems, welches immer auch Grundkosten (zentrale Komponenten, Verkabelung, Zeichen etc.) hat, welche nicht vollständig mit der Größe der Anlage skalieren, deutlich aus.
2. Hier werden nur 24 bzw. 25 neue Parkstände geschaffen, obwohl die Kosten für 32 bzw. 33 Parkstände anfallen. Die Parkstände aus dem Vorher-Zeitraum sind nicht mehr nutzbar, sondern werden – in beiden betrachteten Szenarien – überbaut.

Kleine Anlagen können wegen der unabhängig von der Anlagengröße entstehenden Kosten der zentralen Komponenten und Planungen der Telematiksysteme derzeit im Regelfall als nicht wirtschaftlich darstellbar eingeschätzt werden. Die ausgewählten Beispielanwendungen stellen keine geeignete Grundlage für eine generelle Abschätzung der Mindestgröße dar.

### 6.3.2 Nutzenbewertung

Das gewählte Verfahren der Nutzwertanalyse auf Basis einer Nutzen-Kosten-Untersuchung ist in der Lage alle projektspezifischen Belange unabhängig davon, ob sie aus technischen oder organisatorischen Gründen heraus entstehen, zu berücksichtigen.

Durch die Konzentration auf die wesentlichen Kriterien entspricht sie auch sonst im Verkehrsinfrastrukturbereich üblichen Bewertungsverfahren und berücksichtigt monetarisierbare und nicht-monetarisierbare Nutzenkomponenten.

Da im Zuge der Toolevaluierung keine speziellen projektspezifischen Anforderungen vorlagen, wur-

den hier alle Projekte dem Grunde nach identisch behandelt. Dabei wurden folgende Vorgehensweisen gewählt.

- Kriterium 1  
Kapazitätserhöhung: Hierzu wurde entsprechend der in der Beschreibung des Verfahrens dargelegten Berechnungsgrundlage verwendet.
- Kriterium 2  
Umsetzungsdauer: Bei den Szenarien bzw. Evaluierungsfällen, die einen Grunderwerb erfordern, wurden hier grundsätzlich von einer Umsetzungsdauer von acht Jahren ausgegangen und null Punkte vergeben, da eine Differenzierung verschiedener Kaufoptionen nicht vorlag. Wenn kein Grunderwerb erforderlich war, wurde mit einer Umsetzungsdauer von drei Jahren gerechnet.
- Kriterium 3  
Umweltbetroffenheit: Hierbei wurde auf den Grunderwerb und die Flächenversiegelung abgestellt und die Höhe der Umweltbetroffenheit gemäß des Flächenverbrauchs abgeschätzt.
- Kriterium 4  
Systemverfügbarkeit: Hierzu wurde die in der Beschreibung des Verfahrens dargelegte Berechnungsgrundlage verwendet.

Die Kombination aus Gewichtung und Bewertung ermöglicht eine feingliedrigere Bewertung und führt damit bei Einsatz des Tools zu einer detaillierten Bewertung.

### 6.3.3 Einsatzfähigkeit

Die Anwendung des Berechnungstools auf fünf Anwendungsfälle an drei Beispielanwendungen hat – soweit diese Basis die Aussage zulässt – dessen grundsätzliche Anwendbarkeit nachgewiesen. Sie hat aber auch die große Projektabhängigkeit und das Erfordernis von möglichst realistischen Eingangsdaten insbesondere zu den zu erwartenden Preisniveaus gezeigt.

Zusammenfassend ist es aber erforderlich, darauf hinzuweisen, dass der Aufbau des Tools selbst und seine Evaluierung eine entsprechende Unschärfe der Ergebnisse aufweisen. Dies resultiert daraus, dass zu den besonderen Parkverfahren erst wenige Projekte pilothaft umgesetzt wurden.

Es ist insbesondere zu beachten, dass die quantitativen Endergebnisse des Berechnungstools allein für eine Projektentscheidung nicht ausreichend sein werden, sondern die für ein Verkehrsprojekt üblicherweise mit einzubeziehenden Rahmenbedingungen für Planungs- und Realisierungsentscheidungen zu beachten sind.

Daher sind beim Einsatz des Berechnungstools alle projektspezifischen Rahmenbedingungen zu klären, zu definieren und zu begründen. Erst auf dieser Basis können dann sowohl die Kostenermittlung als auch die Durchführung des Bewertungsverfahrens erfolgen.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

### 7.1 Zusammenfassung

Der vorhandene Parkraum für Lkw an Bundesautobahnen deckt derzeit nicht den tatsächlichen Bedarf. Dies führt dazu, dass Lenkzeiten überschritten werden, zusätzlicher Parksuchverkehr entsteht und dass Lkw ordnungswidrig in nicht dafür bestimmten Bereichen abgestellt werden. Zur Verbesserung dieser Situation kommen neben dem konventionellen Neu-, Um- oder Ausbau von Rastanlagen auch besondere Parkverfahren in Betracht.

Mithilfe derer wird die Parkkapazität durch eine optimierte Nutzung der vorhandenen Fläche auf den Rastanlagen erhöht. Hierfür werden die vorhandenen Parkflächen so umgestaltet, dass mehrere Lkw direkt hinter- und nebeneinander parken können.

Derzeit sind grundsätzlich zwei besondere Lkw-Parkverfahren bekannt und in der Phase der Etablierung:

- Kolonnenparken (KolonnenP),
- Kompaktparken (KompaktP).

Beim Verfahren Kolonnenparken [MANN, 2002; MANN, BREßLER, 2007] geben alle Fahrer vor einer Schranke an einem Terminal ihre Abfahrtszeit ein. Das Steuerungsverfahren sowie eine automatisierte Vermessung und Verfolgung der Fahrzeuge sorgen dafür, dass jedem Fahrer auf der Basis seiner Eingabedaten möglichst ein freier Parkstand zugewiesen wird. Dabei berücksichtigt das Steuerungsverfahren die Abfahrtszeiten, die detektierten

Fahrzeüglängen und die Standorte bereits parkender Fahrzeuge. Das Kolonnenparken wird auf der Tank- und Rastanlage Montabaur sowie auf zwei Autohöfen und einer Anlage in Dänemark eingesetzt.

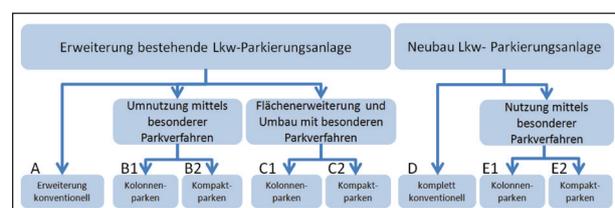
Beim Verfahren Kompaktparken [KLEINE, LEHMANN, 2009/2011] werden die ankommenden Fahrzeugführer mittels dynamischer Anzeigen über den Parkstandsreihen über die späteste Abfahrtszeit der Fahrzeuge einer Parkstandsreihe informiert, die in einer Reihe bereits parken. Die ankommenden Fahrzeugführer sollen mithilfe dieser Information in der Parkstandsreihe parken, in der die Abfahrtszeit angezeigt wird, zu der sie die Weiterfahrt planen. Eine Anlage zum Kompaktparken wird aktuell in der Rastanlage Jura-West getestet.

Besondere Parkverfahren scheinen nach den bisher gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnissen prinzipiell dazu geeignet zu sein, die Kapazität einer Rastanlage zu erhöhen. Bisher lag der Schwerpunkt der Entwicklungen und Untersuchungen auf den technischen Aspekten dieser Verfahren.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, eine Methode zur Wirtschaftlichkeitsbewertung der besonderen Parkverfahren im Vergleich zum konventionellen Ausbau zu entwickeln. Hierzu wird ein Berechnungstool realisiert, welches die Kosten für verschiedene Ausbaualternativen berechnet und die Vor- und Nachteile der Ausbaualternativen berücksichtigt.

Dieses Tool berücksichtigt die in Bild 35 dargestellten Szenarien (A, B1, B2, C1, C2, D, E1 und E2).

In einem ersten Schritt werden die unterschiedlichen Typen von Parkieranlagen kategorisiert, mit denen konventionelle und besondere Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitätserhöhung an BAB realisiert werden könnten. Dabei wird auch detailliert auf die einzelnen relevanten Bauteilgruppen von Parkieranlagen eingegangen. Unterschiedliche Bauteilgruppen innerhalb einer Parkieranlagenart können unterschiedliche Kosten



**Bild 35:** Verschiedene Szenarien für eine Erweiterung der Lkw-Parkkapazität

aber auch Nutzungsdauern aufweisen. Die Berücksichtigung von deren Vor- und Nachteilen ergeben sich erst aus einer zeitlich differenzierten Betrachtung. Auf diese Weise können auch zukünftige Anlagen, welche ggf. eine andere Zusammensetzung im Vergleich zu heutigen Anlagen aufweisen, flexibel und zutreffend bewertet werden.

Die sich daraus ergebenden Erkenntnisse werden zusammengetragen und als Ausgangsbasis für die Verfahrensentwicklung verwendet. werden.

Zur Bewertung der Nutzen eines Lkw-Parkverfahrens wird ein formalisiertes Bewertungsverfahren eingesetzt, da sich viele Nutzenkomponenten eines Lkw-Parkverfahrens nicht direkt monetarisieren lassen. Als Bewertungskriterien wurden in einem ersten Schritt die folgenden Kriterien verwendet:

- Kapazitätserhöhung,
- Umsetzungsdauer,
- Umweltaspekt,
- technische Systemverfügbarkeit.

Weitere denkbare Kriterien wären Sicherheit, Begreifbarkeit oder Verkehrsleitung. Sobald weitere Erfahrungen mit Lkw-Parkverfahren gesammelt werden, kann das Bewertungsverfahren weiterentwickelt werden.

Das Berechnungstool wurde als Tabellendatei in Microsoft® Excel® ab Version 2007 realisiert. Das Tool umfasst die Kostenermittlung der einzelnen Szenarien und ermittelt sowohl Investitionskosten, als auch die jährlichen Kosten. Außerdem bietet es ein Bewertungsschema für Nutzenkomponenten an und berechnet die Kosten je Nutzenpunkt. Damit ist es in einer Gesamtbetrachtung der Ergebnisse möglich, die Kosten-Nutzen-Relation als Bewertungskriterium mit einfließen zu lassen.

Bei den im Berechnungstool hinterlegten Kostensätzen für die besonderen Parkverfahren ist zu beachten, dass diese unter anderem auf Erfahrungen aus Pilotinstallationen basieren.

Im Berechnungstool sind Formeln integriert, welche der Nutzung formal unplausibler Werte vorbeugen. Dennoch ist das Tool ausschließlich für fachkundige Anwender konzipiert und setzt fundierte Kenntnisse der allgemeinen Fachinhalte und der Spezifika des gegenständlichen Projektes voraus. Dadurch kann ein übersichtlicher und kompakter Aufbau umge-

setzt werden, welcher für schnelle Ergebnisse sorgt.

Die Realisierung des Tools ermöglicht zudem das kontrollierte Abweichen von den mit dem Tool gelieferten Vorgabewerten zur Darstellung projektspezifischer Besonderheiten der zu bewertenden Anlagen.

Da das Tool für einen Einsatz im Rahmen der Vorplanung oder in noch weiter davor liegenden Projektphasen vorgesehen ist, wurde es auch in Richtung Kompaktheit und Einfachheit der Anwendung optimiert. Es kann daher umfassende Vorplanungen wirksam unterstützen aber nicht ersetzen.

Anschließend wurde das Berechnungstool an drei unterschiedlich charakteristischen Rastanlagen angewendet:

- Rastanlage Lehrter See-Nord an der BAB A 2,
- Rastanlage Hasselberg-West an der BAB A 7,
- PWC Staufferburg-West an der BAB A 45.

Bei den idealisierten und vereinfachten Beispielrechnungen konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

Das Tool ist grundsätzlich für die in Frage kommenden Aufgaben geeignet. Aufgrund der großen Streuung einiger Kostenkomponenten wie zum Beispiel des Grunderwerbs sowie der Erdbewegungen und der Lage des Projektgebietes und damit verbundener Transportwege und der allgemeinen Marktsituation an sich sind die Ergebnisse aber immer interpretationsbedürftig. Zudem muss im Rahmen der Bewertung über die Gewichtung der einzelnen Kriterien zueinander im lokalen und funktionalen Kontext der Projekte sehr sorgsam entschieden werden.

Soweit der Einsatz telematischer Systeme vorgesehen ist, muss bei der Anlage der entsprechenden Kostenkomponenten gut auf eine Vergleichbarkeit der Ausrüstungsstandards geachtet oder in der abschließend verbal zu dokumentierenden Ergebnisbetrachtung auf Unterschiede hierbei hingewiesen werden.

Es bleibt anzumerken, dass die für die obigen Beispielrechnungen verwendeten Mengen- und Kostenansätze nur der Validierung des Berechnungstools gedient haben.

## 7.2 Ausblick

Mit dem vorliegenden Berechnungstool liegt ein Werkzeug vor, um im Vorfeld von Neubau- und Erweiterungsplanungen von Lkw-Parkplätzen an BAB eine Wirtschaftlichkeitsabschätzung vorzunehmen.

Die tatsächliche Eignung des Bewertungsverfahrens und des Berechnungstools wird sich in der Anwendung bei realen Projekten zeigen.

Für die Realisierung von Parkieranlagen mit besonderen Parkverfahren liegen erste Praxiserfahrungen vor. Eine ausreichende Empirie liegt noch nicht vor. Das Bewertungsverfahren sollte anhand der zukünftigen Erfahrungen aktualisiert und angepasst werden. Dies betrifft sowohl die Kosten- als auch die Nutzen-Komponenten.

Es ist davon auszugehen, dass die besonderen Parkverfahren darüber hinaus weiterentwickelt werden und gegebenenfalls auch weitere Verfahren hinzukommen. Auch diese Entwicklungen sollten dann entsprechend im Bewertungsverfahren Berücksichtigung finden.

Das vorliegende Berechnungstool bietet Möglichkeiten der späteren Anpassung und Weiterentwicklung.

## 8 Literatur

Autobahnamt Sachsen/LIST Landesinstitut für Straßenbau GmbH/TU Dresden PTV AG (2010): RE-Entwurf Lkw-Parkleitsystem im Raum Dresden. Dresden: LASuV (unveröffentlicht)

Autobahndirektion Nordbayern (2015): Ausführungsplanung A 3 TR Jura-West: Erweiterung der Verkehrsflächen/Kompaktparken. Nürnberg: ABDN

Bayerische Staatszeitung (2013): Kompaktparken auf der Autobahn. München: Verlag Bayerische Staatszeitung GmbH

Bundesanstalt für Straßenwesen (2016): BAST-Fachthemen: Telematisch gesteuertes Kompaktparken für das moderne Parkraummanagement auf BAB, Bergisch Gladbach: BAST/<http://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/V5-kompaktparken/kompaktparken.html> (Zugriff 09.06.2016)

Bundesanstalt für Straßenwesen: BISStra – Bundesinformationssystem Straße (2008): Parksituation für Lkw auf BAB in Deutschland in den Nachtstunden – Fehlbestand an Parkständen pro km auf Rastanlagen auf den BAB und Autohöfen (Ist-Zustand; Erhebung März 2008). Bergisch Gladbach: BISStra

Bundesminister für Verkehr (1999): Vorläufige Hinweise zu den Richtlinien für Rastanlagen an Straßen bezüglich Autobahnrastanlagen (VHRR), Ausgabe 1999

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Referat StB 11 et al. (2011): Lkw-Parken in einem modernen, bedarfsgerechten Rastanlagensystem. Berlin: BMVBS

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Referat StB 12 Abs, J. (2013): Telematisches Lkw-Parken auf Bundesautobahnen. Berlin/Bonn: BMVBS

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2014): Anweisung Straßeninformationbank Segment Nebenanlagen/Anlagen des ruhenden Verkehrs, Version 2.03, Anweisung

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2014): Anweisung zur Kostenermittlung und zur Veranschlagung von Straßenbaumaßnahmen, Berlin/Bonn: BMVI

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016): Umweltbericht zum Verkehrswegeplan, Berlin: BMVI

Europäischer Rat (1996): Richtlinie 96/53/EG Website: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1996:235:0059:0075:DE:PDF>

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1997): Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen – EWS. Köln: FGSV-Verlag

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (2005): Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs EAR 05. Köln: FGSV-Verlag

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (2005): Richtlinien für Rastanlagen an Straßen (RR). Köln: FGSV-Verlag

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (2010): Planung und Entwurf von

- Rastanlagen an den Bundesautobahnen; Vorläufige Hinweise zu den Richtlinien für Rastanlagen an Straßen bezüglich Autobahnrastanlagen (VHRR). Köln: FGSV-Verlag
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (2011): Empfehlungen für Rastanlagen an Straßen (ERS). Köln: FGSV-Verlag
- GLAESER, K.-P.; KASCHNER, R.; LERNER, M.; RODER, K.; WEBER, R.; WOLF, A.; ZANDER, U.; WEBER, R. (2006): Auswirkungen von neuen Fahrzeugkonzepten auf die Infrastruktur des Bundesfernstraßennetzes, Bundesanstalt für Straßenwesen
- HÜTTNER, A. (2012): Gefahrguttransporte 2010, Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik, Wiesbaden
- KATHMANN, T.; SCHROEDER, S.; BÄR, A.; DEGES/BMVBS (2014): Lkw-Parken auf BAB – Auswertung der bundesweiten Erhebung der Parkstandnachfrage an BAB 2013. Berlin: BMVBS, DGES, DTV Verkehrsconsult
- KLEINE, J.; LEHMANN, R. (2009): Neuer telematischer Steuerungsansatz für das Parkraummanagement von Lkw auf Rastanlagen an Bundesautobahnen. Bonn: Straßenverkehrstechnik 12/2009
- KLEINE, J.; LEHMANN, R. (2011): Konzeption eines Lkw-Parksystems auf Rastplätzen der BAB. Bonn: Straßenverkehrstechnik 8/2011
- KLEINE, J.; LEHMANN, R.; LOHOFF, J., RITTERSHAUS, L. (2014): Rastanlagen an BAB – Verbesserung der Auslastung und Erhöhung der Kapazität durch Telematiksysteme. Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach: BASt (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 241)
- KLEINE, J.; LEHMANN, R.; LOHOFF, J., RITTERSHAUS, L. (2015): Rastanlagen an BAB – Verbesserung der Auslastung und Erhöhung der Kapazität durch Telematiksysteme. Bergisch Gladbach: BASt V241 2014<sup>3</sup>
- KUGELE, W. (2011): Lkw-Abstellplätze entlang von Straßengüterverkehrskorridoren – Stand und Ausblick. München: ADAC e. V.
- LEERKAMP, B.; KLEMMER, Th. (2017): Tages-, Wochen- und Jahresganglinien sowie Aufenthaltsdauern bei der Nutzung von Rastanlagen, FE 01.0172/20111/CRB, BMVI Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1126
- LÜTTMERTDING, A.; GATHER, M.; HEINITZ, F.; HESSE, N. (2008): Belegung der Autobahnparkplätze durch Lkw in Thüringen, Berichte des Instituts Verkehr und Raum der Fachhochschule Erfurt, Band 3
- LÜTTMERTDING, A.; GATHER, M.; HEINITZ, F.; HESSE, N. (2008): Belegung der Autobahnparkplätze durch Lkw in Thüringen – Bestandsaufnahme und grundsätzliche Maßeempfehlungen. Erfurt: FH Erfurt, Institut für Verkehr und Raum im Auftrag des Thüringer Landesamtes für Straßenbau; Berichte des Instituts für Verkehr und Raum, Band 3/2008
- M+C Lkw-Parksysteme GmbH (2015): Website <http://www.lkw-parken.de>. Startseite und Referenzen; Wirges: M+C Lkw-Parksysteme GmbH
- MANNS, K. (2003/2007): Europäisches Patent EP 1 408 455 B1: Anlage zur optimalen Ausnutzung des Parkraumes von Parkplätzen für Kraftfahrzeuge. München: Europäisches Patentamt, Patentblatt 2007/50
- MANNS, K. (2011): Patent DE 102011015866.9: Anlage mit Parkplätzen für Personenkraftwagen. München: Deutsches Patent- und Markenamt
- MANNS, K.; BREßLER, A. (2006): Telematisch gesteuertes Lkw-Parken auf Tank- und Rastanlagen. Bonn: Straßenverkehrstechnik 7/2006
- MANNS, K.; BREßLER, A. (2007): Pilotanlage für telematisch gesteuertes Lkw-Parken an der Tank- und Rastanlage Montabaur – Erfahrungsbericht: Bonn: Straßenverkehrstechnik 6/2007
- PARTZSCH, I.; MEY, S. (2013): Funktionalitätsprüfung des Kolonnenparksystems an der T+R-Anlage Montabaur. Dresden: Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI Dresden im Auftrag des Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz (unveröffentlicht)
- PFANNERSTILL, E.; APFELSTÄDT, A.; KREMTZ, L.; FUCHS, J. (2012): Pilotanlagen zur automatisierten Detektion der Lkw-Parkplatzbelegung an Autobahnen. Bonn: Straßenverkehrstechnik 12/2012

<sup>3</sup> Hinweis auf Veröffentlichung in SVT 7/2015

PTV et al. (2016): Methodenhandbuch zum Entwurf des Bundesverkehrswegeplans 2030, Entwurfsfassung. Karlsruhe, Berlin, Waldkirch, München

RATMEYER, B. (2014): Smarte Technologien im Mittelstand – Wie Laster lernen, intelligent den Parkraum zu nutzen. Berlin: Der Mittelstand, BVMW – Bundesverband mittelständische Wirtschaft, Unternehmerverband Deutschlands e. V. 4/2014

RIEBSAMEN, H. (2014): Parkplätze auf Raststätten – Nicht mehr in die Büsche schlagen. Frankfurt: [www.faz.net](http://www.faz.net) (03.09.2014, 12:30 Uhr)

TU Darmstadt (2006): BAB A 3 – Pilotanlage für Telematisch gesteuertes Lkw-Parken auf der Tank- und Rastanlage Montabaur. Darmstadt, im Auftrag des Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz (unveröffentlicht)

VoLTRA solutions gmbh, M+C-Lkw-Parksysteme GmbH & Co.KG (2014): Überblicksvortrag Frankfurt. Wirges: M+C-Lkw-Parksysteme GmbH

WALLERANG, L. (2015): Der Lkw der Zukunft ist lang, leicht und autonom; Pinnow: MotorZeitung.de

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Verkehrstechnik“

## 2014

V 243: Nutzen und Kosten von Verkehrsbeeinflussungsanlagen über den gesamten Lebenszyklus

Balmberger, Maibach, Schüller, Dahl, Schäfer € 17,50

V 244: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2013

Fitschen, Nordmann € 28,50

V 245: Überprüfung der Befahrbarkeit innerörtlicher Knotenpunkte mit Fahrzeugen des Schwerlastverkehrs

Friedrich, Hoffmann, Axer, Niemeier, Tengen, Adams, Santel  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 246: Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Verkehrssicherheit in Einfahrten auf Autobahnen

Kathmann, Roggendorf, Kemper, Baier  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 247: Befahrbarkeit plangleicher Knotenpunkte mit Lang-Lkw

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

V 248: Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw – Grundlagentermittlung

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

## 2015

V 249: Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen

Schlag, Voigt, Lippold, Enzfelder  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 250: Befahrbarkeit spezieller Verkehrsanlagen auf Autobahnen mit Lang-Lkw

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

V 251: Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen von Straßenumgestaltungen nach dem „Shared Space“-Gedanken

Baier, Engelen, Klemps-Kohnen, Reinartz € 18,50

V 252: Standortkataster für Lärmschutzanlagen mit Ertragsprognose für potenzielle Photovoltaik-Anwendungen

Gündra, Barron, Henrichs, Jäger, Höfle, Marx, Peters, Reimer, Zipf € 15,00

V 253: Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Sicherheit und den Ablauf des Verkehrs in Arbeitsstellen

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

V 254: Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-Lkw

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

V 255: Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw

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

V 256: Grundlagen für die Einbeziehung der sonstigen Anlagenteile von Straßen in die systematische Straßenerhaltung als Voraussetzung eines umfassenden Asset Managements

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

V 257: Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen

Ohm, Fiedler, Zimmermann, Kraxenberger, Maier Hantschel, Otto € 18,00

V 258: Regionalisierte Erfassung von Straßenwetter-Daten

Holldorb, Streich, Uhlig, Schäufele € 18,00

V 259: Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellierung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten

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

V 260: Berechnung der optimalen Streudichte im Straßenwinterdienst

Hausmann € 15,50

V 261: Nutzung von Radwegen

in Gegenrichtung – Sicherheitsverbesserungen  
Alrutz, Bohle, Busek € 16,50

V 262: Verkehrstechnische Optimierung des Linksabbiegens vom nachgeordneten Straßennetz auf die Autobahn zur Vermeidung von Falschfahrten

Maier, Pohle, Schmotz, Nirschl, Erbsmehl € 16,00

V 263: Verkehrstechnische Bemessung von Landstraßen – Weiterentwicklung der Verfahren

Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff € 16,50

V 264: Qualitätsstufenkonzepte zur anlagenübergreifenden Bewertung des Verkehrsablaufs auf Außerortsstraßen

Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff € 17,00

V 265: Entwurfstechnische Empfehlungen für Autobahntunnelstrecken

Bark, Kutschera, Resnikow, Baier, Schuckließ  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 266: Verfahren zur Bewertung der Verkehrs- und Angebotsqualität von Hauptverkehrsstraßen

Baier, Hartkopf € 14,50

V 267: Analyse der Einflüsse von zusätzlichen Textanzeigen im Bereich von Streckenbeeinflussungsanlagen

Hartz, Saighani, Eng, Deml, Barby  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 268: Motorradunfälle – Einflussfaktoren der Verkehrsinfrastruktur

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

## 2016

V 269: Identifikation von unfallauffälligen Stellen motorisierter Zweiradfahrer innerhalb geschlossener Ortschaften

Pohle, Maier € 16,50

- V 270: Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf den Straßenbetriebsdienst (KliBet)  
Holldorb, Rumpel, Biberach, Gerstengarbe, Österle, Hoffmann € 17,50
- V 271: Verfahren zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Ausschreibung von Elementen der Straßeninfrastruktur  
Offergeld, Funke, Eschenbruch, Fandrey, Röwekamp  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 272: Einsatzkriterien für Baubetriebsformen  
Göttgens, Kemper, Volkenhoff, Oeser, Geistefeldt, Hohmann € 16,00
- V 273: Autobahnverzeichnis 2016  
Kühnen € 25,50
- V 274: Liegedauer von Tausalzen auf Landstraßen  
Schulz, Zimmermann, Roos € 18,00
- V 275: Modellversuch für ein effizientes Störfallmanagement auf Bundesautobahnen  
Grah, Skottke  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 276: Psychologische Wirkung von Arbeitsstellen auf die Verkehrsteilnehmer  
Petzoldt, Mair, Krems, Roßner, Bullinger € 30,50
- V 277: Verkehrssicherheit in Einfahrten auf Autobahnen  
Kathmann, Roggendorf, Scotti  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 278: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2014  
Fitschen, Nordmann € 30,50
- V 279: HBS-konforme Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen  
Geistefeldt, Giuliani, Busch, Schendzielorz, Haug, Vortisch, Leyn, Trapp € 23,00
- V 286: Telematisch gesteuertes Kompaktparken – Grundlagen und Entwicklung  
Kleine, Lehmann € 16,50
- V 287: Werkzeuge zur Durchführung des Bestandsaudits und einer erweiterten Streckenkontrolle  
Bark, Kutschera, Resnikow, Follmann, Biederbick € 21,50
- V 288: Überholungen von Lang-Lkw - Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf  
Roos, Zimmermann, Köhler  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 289: Verkehrsqualität an verkehrsunabhängig gesteuerten und koordinierten Lichtsignalanlagen  
Geistefeldt, Giuliani, Vieten, Dias Pais € 20,00
- V 290: Fahrleistungserhebung 2014 – Inländerfahrleistung  
Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer, Stock, Lenz, Kuhnimhof, Köhler € 19,00
- V 291: Fahrleistungserhebung 2014 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko  
Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer, Stock, Lenz, Kuhnimhof, Köhler € 18,50
- V 292: Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw  
Burg, Schrempp, Röhling, Klaas-Wissing, Schreiner  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 293: Ermittlung der geeigneten Verkehrsnachfrage als Bemessungsgrundlage von Straßen  
Geistefeldt, Hohmann, Estel  
Unterauftragnehmer: Manz € 17,50
- V 294: Wirtschaftlichkeitsbewertung besonderer Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitätserhöhung an BAB  
Maibach, Tacke, Kießig € 15,50

## 2017

- V 280: Demografischer Wandel im Straßenbetriebsdienst – Analyse der möglichen Auswirkungen und Entwicklung von Lösungsstrategien  
Pollack, Schulz-Ruckriegel € 15,50
- V 281: Entwicklung von Maßnahmen gegen Unfallhäufungsstellen – Weiterentwicklung der Verfahren  
Maier, Berger, Kollmus € 17,50
- V 282: Aktualisierung des Überholmodells auf Landstraßen  
Lippold, Veters, Steinert € 19,50
- V 283: Bewertungsmodelle für die Verkehrssicherheit von Autobahnen und von Landstraßenknotenpunkten  
Bark, Krähling, Kutschera, Baier, Baier, Klemps-Kohnen, Schuckließ, Maier, Berger € 19,50
- V 284: Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellierung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten  
Geistefeldt, Sievers  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 285: Praxisgerechte Anforderungen an Tausalz  
Kamptner, Thümmeler, Ohmann  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- 
- Fordern Sie auch unser kostenloses Gesamtverzeichnis aller lieferbaren Titel an! Dieses sowie alle Titel der Schriftenreihe können Sie unter der folgenden Adresse bestellen:
- Fachverlag NW in der Carl Schünemann Verlag GmbH**  
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen  
Tel. +(0)421/3 69 03-53 · Fax +(0)421/3 69 03-63
- Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.
- [www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)