

Einsatzkriterien für Baubetriebsformen

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 272

bast

Einsatzkriterien für Baubetriebsformen

von

Fabian Göttgens
Dirk Kemper
Tobias Volkenhoff
Markus Oeser

Institut für Straßenwesen Aachen
RWTH Aachen University

Justin Geistefeldt
Sandra Hohmann

Lehrstuhl für Verkehrswesen – Planung und Management
Ruhr-Universität Bochum

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 272

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 03.498/2012/KRB:
Einsatzkriterien für Baubetriebsformen

Fachbetreuung:
Christian Bansi

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

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

ISSN 0943-9331
ISBN 978-3-95606-262-9

Bergisch Gladbach, Juni 2016

Kurzfassung – Abstract

Einsatzkriterien für Baubetriebsformen

Durch steigende Verkehrsleistungen sowie zunehmendem Erhaltungs- und Ausbaubedarf auf Bundesautobahnen ist in den nächsten Jahren nicht mit einer Abnahme der Anzahl von Arbeitsstellen längerer Dauer zu rechnen. Hiermit gehen auch immer wieder Staus mit hohen volkswirtschaftlichen Verlusten einher. Ziel muss es daher sein, die Auswirkungen von Arbeitsstellen längerer Dauer auf den Verkehr durch die Verkürzung der Bauzeiten zu minimieren. Bauzeitverkürzungen können durch Intensivierung der Arbeitszeiten (Baubetriebsformen) erreicht werden.

Neben der Verkehrsbelastung stellen weitere Kriterien wie Arbeitsrecht, Material- und Personalressourcen, Immissionsschutzvorgaben, Fahrpersonalverordnungen, Sondergenehmigungen und psycho-soziale Aspekte wichtige Einflussfaktoren auf die Wahl der Baubetriebsform dar, die gesamtwirtschaftlich sinnvoll getroffen werden sollte. Da sich nur wenige der Kriterien geeignet monetarisieren lassen wird zunächst die Verkehrsstärke als Leitkriterium herangezogen und die durch eine Bauzeitverkürzung eingesparten Fahrtzeitverlustkosten den zur Erreichung der Beschleunigungswirkung erforderlichen Baulastträgerkosten zur Generierung eines Nutzen-Kosten-Verhältnisses gegenübergestellt.

Für insgesamt 13 definierte Standardmaßnahmen konnten durch dieses Vorgehen gesamtwirtschaftlich sinnvolle Einsatzgrenzen ermittelt werden, die als mittlere DTV-Jahreswerte vorliegen und die Schwelle der Verkehrsstärke markieren, ab der eine Durchführung der Baumaßnahme in einer intensiveren Betriebsform gesamtwirtschaftlich vorteilhafter ist. Zur Berücksichtigung örtlicher verkehrlicher Randbedingungen wurden die Einsatzgrenzen für Variationen von Schwerverkehrsanteilen, Längsneigungen, Lage bezügliche Ballungsräumen sowie typisierten Ganglinien der Verkehrsnachfrage bestimmt. Die ausgewählten Standard-Maßnahmen decken insgesamt ein breites Spektrum der auf Bundesautobahnen durchgeführten Leistungen der Instandhaltung und Erneuerung ab.

Für zukünftig durchzuführende Maßnahmen auf Bundesautobahnen existieren somit Richtwerte, ab welchen Verkehrsstärken die Durchführung in

intensiveren Betriebsformen empfohlen werden kann. Zusätzlich können für definierte Randbedingungen der Nutzen sowie das Nutzen-Kosten-Verhältnis durch diese Intensivierung abgeschätzt werden. Eine Vorauswahl der Betriebsform, die auf einer gesamtwirtschaftlichen Bewertung basiert, ist somit unter Ansatz der vorliegenden Streckenparameter und verkehrlichen Randbedingungen möglich. Zur endgültigen Auswahl sind zusätzliche, nicht monetarisierbare Kriterien zu prüfen und in die Entscheidung für die auszuschreibende Baubetriebsform mit einzubeziehen.

Application criteria for operation modes

Due to rising traffic services as well as increasing maintenance and development needs on federal motorways, a decrease in the number of long-term worksites is not to be expected within the next few years. This phenomenon repeatedly involves congestions associated with high economic losses. Therefore, the aim must be to minimize the impact of long-term worksites on traffic by means of shortened construction times. Construction time reductions can be achieved for instance by intensifying working hours (operation modes).

In addition to traffic load, also further criteria such as labour law, material and personnel resources, pollution control requirements, regulations concerning driving personnel, special permits and psycho-social aspects represent important factors influencing the choice of the operation mode, which should be taken reasonable from a macroeconomic perspective. Since only a few of these criteria can be monetized in a suitable way, traffic volume will first be used as a guiding criterion. In order to generate a benefit-cost ratio, the costs for travel time losses which can be saved by shortened construction times will furthermore be compared with costs for road authorities which are required for achieving an acceleration effect.

For overall 13 defined standard measures, application limits could be determined through this procedure which are reasonable from a macroeconomic perspective and which are available as mean DTV annual values. These

values mark the threshold of traffic volume from which an implementation of the construction measure in a more intense operation mode is more advantageous in terms of macroeconomics. To consider local traffic-related conditions, application limits have been determined for variations of longitudinal gradients, shares in heavy traffic, position concerning congested urban areas and typical load curves of traffic demand. The selected standard measures altogether cover a broad range of maintenance and renewal services performed on federal motorways.

For future measures to be implemented, guiding values are available that indicate exactly those traffic volumes from which an implementation in more intense operation modes can be recommended. In addition, benefits and a benefit-cost ratio can be estimated for defined boundary conditions through this intensification. A pre-selection of an operation mode, which is based on a macroeconomic evaluation, is thus possible under consideration of present track parameters and traffic-related conditions. For a final selection, additional criteria that cannot be monetized should be assessed and included in the decision for the operation mode to be called for tenders, though.

Summary

Application criteria for operation modes

1 Problem definition and initial situation

Steadily increasing traffic volumes as well as the persistent need for maintenance and the infrastructure expansion of federal highways make a decrease in long-term work zones unlikely to be observed. Under such circumstances, congestion is a frequent phenomenon which entails substantial economic losses. Therefore it is of utmost importance to minimize the impact work zones have on traffic. One approach to tackling this issue and attaining minimal influences on traffic is the construction work in operation modes which are characterized by longer daily and weekly hours of work. Currently, guidelines for work zone management on federal highways define four operational systems (BF):

BF 1: work in normal daylight,

BF 2: work on all weekdays whilst utilizing the entire daylight provided,

BF 3: work only at night,

BF 4: work around the clock (24 hours).

Current specifications of the German federal ministry for traffic and digital infrastructure state that the implementation as well as the tendering of work zones in operational system 2 can be seen as the standard procedure. For sections with high traffic volumes operational system 4 is to be used whereas operational system 1 shall only be used in exceptional cases with very low traffic volumes. However, limit values are not specified meaning that no precise guideline values exist as recommendations for operational systems.

Following the statistics of the ministry operational systems 2 and 4 may be used as standard variants for tendering (Figure 1); however, a consistent implementation of the respective operational systems in practice is uncommon.

The essential reasons for this can be identified by means of interviewing the representatives of the federal traffic administrations as well as construction companies: In this context the main reason was determined to be the elaborate staff

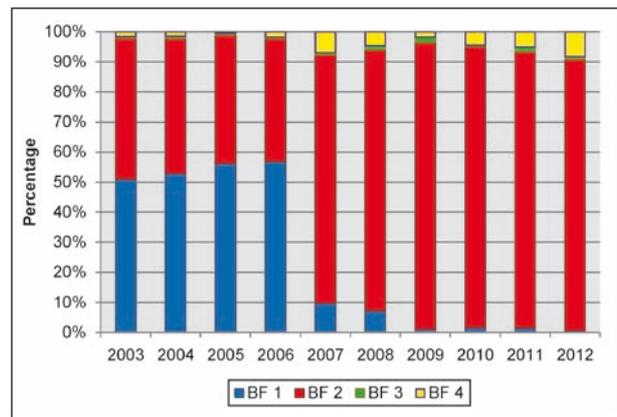


Fig. 1: Development of operational systems in work zones on federal highways

coordination necessary by the building contractors.

To enable a consistent implementation, operational system 2 as well as operational system 4 necessitate work in shifts. In the course of a complete calendar year, weather related interruptions of the construction process, varying periods of time with daylight as well as discontinuous tendering lead to a fluctuating demand with regard to the work force. Therefore persistent employment conditions cannot be maintained throughout the year easily. Furthermore, labor law, material resources, immission-related protection specifications, transport regulations, necessary special permits and psycho-social aspects represent important influential factors with regard to the selection of operational systems and can discourage the implementation of operational system 4 in work zones.

In practice, the use of alternative operational systems is common, whereby they represent a compromise between defined operational systems and economic incentives. These allow for the completion of work within the stipulated period (in spite of variations, obstructions of bad weather conditions).

2 Objective and course of action

Due to the absence of recommendations for operational systems the objective of this research project is the establishment of appropriate application limits which can be used as guideline values for the selection of operational systems. The focus whilst deriving the abovementioned

recommendations shall be on the overall economic impact. This means that the interests of contracting authorities (construction costs) as well as traffic participants (congestion and travel time) must be considered simultaneously. Since deficits in travel time can be represented by monetary values with the aid of suitable expense ratios, the average daily traffic amount (DTV) was identified as the most important criteria in the course of discussions with experts. This concluded that the limit value ranges for operational systems shall be issued as DTV-values. Additional criteria are not easily expressed in monetary quantities and therefore cannot be incorporated into the economic evaluation; nevertheless these factors mustn't be neglected in the course of selecting an adequate operational system.

For the economic assessment it is necessary to compare reductions in traveling time as a result of shorter construction periods with the expenditures for the shortening of construction periods.

Due to the existence of data on the reduced travel time loss in dependence on the traffic volume a benefit-cost-ratio can be determined based on the DTV. If the benefit-cost-ratio reaches a value of 1, the respective DTV-value represents the limit value for a given operational system at which the economic value of the decreased travel time is equal to the increased costs of reducing the construction period.

3 Construction related scenarios and evaluation of traffic

To ensure that the accelerating effect on the construction process and the alterations of the investment can be utilized as input values for the assessment, thirteen standardized operational systems were defined. These cover the majority of maintenance and infrastructure expansion on federal highways and therefore represent the totality of construction activities sufficiently well.

In addition to various traffic flow options measures with asphalt as well as concrete were considered. Furthermore, construction measures which were only carried out at night (BF 3) and thus reduce the impact on traffic were also incorporated in the analysis

Previously conducted construction and maintenance projects which corresponded to all of these standard measures with regard to operational

systems were used as references. Factors such as construction time and costs for all construction phases and traffic routing types were used to develop the evaluation method.

Operational system 4 is a little used variant, and has only resulted in few experience values with regard to the acceleration of the construction process as well as cost alterations in comparison to other operational systems. Therefore, generalizations were made based on pilot projects as well as previously executed alternative operational systems. For the economical evaluation and the determining of limit values operational systems used in practice as seen in Table 1 were assessed and matched with defined operational systems according to guidelines for work zone management.

Following the determination of relevant data, the parameters construction time and cost alterations are available for the respective measures in the various operational scenarios. These scenarios were then complemented with the optimal timeframe for construction to be carried out based on the construction duration and the temporal distribution of traffic volume (Table 4). The optimal time frame is characterized by the period within the construction season which represents the least traffic volume in relation to the whole year - thus ensuring the smallest restriction of traffic.

The traffic related assessment for the travel time loss was conducted based on the traffic analysis

BF	Daily working periods	operational systems according to guidelines for work zone management
I	Day shift (8.5 h/d) init. BF 1	1
IIa	Prolonged day shift (10 h/d)	2
IIb	Prolonged day shift (12 h/d)	
III	Night shift (8h/d) init. BF 3	3
IVa	Double shift operation (2 x 9 h/d)	4
IVb	Triple shift operation (3 x 8 h/d)	

Tab. 1: Categorization of operational systems in practice in the categories according to guidelines for work zone

system “Method for the assessment of the traffic flow on federal highways as an annual analysis for various boundary conditions” as developed in FE 01.0174/2011/HRB. The calculation of temporal losses as a result of congestion is conducted by means of a deterministic queue-model which compares the traffic demand with the capacity of auxiliary lanes.

The results and application limits, determined with various standard-measures shall be representative for numerous future work zones in Germany. Therefore, the analyses of various traffic scenarios of traffic demand and capacities (Table 2 und Table 4), is indispensable as these parameters are not fixed and may even vary within existing infrastructure networks.

The procedure for calculating the capacity values is based on the specifications in guidelines for work zone management on federal highways as well as the respective implementation instructions. For this purpose, to attain representative capacity values (Table 3) realistic assumptions were made with regard to transitions, lane width and lane reductions for the individual traffic routing.

In contrast to the required procedure, the capacities indicated in vehicles/h are determined under consideration of the percentage of heavy-load vehicles as well as the longitudinal incline of a route. The reduction factor for a high percentage of drivers familiar with the area was transferred for locations outside of agglomerations.

The traffic demand is described by the two parameters traffic volume and the temporal distribution of traffic over the period of a year as well as a day. The traffic volume is the main variable and is varied between 20,000 veh./d and 100,000 veh./d (depending on the cross section). The distribution of traffic demand is based on the temporal distributions of traffic, as seen in the guidelines for economic calculations of roads (draft). In general, four combinations of temporal distributions are used for further analyses, namely: annual-weekly distribution and daily distribution for heavy vehicles (SV) and light vehicles (LV) (Table 4).

The establishment of various scenarios (construction period and costs in various organizational systems) as well as the calculation and monetarization of time loss due to congestion for various traffic scenarios (as seen in the

Cause variable	scenario
Location with regard to agglomeration	within agglomeration areas (iB) outside agglomeration areas (aB)
Longitudinal incline	flat route (< 2%) hilly route (2-4%)
Heavy-load vehicles (SV)	10%, 20%

Tab. 2: Variations of influential factors with regard to capacity

Traffic routing	Lane width	capacity [vehicles/h]	
		Direction of travel 1	Direction of travel 2
2s+2s	breit	3,486	3,486
3s+1(s)	breit	3,486	3,399
4s+0	breit	3,486	3,311
4s+0	schmal	3,276	3,112
2n+1	breit	3,800*	1,656

* the capacity for the uninfluenced direction of travel 2n was determined in accordance with HBS-ENTWURF (2012)

Tab. 3: Capacities of traffic routing (example iB, flat route, SV 10%)

<ul style="list-style-type: none"> • 2/1/1/3/3 (GLK A) • 1/1/1/3/3 (GLK B) • 1/1/2/2/3 (GLK C) • 2/1/3/2/3 (GLK D)
Definition temporal distribution combinations: <ol style="list-style-type: none"> 1. position: annual-weekly-distribution LV 2. position: annual-weekly-distribution SV 3. position: daily distribution LV Monday 4. position: daily distribution LV Tuesday to Thursday 5. position: daily distribution LV Friday

Tab. 4: Utilized combinations of temporal traffic distributions

guidelines for economic calculations of roads (draft)) has allowed for the determination of input parameters, enabling the assessment of limit values for the applicability with regard to overall cost-effectiveness for alternative organizational systems.

4 Results

For the twelve established standard-measures application limit values (DTV-value for benefit-cost-ratio = 1) can be derived for every traffic related scenario. Therefore each standard-measure is characterized by 32 different application limits, each of which is valid for the predefined traffic related boundary conditions (e.g. Table 5 and Table 6).

Application limit [Kfz/d]			Route parameters			
			$s < 2\%$		$2\% \leq s \leq 4\%$	
			aB	iB	aB	iB
Demand parameter	GLK A	SV 10%	50,100	55,300	46,800	51,600
		SV 20%	46,500	51,300	42,700	48,500
	GLK B	SV 10%	65,800	72,400	61,900	68,400
		SV 20%	61,700	67,900	56,700	64,600
	GLK C	SV 10%	57,100	63,700	55,200	60,500
		SV 20%	55,000	60,300	50,400	56,200
	GLK D	SV 10%	50,100	55,200	46,700	51,500
		SV 20%	46,400	51,200	42,400	48,200

Tab. 5: Overall cost effectiveness and respective application limits for standard-measure 1 (restoration of wearing courses – 3+1 – traffic routing) with a change from BF II to BF IVa

Application limit [Kfz/d]			Route parameters			
			$s < 2\%$		$2\% \leq s \leq 4\%$	
			aB	iB	aB	iB
Demand parameter	GLK A	SV 10%	35,500	40,200	32,600	37,200
		SV 20%	32,300	36,900	30,500	35,300
	GLK B	SV 10%	31,700	36,200	30,500	35,100
		SV 20%	30,400	35,000	27,300	30,400
	GLK C	SV 10%	28,500	32,100	26,600	30,600
		SV 20%	26,400	30,400	25,100	26,400
	GLK D	SV 10%	34,000	38,100	31,400	36,000
		SV 20%	46,400	51,200	42,400	48,200

Tab. 6: Overall cost effectiveness and respective application limits for standard-measure 3 (construction of thin wearing courses – 2+1 – traffic routing) with a change from BF II to BF V

It is evident that no single application limit can be recommended for a given standard-measure. This is the case due to strong variations in dependence of traffic related boundary conditions (e.g. Figure 2). In particular the distribution of the traffic demand has a decisive influence on the DTV- limit value of the overall cost-effectiveness. This is especially prominent for maintenance measures. In contrast various combinations of other traffic related parameters may lead to only minute changes.

A combination of “high percentage of heavy load traffic and flat route” (other parameters are unchanged) results in the same application limit values as the combination of “low percentage of heavy load vehicles and hilly route”.

As is to be expected, the application limit values for standard measures under implementation of 2+1 traffic routing leads to lower values due to the lane reduction. As opposed to such maintenance procedures, application limits for road extensions to encompass six-lanes are much higher (in most cases above 60,000 vehicles/d). Under the assumption that the application limit values are reached for four lane roads in the case of an expansion measure one can conclude that an intense work flow is advisable, meaning that a continuous two shift operational system would almost always offer the greatest overall cost-effectiveness.

In the course of determining the application limit values, three general measure-categories could be identified which coincide with different DTV-values (listed in ascending order):

- Repair measures with a lane reduction,
- Maintenance measures,
- Extension measures.

5 Conclusion

This analysis has provided application limit values for standard measures. Traffic volumes exceeding these values recommend intense operational systems such as BF 3 and BF 4 for future measures on federal highways. In addition, for specific stretches (with familiar traffic related boundary conditions) it is possible to calculate the benefit as well as the benefit-cost-ratio for operational systems of various intensities.

A preliminary selection, based on the overall cost-effectiveness can be applied in an analogous manner for feasibility calculations of new constructions, planned work zones and maintenance or extension. In addition to directly measurable cost alterations on the sides of

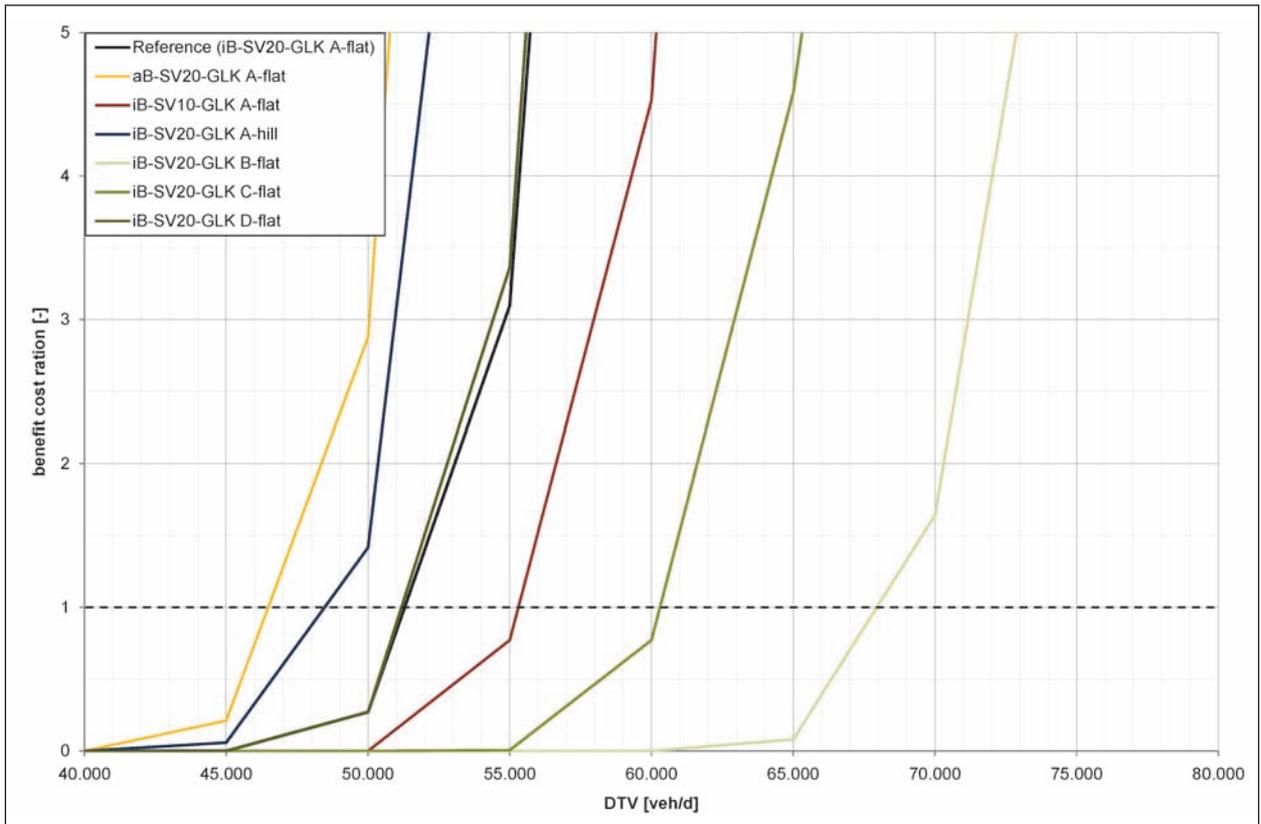


Fig. 2: Benefit-cost-ratio of various scenarios for standard measure 1

customers this allows for the assessment and consideration of the benefit for traffic participants when deciding on the intensity of operations in a work zone.

The final decision for operational systems shall be based on the criteria mentioned in this report, but must also include criteria that cannot be expressed in monetary values (as mentioned above) and assess the situation based on all available factors.

Inhalt

1	Ausgangslage, Zielsetzung und Vorgehensweise	13	5	Gesamtwirtschaftliche Bewertung	44
2	Grundlagenstudie	16	5.1	Konzept und Verfahren der gesamtwirtschaftlichen Bewertung	44
2.1	Einflussfaktoren auf die Wahl der Betriebsform	16	5.2	Aufstellung von Szenarien für Empfehlungen bei Standard-Maßnahmen	45
2.2	Alternative Ansätze zur Verkürzung der Bauzeit	19	5.3	Gesamtwirtschaftliche Bewertung der Standard-Maßnahmen	46
2.3	Bauzeitermittlung	20	5.3.1	Beispiel-Maßnahme	46
2.4	Analyse der Baubetriebsmeldungen	21	5.3.2	Ergebnisse der Untersuchung der Standard-Maßnahmen bei Wechsel von BF IIa auf BF IVa	48
2.5	Expertengespräche	23	5.3.3	Zusammenfassung, Vergleich und Gruppierung der Standard-Maßnahmen	52
2.6	Vergleich von Betriebsformen bei Maßnahmen auf Autobahnen und Flugbetriebsflächen	28	5.3.4	Sensitivität der Ergebnisse gegenüber Kosten und Bauzeit/Betriebsform	54
2.7	Fazit der Grundlagenanalyse	29	6	Empfehlungen für die Wahl der Betriebsform	55
3	Beschleunigungswirkung und Kosten alternativer Betriebsformen	29	6.1	Empfehlung gesamtwirtschaftlicher Einsatzgrenzen für Standard-Maßnahmen	55
3.1	Identifikation praxisnaher Betriebsformen	29	6.2	Zusätzliche, nicht monetarisierte Einsatzkriterien	58
3.2	Auswahl von Standard-Maßnahmen	32	6.3	Vereinfachtes Verfahren zur Abschätzung der Einsatzschwelle	58
3.3	Auswahl geeigneter Arbeitsstellen	34	7	Fazit und Ausblick	60
3.4	Bauzeiten und Quantifizierung der Beschleunigungswirkung	35	8	Literatur	61
3.5	Mehr- und Minderkosten durch alternative Betriebsformen	37			
4	Verkehrliche Bewertung	39			
4.1	Konzept und Beschreibung des Verkehrsanalyzesystems	39			
4.2	Szenarien der verkehrlichen Bewertung.	39			
4.3	Ermittlung und Monetarisierung von Fahrzeitverlusten in den verkehrlichen Szenarien	41			
				Anlagen	
				Die Anlagen zum Bericht sind im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter:	
				http://bast.opus.hbz-nrw.de abrufbar	

1 Ausgangslage, Zielsetzung und Vorgehensweise

Das deutsche Autobahnnetz bedarf in Zeiten hoher Verkehrsmengen und Mobilitätsbedürfnisse auch weiterhin des Neu- und Ausbaus. Der Anstieg der Verkehrsbelastungen erfordert auf vielen Netzabschnitten eine Erweiterung der vorhandenen Querschnitte von 4 auf 6 bzw. von 6 auf 8 Fahrstreifen. Der Finanzbedarf für den sechs- bzw. achtstreifigen Ausbau von Autobahnen wird im vordringlichen Bedarf des aktuellen Bedarfsplans für Bundesfernstraßen (Stand 2003) mit rund 13 Mrd. Euro (für 2.200 km) beziffert (BMVBW, 2003).

Da ein Großteil der deutschen Autobahnen in den 1970er und 1980er Jahren gebaut wurde, wächst darüber hinaus auch der Anteil der Strecken, die einer Instandsetzung bzw. grundhaften Erneuerung bedürfen. Die Erhaltungsbedarfsprognose 2015 des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) sieht einen Erhaltungsbedarf für die Jahre 2012 bis 2015 von jährlich 2,3 bis 2,6 Mrd. Euro vor.

Aufgrund des zunehmenden Erhaltungs- und Ausbaubedarfs ist in den nächsten Jahren nicht mit einer Abnahme der Anzahl von Arbeitsstellen längerer Dauer (AID) auf Bundesautobahnen zu rechnen. Wird die Anzahl der gemeldeten Verkehrsführungen von AID des letzten Jahrzehnts betrachtet, so wird ersichtlich, dass eine kontinuierliche Zunahme bis zum Jahr 2007 zu verzeichnen war und auch in den folgenden Jahren die Anzahl der gemeldeten Verkehrsführungen nahezu auf dem gleichen Niveau geblieben ist. In den letzten beiden Jahren konnte dann eine weitere Steigerung der gemeldeten Arbeitsstellen bzw. eingerichteten Behelfsverkehrsführungen festgestellt werden (Bild 1). Die Erklärung für diesen Sprung liegt in der Meldung zur Baubetriebsplanung, die mit der Einführung des Leitfadens zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen für Arbeitsstellen mit einer Einrichtungsdauer von mindestens vier Tagen gefordert wird (ARS, 2011). Eine Meldung im Rahmen der Baubetriebsplanung hat bis dahin nur für länger als 7 Tage andauernde Arbeitsstellen stattgefunden.

Die Anzahl und Charakteristik der erforderlichen Verkehrsführungen für die gesamte Durchführung einer Arbeitsstelle längerer Dauer ist dabei abhängig von der Art der Maßnahme (z. B. Ausbau oder Sanierung) und dem gewählten Bauverfahren bzw.

Bauablauf. Die Behelfsverkehrsführungen weisen dabei fast immer reduzierte Fahrstreifenbreiten im Vergleich zur Verkehrsführung ohne Arbeitsstelle auf, sodass von einer verminderten Kapazität gegenüber den Verkehrsführungen außerhalb der Arbeitsstelle ausgegangen werden muss.

Auf hoch belasteten Autobahnen führen jedoch häufig schon geringfügige Einschränkungen der vorhandenen Kapazität zu Staus und damit zu einem erheblichen Anstieg der Straßennutzerkosten. Schätzungen zufolge sind ca. 25-35 % aller Stauereignisse auf Arbeitsstellen zurückzuführen (vgl. KUNZ, 2009). Nach aktuelleren Untersuchungen liegt der Anteil der Staus, deren Ursache Arbeitsstellen längerer Dauer sind, in Ballungsräumen sogar deutlich höher. GEISTEFELDT/LOHOFF (2011) stellten fest, dass in Nordrhein-Westfalen nahezu 50 % aller Staus auf Arbeitsstellen zurückzuführen sind.

Staus führen dabei immer zu hohen Zeitverlusten bei den Straßennutzern und volkswirtschaftlichen Kosten. Allein in Nordrhein-Westfalen entstanden im Jahr 2010 insgesamt ca. 7,94 Millionen Stunden Fahrtzeitverluste durch Baustellen. So mussten im Jahr 2010 in Nordrhein-Westfalen insgesamt rund 257 Millionen Euro staubedingte Kosten verzeichnet werden, davon resultierten 116 Millionen Euro aus Staus infolge Arbeitsstellen längerer Dauer (GEISTEFELDT/LOHOFF, 2011).

Ziel muss es daher sein, die Auswirkungen von Arbeitsstellen längerer Dauer auf den Verkehr zu minimieren und einen Verkehrsfluss mit hoher Qualität aufrecht zu erhalten.

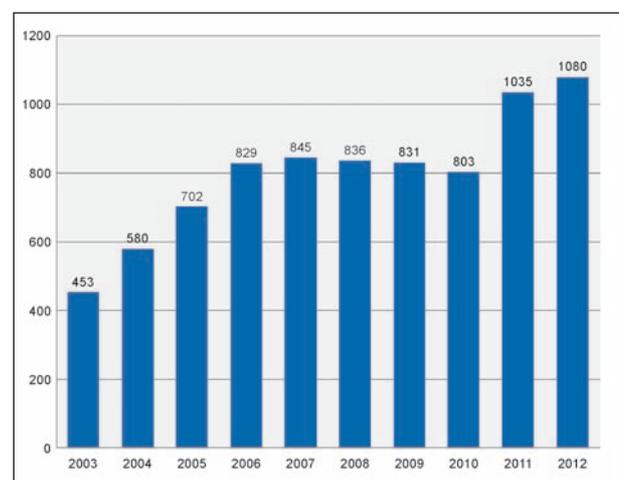


Bild 1: Anzahl der gemeldeten Verkehrsführungen zur Baubetriebsplanung der Jahre 2003 bis 2012

Da dies bei den aktuellen und zu erwartenden Verkehrsleistungen nicht immer realisiert werden kann, sind zumindest die zeitliche Ausdehnung der Verkehrsbeeinträchtigungen und somit auch die Bauzeiten zu minimieren.

Um die Auswirkungen von Arbeitsstellen auf den Verkehrsablauf zu reduzieren, existieren aktuell bereits zahlreiche Managementansätze. Diesbezüglich werden unter den Begriffen „Baustellenmanagement“ oder „Arbeitsstellenmanagement“ verschiedene Optimierungsansätze subsummiert. Ziel eines wirksamen Arbeitsstellenmanagements ist u. a. das Eintrittsrisiko einerseits und die Auswirkungen sowie die Dauer von Stauereignissen andererseits zu reduzieren.

Vor diesem Hintergrund wurde der Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen entwickelt (BMVBS, 2011a). Für ein effektives Arbeitsstellenmanagement wird hierin eine Verlagerung der Bautätigkeit in Schwachlastzeiten und die Bewertung der verkehrlichen Auswirkungen durch IT-Systeme¹ gefordert. Auch wenn sich insgesamt die Anzahl der erforderlichen baulichen Eingriffe in das Straßennetz nicht deutlich reduzieren lässt, so können doch die Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen durch die Intensität der Durchführung hinsichtlich der Bauzeit beeinflusst werden. Ein wesentlicher Faktor liegt hier in der Vorgabe des Fertigstellungstermins und der jeweiligen Baubetriebsform, da die Gesamtdauer einer Maßnahme durch die resultierenden Arbeitszeiten (z. B. 2-Schicht oder 24h-Betrieb) maßgeblich bestimmt wird.

Im Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen (BMVBS, 2011a) sind vier Baubetriebsformen (BF) definiert, welche Vorgaben zu den täglichen Arbeitszeiten geben:

- BF 1: Normale Tagesschicht,
- BF 2: Arbeiten an allen Werktagen unter vollständiger Ausnutzung des Tageslichts,
- BF 3: Arbeiten nur nachts,
- BF 4: Arbeiten rund um die Uhr (24 Stunden).

Laut Leitfaden sind Arbeitsstellen längerer Dauer grundsätzlich in BF 2 auszuführen. Diese Betriebsform ermöglicht vor allem in den Sommermonaten eine verlängerte tägliche Arbeitszeit und kann den Abschluss der Gesamtmaßnahme somit beschleunigen. Während die Arbeitszeit einer normalen Tagesschicht in der Regel zwischen 8 und 17 Uhr liegt, können bei Ausnutzung des Tageslichtes in den Sommermonaten Arbeitszeiten von mehr als 16 Stunden je Tag realisiert werden, sodass insgesamt eine Reduzierung der notwendigen Werkzeuge möglich wird.

Die Betriebsform 1 ist nach dem Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement nur im Falle breiter Behelfsfahrstreifen und niedriger Verkehrsbelastungen anzuwenden. Bezüglich des Einsatzes arbeitsintensiverer Baubetriebsformen (BF 3, BF 4) gibt der Leitfaden darüber hinaus vor: „Auf besonders stauanfälligen Strecken sind u. U. Nacht- sowie Sonn- und Feiertagsarbeit unvermeidbar, wenn es die erforderlichen Arbeiten aus bautechnologischer und bauablauftechnischer Sicht zulassen und keine einschränkenden Vorgaben zum Schutz der anliegenden Bevölkerung bestehen“ (BMVBS, 2011a).

Eine eindeutige, objektive und einheitliche Definition der Begriffe „Stauanfälligkeit“ sowie „bautechnologische und bauablauftechnische Rahmenbedingungen“ ist jedoch bislang nicht erfolgt. Die Entscheidung für oder gegen Nacht- bzw. Sonn- und Feiertagsarbeit erfolgt somit nicht auf Basis standardisierter Kriterien und kann damit starken subjektiven Eindrücken unterliegen. Darüber hinaus ist die Abschätzung der verkehrlichen Auswirkungen alternativer Betriebsformen, Verkehrsführungen, und Ausführungszeiträume ohne Berechnungsmodell nur schwer möglich. Es fehlt daher derzeit ein übergreifendes Instrument, um eine Empfehlung für die Betriebsform auszugeben und ein umfassendes und verkehrsgerechtes Baustellenmanagement objektiv durchführen zu können.

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit sollen Empfehlung für den Einsatz der Baubetriebsformen in Abhängigkeit der zu erwartenden volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Baumaßnahme und unter Berücksichtigung der zusätzlich entstehenden Kosten entwickelt werden. In sechs aufeinander aufbauenden Arbeitsschritten werden maßgebende Randbedingungen für die Wahl einer Baubetriebsform identifiziert und die Beschleunigungswirkung verschiedener Baubetriebsformen quantifiziert (Bild 2). Für definierte Standard-Maßnahmen

¹ In diesem Zusammenhang wird derzeit in dem Projekt FE 01.0174/2011/HRB „Verfahren für die Bewertung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen als Ganzjahresanalyse für unterschiedliche Randbedingungen“ von der Ruhr-Universität Bochum und dem Institut für Straßenwesen der RWTH Aachen ein neues Konzept für die verkehrliche Bewertung von Arbeitsstellen längerer Dauer erarbeitet.

und Ausführungsvarianten in verschiedenen Betriebsformen und Verkehrsführungs-Varianten findet eine verkehrliche Bewertung einschließlich Monetarisierung der Fahrtzeitverluste statt, sodass zusätzlich anfallende Kosten für eine Beschleunigung den volkswirtschaftlichen Kosten aus Fahrtzeitverlusten gegenübergestellt werden können.

Ziel des Forschungsprojektes stellen Handlungsempfehlungen dar, die in Abhängigkeit der verkehrlichen Randbedingungen einer Arbeitsstelle deren Durchführung in einer bestimmten Betriebsform vorschlagen.

In der Grundlagenstudie werden vorhandene Kenntnisse zu Baubetriebsformen systematisch aufbereitet. Neben einer Literaturanalyse werden anhand von Gesprächen mit Experten aus der Bauindustrie und aus den Straßenbauverwaltungen der Länder bisherige Erfahrungen mit verschiedenen Baubetriebsformen analysiert und auftretende Probleme bei der Anwendung arbeitsintensiver Betriebsformen identifiziert. Ergänzend erfolgt eine Auswertung vorliegender Baubetriebsmeldungen, um die Anwendung bzw. Planung der verschiedenen Baubetriebsformen in der Praxis herauszustellen. Im Ergebnis sollen maßgebende Einflussgrößen auf die Wahl sowie die aktuelle Vorgehensweise bei der Wahl der Betriebsform herausgestellt werden.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Grundlagenanalyse werden im zweiten Arbeitsschritt geeignete und bereits abgeschlossene Arbeitsstellen² unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Baubetriebsformen hinsichtlich gewählter Verkehrsführungen, Kosten und Bauzeiten analysiert. Hierbei sollen sowohl die Einflüsse der gewählten Baubetriebsform auf die Gesamtbauzeit dargestellt als auch die Einsparpotenziale bei einzelnen Teilprozessen ermittelt werden. Von Interesse ist hierbei der Zusammenhang zwischen eingerichteten Verkehrsführungen und der Gesamtbauzeit, dem kritischen Pfad in der Bauabwicklung und der zeitlichen Ersparnis alternativer Baubetriebsformen.

² Unter einer Arbeitsstelle wird im vorliegenden Bericht nicht die einzelne Verkehrsführung längerer Dauer verstanden, die im Rahmen der Baubetriebsplanung an das BMVBS gemeldet wird, sondern alle Verkehrsführungen und Vorarbeiten, die für einen Bauabschnitt (z. B. die beidseitige Sanierung der Deckschicht) erforderlich sind. Für eine beidseitige Erneuerung der Deckschicht wären dies z. B. alle Maßnahmen unter den notwendigen Verkehrsführungen $2+2s/3+1/3+1s/2s+2s/1+3/1s+3$.

Auf diese Weise soll die Beschleunigungswirkung verschiedener Baubetriebsformen ermittelt und quantifiziert werden. Dabei soll auch die Wechselwirkung der Baubetriebsform mit Parametern wie Verkehrsführung, Bauverfahren und Bauprozessen, Baukosten und Vergabeverfahren sowie der Ausführungsqualität und der Lebensdauer der Straßenbauten ermittelt werden. Auf Basis dieser Zusammenhänge werden ca. 10 Standard-Maßnahmen entwickelt, für deren Ausführung in verschiedenen Betriebsformen resultierende Mehr- und Minderkosten bestimmt werden sollen. Ein einzelnes Szenario beschreibt dabei eine Handlungsalternative, in denen verschiedene Randbedingungen (Betriebsform, Abfolge der Verkehrsführungen, Kapazität der Arbeitsstelle etc.) der Maßnahme variiert werden. Im Ergebnis stehen mit Bauzeiten und Kosten bezifferte Ausführungsalternativen zur Verfügung, die im weiteren Verlauf der Analyse den entstehenden volkswirtschaftlichen Kosten gegenübergestellt werden können.

Im nächsten Arbeitsschritt erfolgt die verkehrliche Bewertung der verkehrlichen Szenarien bzw. einzelnen Verkehrsführungsphasen. Dabei wird die Verkehrsnachfrage jeweils der Kapazität eines Abschnitts gegenübergestellt, wodurch Zeitverluste der Fahrzeuge ermittelt und monetarisiert werden können. Die verkehrliche Bewertung erfolgt durch Anwendung eines Prototypen des Verkehrsanalyse-Systems, der vom Lehrstuhl für Verkehrswesen – Planung und Management der Ruhr-Universität Bochum entwickelt wurde. Durch die Ermittlung der volkswirtschaftlichen Kosten ist durch eine direkte Gegenüberstellung mit den Mehrkosten einer Ausführung in kürzerer Bauzeit eine gesamtwirtschaftliche Bewertung der Ausführungsvariante möglich. Hierfür wird die Methode der „Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Straßen – EWS“ angewendet (EWS, 1997). Als Nutzenkomponenten werden dabei die Ergebnisse der verkehrlichen Bewertung (Zeitkosten) eines Szenarios angesetzt. Im Ergebnis soll eine Entscheidungshilfe bereitgestellt werden, bis zu welcher Verkehrsbelastung der jeweilige Bauablauf (mit den entsprechenden Verkehrsführungen und verkehrlichen Randbedingungen) zu bevorzugen ist und ab wann mit anderen Baubetriebsformen kürzere Bauzeiten mit geringeren Straßennutzerkosten gesamtwirtschaftlich sinnvoller sind.

Im letzten Schritt werden die Ergebnisse der vorhergehenden Arbeitsschritte durch die Entwicklung von Einsatzempfehlungen zusammengeführt.

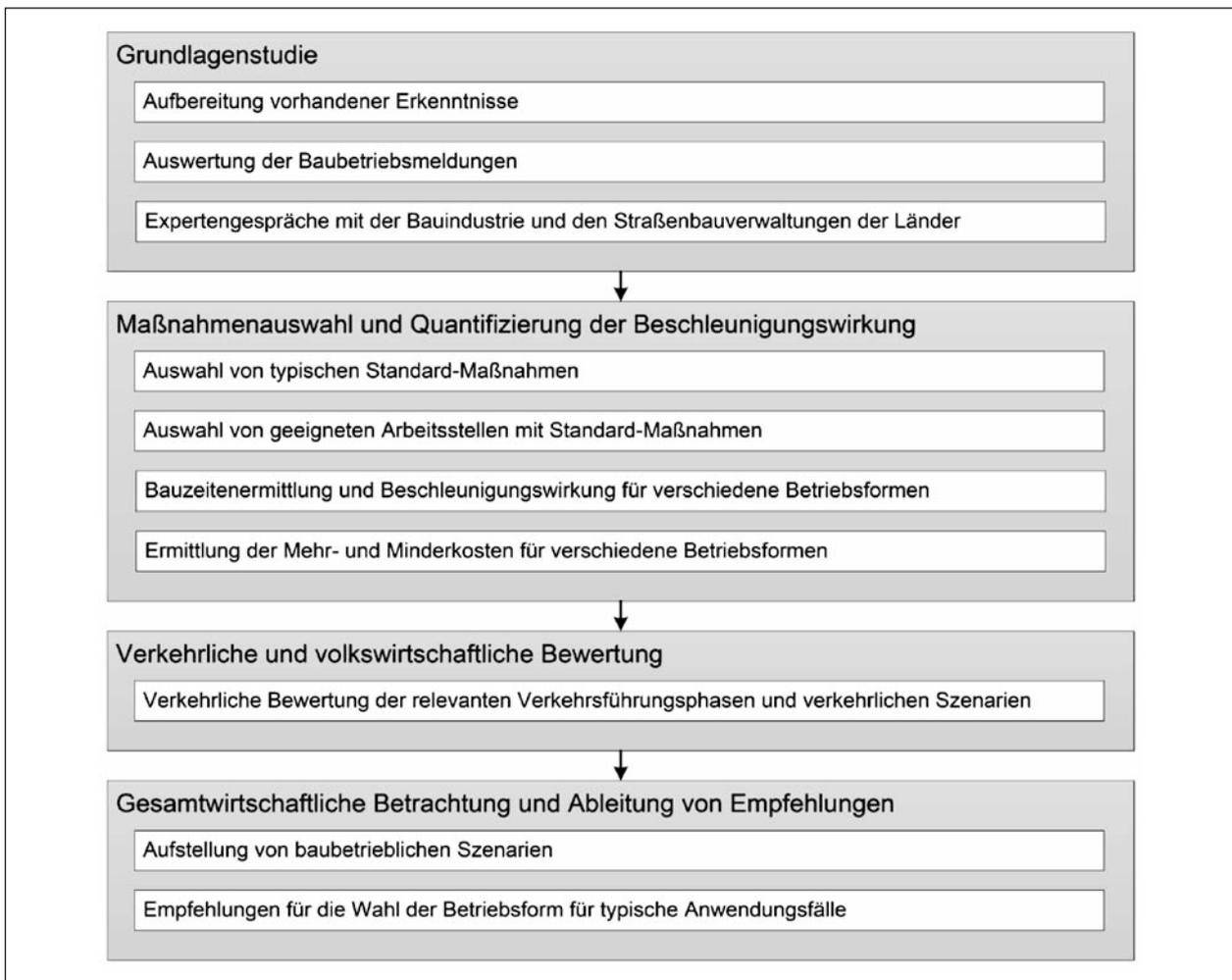


Bild 2: Vorgehensweise im Forschungsvorhaben

Abschließendes Ziel ist es, für zukünftig anliegende Baumaßnahmen auf schnellem Weg die passende gesamtwirtschaftlich günstigste Baubetriebsform zu ermitteln und bei der Bauzeitenplanung und Ausschreibung zu berücksichtigen.

2 Grundlagenstudie

Zur Durchführung von Arbeitsstellen längerer Dauer auf Bundesautobahnen wird bei der Ausschreibung durch den Auftraggeber die zu erbringende tägliche Arbeitszeit (und damit die Betriebsform) durch Vorgabe der Gesamtbauzeit mit entsprechenden Zwischenterminen vorgegeben. Da hiermit prinzipiell vier verschiedene Formen der täglichen Arbeitszeit und damit auch Variationen der resultierenden Gesamtbauzeit vorliegen, soll im Rahmen der Grundlagenstudie der Einsatz verschiedener Betriebsformen analysiert werden. Die Analyse sieht vor, neben der Beschreibung bereits

vorhandener Erkenntnisse zur Wahl der Betriebsform auch die Meldungen der Baubetriebsplanung mit einzubeziehen.

2.1 Einflussfaktoren auf die Wahl der Betriebsform

Die Wahl der auszuschreibenden und durchzuführenden Betriebsform hängt von zahlreichen Einflussfaktoren ab. Die Identifikation der optimalen Betriebsform für Auftraggeber, Auftragnehmer und Verkehrsteilnehmer wird dadurch zu einer komplexen Aufgabe, bei der den Planern bisher keine Handlungsempfehlungen oder Richtlinien zur Seite gestellt werden konnten. Im Folgenden sollen die zentralen Einflussfaktoren auf die Wahl der Betriebsform dargestellt werden.

Die Verkehrsnachfrage in Form des DTV spielt eine der wichtigsten Rollen bei der Wahl der Betriebsform. Sie ist ausschlaggebend für die Bestimmung

der verkehrlichen Auswirkung einer Arbeitsstelle. Anhand von Dauerzählstellen wird die Verkehrsbelastung des gesamten deutschen Autobahnnetzes repräsentativ erfasst und ist so im Allgemeinen bei der Planung einer Arbeitsstelle für den betreffenden Abschnitt bekannt. Unter Berücksichtigung weiterer Parameter, welche die Kapazität der eingerichteten Arbeitsstelle bestimmen, kann ermittelt werden, ob eine erhöhte Stauanfälligkeit vorliegt und eine Ausweitung der täglichen Arbeitszeit somit in Erwägung zu ziehen ist. Die Kapazität von Arbeitsstellen ist abhängig von Streckenparametern (z. B. Schwerverkehrsanteil, Längsneigung) und diversen Arbeitsstellenparametern. Vor allem die Verkehrsführung und deren Fahrstreifenbreiten im Arbeitsstellenbereich bestimmen die Kapazität der Arbeitsstelle und spielen hinsichtlich der Wahl der Betriebsform eine große Rolle.

Eine erhöhte Stauanfälligkeit liegt in der Regel dann vor, wenn die Verkehrsnachfrage die Kapazität eines Abschnittes überschreitet. Das in dem Projekt „Verfahren für die Bewertung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen als Ganzjahresanalyse für unterschiedliche Randbedingungen“ (FE 01.0174/2011/HRB) entwickelte Verfahren zur Abschätzung der verkehrlichen Auswirkungen eignet sich für die Ermittlung der Stauanfälligkeit einer Strecke. Vor allem an Stellen, an denen überlastungsbedingte Staus zu erwarten sind, sollen nach Forderung des Leitfadens zum Arbeitsstellenmanagement (BMVBS, 2011a) Betriebsformen mit ausgeweiteten Arbeitszeiten in Betracht gezogen werden. Abschnitte, in denen trotz der Einrichtung einer Arbeitsstelle längerer Dauer keine Überschreitungen der Kapazität mit der Arbeitsstelle als Stauursache zu erwarten ist, können laut Leitfaden Arbeitsstellen mit der Betriebsform 1 eingerichtet werden.

Neben der direkten Beeinflussung der Streckenkapazität können verschiedene Baustellenverkehrsführungen oder unterschiedliche Bauverfahren das Langzeitverhalten bzw. die Lebensdauer von Straßenoberbau oder Bauwerken positiv oder negativ beeinflussen und müssen somit bei der Gesamtbewertung berücksichtigt werden. Eine 4+0-Verkehrsführung lässt in der Regel Verdichtungen im Erdbau sowie Asphalteinbauten über die gesamte Querschnittsbreite zu und verhindert somit Längsfugen, die durch das mögliche Eindringen von Oberflächenwasser in den Oberbau im Hinblick auf die Qualität und die resultierende Lebensdauer als kritisch bewertet werden müssen.

Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass eine Abwicklung mit 4+0-Verkehrsführungen immer zu geringeren Bauzeiten führt als ein Bauablauf, der auf Basis von 3+1-Verkehrsführungen durchgeführt wird. Grund hierfür ist das seltener erforderliche Umsetzen von Längstrennungen und Einrichten neuer Verkehrsführungen. In vielen Fällen kann so die Fahrbahn in einem Zug saniert bzw. ausgebaut werden. FISCHER (2009) beziffert, dass die Bauzeit bei einer 3+1-Verkehrsführung bis zu 30 % länger ist als dieselbe Maßnahme mit 4+0-Verkehrsführung. Häufig stehen jedoch keine ausreichend breiten Fahrbahnen zur Verfügung, um eine 4+0-Verkehrsführung mit regelkonformen Fahrstreifenbreiten einzurichten. In diesen Fällen kann überprüft werden, ob eine provisorische Fahrbahnverbreiterung eine sinnvolle Maßnahme darstellt, um die Intensität der Eingriffe in den Verkehr zu reduzieren.

Neben den verkehrlichen Randbedingungen ist die Wahl der Betriebsform abhängig von der Maßnahmenart. Zum einen ist bei arbeitsintensiven Maßnahmen (z. B. sechsstreifiger Ausbau) die Wahl einer Betriebsform mit ausgeweiteten Arbeitszeiten sinnvoll, da der Zeitbedarf bei solchen Maßnahmen besonders groß ist und eine Beschleunigung durch eine intensivere Betriebsform insgesamt eine stärkere Verkürzung induziert. Diese Wirkung kann sich bei ohnehin kurzen Maßnahmen nur in begrenztem Maße entfalten. Zum anderen können einige anfallende Tätigkeiten in den Nachtstunden nur bedingt durchgeführt werden. So ist z. B. die Tageshelligkeit für eine qualitativ zufriedenstellende Deckschicht-Asphaltierung förderlich. In den Nachtstunden ist keine ausreichende Helligkeit vorhanden, um die Arbeit präzise durchführen zu können (SCHELLENBERGER, 2011). Um diese Arbeit in der Dunkelheit zu verrichten, ist eine ausreichende Beleuchtung erforderlich, die zu einem Anstieg der Gesamtkosten einer Maßnahme führen kann.

Andere Tätigkeiten mit starken Lärmemissionen können aufgrund des Schutzes der anliegenden Bevölkerung nicht in den Nachtstunden durchgeführt werden. Insbesondere nächtlicher Lärm kann zu schweren gesundheitlichen Folgen wie Schlafstörungen, Leistungsbeeinträchtigungen, körperlichen Stressreaktionen, Gehörschäden und Herz-Kreislaufkrankheiten führen (BABISCH, 2009). Um die Gesundheit der Anwohner zu schützen, sieht das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) vor, dass ein vorgegebener Lärmpegel in den Nachtstunden nicht überschritten werden darf. In

Ballungsräumen sollten aus Lärmschutzgründen beispielsweise folgende Tätigkeiten nicht innerhalb der Nachtstunden durchgeführt werden (FINKE, 2011):

- Tiefgründungen an der Lärmschutzwand,
- Spundwandherstellung,
- Verbauarbeiten im Bereich angrenzender Wohnbebauung,
- Bohrpfahlgründung für Brückenbauwerke,
- Ramm- und Stemmarbeiten,
- Betonabbruch,
- Betonplattenzertrümmerung.

Solche Restriktionen führen dazu, dass die beschleunigende Wirkung eines 24-Stunden-Betriebes nicht vollständig genutzt werden kann. Eine Verdoppelung der Arbeitszeiten führt somit nicht zwingend zu einer Halbierung der Gesamtbauzeit. Die Entscheidung für die Betriebsform 4 entfaltet somit dann die größtmögliche Wirkung, wenn ein Großteil der Arbeiten auch in den Nachtstunden durchgeführt werden kann bzw. durchgeführt werden darf und keine Verzögerungen aufgrund der geltenden Vorschriften des Bundesimmissionschutzgesetzes entstehen.

Einschränkungen und Ausschlusskriterien für die Wahl der Betriebsform können sich durch geltende Richtlinien, die die Durchführung von Arbeiten am Straßenkörper in den Nachtstunden und an Sonn- und Feiertagen nur unter erschwerten Bedingun-

gen erlauben, ergeben. So sind neben den beschriebenen Vorgaben des Lärmschutzes auch die rechtlichen Regelungen des Arbeitsschutzes zu berücksichtigen. Nach dem Arbeitszeitgesetz (ARBZG, 1994) sind Arbeiten an Sonn- und Feiertagen nur in Ausnahmefällen zulässig. Um Arbeiten auch an diesen Tagen durchführen zu können, bedarf es somit Sondergenehmigungen des Gewerbeaufsichtsamtes. Auch die Arbeit in den Nachtstunden unterliegt besonderen Bedingungen. Den Arbeitern müssen darüber hinaus nach 6 ArbZG bei der Arbeit in den Nachtstunden entweder eine angemessene Zahl bezahlter freier Tage gewährt oder Zuschläge gezahlt werden. Dies kann zu einer Erhöhung der Kosten einer Straßenbaumaßnahme führen. Aus diesem Grund muss vor der Entscheidung, welche Betriebsform angewendet werden soll, abgewogen werden, zu welchem Kostenzuwachs die Wahl der Betriebsform führt. Hinsichtlich des Arbeitszeitgesetzes und erforderlichen Genehmigungen bleibt festzuhalten, dass eine Anpassung der täglichen Arbeitszeit bei der Entscheidung für eine Betriebsform nicht willkürlich durchgeführt werden kann.

Bei der Durchführung von Straßenbaumaßnahmen in den Betriebsformen 2 bis 4 treten jedoch zwangsläufig Arbeitszeiten auf, die von den üblichen Arbeitszeiten nach ArbZG abweichen. Insbesondere bei BF 2 sind die Arbeitszeiten über das Jahr gesehen nicht einheitlich, sondern schwanken zwischen 8 Stunden im Winter und 16 Stunden im Sommer (Bild 3). Dies führt zu Problemen im Personalmanagement der Bauunternehmen. Die detailliertere

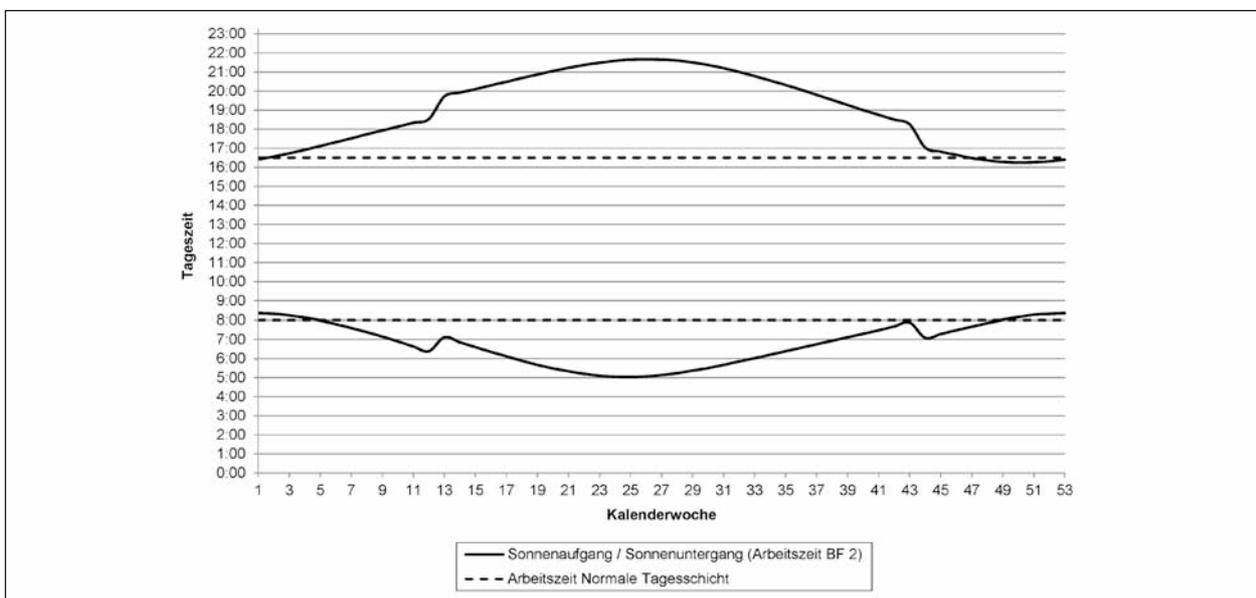


Bild 3: Sonnenaufgangs- und Untergangszeiten als Arbeitszeiten in BF 2 und Arbeitszeiten in BF 1; nach SILVANUS (2010)

Beschreibung dieser Probleme erfolgt im Rahmen der Expertengespräche (Kapitel 2.5).

Neben den zahlreichen Einflüssen, die in der Regel eine Anwendung der Betriebsform 4 erschweren, sind jedoch auch weitere Faktoren zu beachten, die aus einer Ausweitung der Arbeitszeiten positive Effekte gewinnen können. Bei Arbeitszeiten von 24 Stunden je Tag werden die benötigten Geräte und Baumaschinen besser ausgelastet, da sie sich über längere Zeit im Betrieb befinden. Auf diese Weise kann sich ein insgesamt geringerer Maschinenbedarf ergeben. Zusätzlich konnte für Betriebskosten in Arbeitsstellen kürzerer Dauer gezeigt werden, dass die Fahrzeugkosten je Stunde bei steigenden Jahreseinsatzstunden sinken (KEMPER, 2010). Dieser Vorteil kann in Arbeitsstellen längerer Dauer bei der Anwendung der Betriebsform 4 ebenfalls zu geringeren Kosten für die Vorhaltung der Geräte führen.

Bei der Durchführung von Nacharbeit entstehen auch für das Personal in der Arbeitsstelle Vor- und Nachteile, die bei der Wahl der Betriebsform eine Rolle spielen. In verkehrsschwachen Zeiten ist an Autobahnen durch niedrigere Verkehrsstärken und reduzierte Stauzeiten eine verbesserte Luftqualität gegenüber dem Tagfall festzustellen (BRYDEN et al., 2002). Zusätzlich ist auch die Lärmemission vermindert, sodass die Ausweitung der Arbeitszeit auf verkehrsarme Zeiten hinsichtlich der Immissionen die Chance auf gesundheitlich günstigere Arbeitsbedingungen nach sich zieht. Auf der anderen Seite sind durch regelmäßige Nacharbeit aber auch psycho-physische Beeinträchtigungen des Arbeitsstellenpersonals möglich. Hieraus besteht auch die Gefahr vermehrter Arbeitsunfälle, eine genaue Quantifizierung dieses Effektes konnte bisher allerdings nicht erfolgen (GRAF, 2010). Darüber hinaus sind auch negative soziale Aspekte auf Seiten des Personals zu berücksichtigen, falls eine Arbeit regelmäßig in Nachtstunden oder an Wochenenden stattfindet.

Insgesamt wird deutlich, dass die Wahl der Baubetriebsform von vielen Einflussfaktoren abhängt und somit eine komplexe Aufgabe darstellt. Erschwerend kommt hinzu, dass viele der Einflussfaktoren voneinander abhängen bzw. sich gegenseitig beeinflussen. Trotzdem sollte für die Wahl einer zweckmäßigen Betriebsform die Berücksichtigung aller genannten Einflussgrößen erfolgen. Es müssen sowohl alle positiven Effekte (beschleunigende Wirkung, Senkung der Nutzerkosten) als

auch alle negativen Auswirkungen (Personal, erforderliche Beleuchtung), die zu einer Kostensteigerung führen, erfasst werden. Nur so kann die Wahl einer Betriebsform gesamtwirtschaftlich optimiert erfolgen.

2.2 Alternative Ansätze zur Verkürzung der Bauzeit

Die Forderung der gegenüber einer normalen Tagesschicht intensiveren Betriebsformen BF 2 und BF 4 verfolgt in erster Linie das Ziel, die zeitliche Ausdehnung der Verkehrsbeschränkungen einzugrenzen. Neben der Bauzeitsteuerung durch Betriebsformen existieren weitere Ansätze zur Verkürzung der Bauzeit im Straßenbau, die zwar im Rahmen dieses Forschungsprojektes nicht untersucht werden sollen, aber trotzdem einen engen Bezug zu Bauzeiten und deren Kalkulation haben. Aus diesem Grund sollen die vorhandenen Modelle kurz erläutert werden.

Die bislang dokumentierten Ansätze des Arbeitsstellenmanagements zur Bauzeitverkürzung betreffen in erster Linie die Ausschreibungs- und Vergabephase. Bei der Ausschreibung von Straßenbauprojekten kann die Ausschreibung entweder in Fachlosen oder im Mischlos erfolgen. Beide Varianten weisen dabei sowohl Vor- als auch Nachteile auf. Als wichtigste Unterscheidungsmerkmale sind hier der unterschiedliche Koordinierungsaufwand sowie die Berücksichtigung von kleineren Bauunternehmen zu nennen. Informationen über den Einsatz und die Beschleunigungswirkung von Bonus/Malus-Systemen konnten im Rahmen der Expertengespräche eingeholt werden. Bei diesen Systemen sind abhängig von der Einhaltung des vertraglich festgelegten Fertigstellungstermins Vertragsstrafen vorgesehen, falls dieser vom ausführenden Unternehmen nicht eingehalten werden kann. Zusätzlich ist jedoch auch die Vereinbarung von Beschleunigungvergütungen möglich, falls der Auftragnehmer eine frühere Fertigstellung der zu erbringenden Leistungen ermöglicht (HVA, 2010). Ein weiteres innovatives Modell zur Reduzierung der Bauzeit bereits während der Vergabephase stellen die sogenannten Bauzeiten im Wettbewerb dar. Hierbei können die Auftragnehmer bei der Angebotsabgabe eine eigene individuelle Bauzeit anbieten, die neben dem Angebotspreis mit in die Bewertung aller Angebote eingeht. Die Anwendung der Bauzeiten im Wettbewerb wird zwar noch nicht häufig durchgeführt, die Prüfung, ob diese Form der

Ausschreibung sinnvoll ist, wird aber teilweise von den Straßenbauverwaltungen der Länder empfohlen (STRASSEN.NRW, 2011). Bis jetzt findet darüber hinaus auch keine zentrale Dokumentation statt, aus der die Wirkungen solcher Instrumente ermittelt werden können. Eine Betrachtung der Beschleunigung durch diese Ausschreibungsvarianten und Vertragsgestaltungen kann somit immer nur für jede Arbeitsstelle einzeln erfolgen.

Aktuelle Tendenzen und Überlegungen gehen dahin, auszubauende Strecken auf einem längeren Abschnitt im Rahmen einer Öffentlich-Privaten Partnerschaft (ÖPP) an ein privates Unternehmen zu vergeben. Das Unternehmen ist als Konzessionsnehmer nicht nur für den Ausbau selbst, sondern auch für die Planung, den Erhalt und den Betrieb der Strecke über einen längeren Zeitraum verantwortlich (BMVBS, 2011 b). Dabei ist der Auftragnehmer für die Finanzierung des Ausbaus verantwortlich (abzüglich Anschubfinanzierung) und erhält die Mauteinnahmen des Schwerverkehrs. Das Einnahmenrisiko trägt er dabei selbst. Aus diesem Grund wird durch die Vergabe eines solchen Projektes im Rahmen eines Konzessionsvertrags eine Beschleunigung der Baumaßnahmen erwartet, da der Auftragnehmer nach möglichst kurzer Zeit durch Verkehrsfreigabe Einnahmen generieren kann. Bei den bisherigen Pilotprojekten konnten hinsichtlich Bauzeit, Termintreue, Qualität und Kostensicherheit positive Erfahrungen gemacht werden (BMVBS, 2010).

Neben vertraglichen Konzepten können Bauzeiten auch durch ein effektives Projektmanagement reduziert und negative verkehrliche Auswirkungen vermieden werden. Hierbei birgt beispielsweise das Prinzip des Lean-Construction-Managements das Potenzial die Bauzeit zu verkürzen, indem beispielsweise Wartezeiten vermieden werden und somit Prozesse, die keine wertschöpfende Wirkung für die Gesamtleistung haben, eliminiert werden (ESCHENBACH, 2010). Für den Bereich des Asphaltstraßenbaus konnten durch die Implementierung von Lean-Prinzipien bereits deutliche Einsparpotenziale identifiziert werden (RICH, 2011).

2.3 Bauzeitermittlung

Die Bauzeitermittlung spielt für Auftraggeber und Auftragnehmer eine wichtige Rolle in der Planung, Ausschreibung, Vergabe und Durchführung von Bauleistungen. Die Ermittlung der richtigen Bauzeit

bei den Straßenbauverwaltungen als Auftraggeber ist wichtig für die Festsetzung der Fertigstellungstermine. Die Betriebsform ist hierfür ein wesentlicher Eingangsparameter, da durch sie die tägliche Arbeitszeit festgelegt und die Gesamtdauer der Maßnahme somit deutlich beeinflusst wird. Die benötigten Bauzeiten für die Fertigstellung der erforderlichen Leistungen sollten von den Verwaltungen hierfür zum einen ausreichend lang angesetzt werden, um dem Auftragnehmer eine Erbringung der geforderten Leistungen auch realistisch zu ermöglichen und eine Durchsetzung des vertraglich festgesetzten Termins auch tatsächlich erreichen zu können. Zum anderen darf im Falle der Vereinbarung von Beschleunigungsvergütungen die vorgegebene maximale Bauzeit jedoch auch nicht zu großzügig gewählt werden, damit eine Vergütung nur bei einer tatsächlich vorliegenden Beschleunigung des Bauablaufes fällig wird.

Damit eine Ermittlung der Bauzeit nicht nur auf Basis bisheriger Erfahrungswerte erfolgt, ist den Straßenbauverwaltungen der Länder mit dem Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen ein Hilfsmittel zur Verfügung gestellt worden. Der Leitfaden und die zugehörigen Ausführungshinweise beinhalten den sogenannten Bauzeitenkatalog, in dem für einzelne häufig wiederkehrende Teilprozesse im Straßenbau Aufwandswerte in Werktagen (WT) bei verschiedenen Bauloslängen und Verkehrsführungen angegeben sind (BMVBS, 2011a). Der Bauzeitenkatalog gilt für Fahrbahn- und Brückeninstandsetzungen und liefert Zeitbedarfswerte für die Durchführung der Leistungen in BF 2. Dabei findet auch eine Berücksichtigung der Jahreszeit und der Wittereinflüsse statt. Eine optimierte Zusammenführung der Aufwandswerte der einzelnen Teilprozesse zur Gesamtbauzeit kann der Bauzeitenkatalog jedoch nicht leisten, sodass dieser Arbeitsschritt noch durch einen erfahrenen Straßenbauingenieur erfolgen muss (DÖINGHAUS, 2009).

Durch die Anwendung des Katalogs soll eine korrekte Bauzeitermittlung bei Durchführung der Betriebsform 2 ermöglicht werden. Dies ist aufgrund von fehlenden Erfahrungswerten mit dieser Betriebsform bisher nur sehr schwer möglich gewesen.

Der Bauzeitenkatalog befindet sich zurzeit in einer Erprobungsphase, bei der die angegebenen Aufwandswerte und Bauzeiten überprüft und evaluiert werden (BIELE, 2012).

Beim Auftragnehmer werden die benötigten Bauzeiten während der Angebotserstellung durch die Kalkulatoren ermittelt und festgelegt. Die Berechnung bzw. Festlegung erfolgt auf Basis von vorgegebenen oder selbst aufgemessenen Massen und Volumina. Die Kalkulatoren verfügen dabei häufig selber über ausreichende Referenzwerte und Kenntnis über die Leistungsstärke des eigenen Unternehmens, sodass hier im Prinzip ein eigener auf das Unternehmen zugeschnittener Bauzeitenkatalog zur Anwendung kommt. Detaillierte Informationen zur Bauzeitermittlung und Kalkulation beim Auftragnehmer werden in der Auswertung der Expertengespräche gegeben.

2.4 Analyse der Baubetriebsmeldungen

Um gravierende verkehrliche Eingriffe durch ungünstig eingerichtete oder mehrere parallele Arbeitsstellen zu vermeiden, findet im Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung eine Überprüfung der Arbeitsstellenkoordination statt. Zu diesem Zweck sind die Straßenbauverwaltungen der Länder verpflichtet, die Daten geplanter Arbeitsstellen an das BMVI zu übermitteln. Neben Angaben zu Zeitraum und Ort der Baumaßnahme muss im Listenblatt für die sogenannte Baubetriebsplanung auch die Betriebsform³ der betreffenden Arbeitsstelle übermittelt werden.

Für sämtliche geplante Arbeitsstellen in Deutschland liegen somit Informationen über die geplante (bzw. ausgeschriebene) Betriebsform vor. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass jede Behelfsverkehrsführung einzeln gemeldet wird. Aufgrund der (bisher) nicht eindeutigen und zuzuordnenden Baustellennummern ist eine Zusammenführung aller Verkehrsführungen, die zu einer in sich abgeschlossenen Maßnahme gehören, nicht immer möglich. Aus diesem Grund ist eine Ermittlung von gemittelten Bauzeiten für häufig wiederkehrende Maßnahmen nicht möglich. Dennoch soll für die vorliegenden Meldungen der Baubetriebsplanung seit dem Jahre 2003 eine Untersuchung der vier

Betriebsformen vor dem Hintergrund verschiedener Fragestellungen durchgeführt werden.

In der Vergangenheit wurde der Großteil der Arbeitsstellen längerer Dauer mit der Baubetriebsform 1 ausgeführt (normale Tagesschicht). Seit dem Jahr 2007 nimmt den Meldungen der Baubetriebsplanung zufolge jedoch der Anteil der geplanten Arbeitsstellen mit der Betriebsform 2 stark zu (Bild 4). Hintergrund bildet in diesem Kontext die Veröffentlichung bzw. Ankündigung des „Allgemeinen Rundschreibens Straßenbau“ (ARS 04/2008), in dem für Arbeitsstellen mit einer Dauer ab acht Tagen die Arbeit unter Ausnutzung des Tageslichts gefordert wird. Ziel dieser Forderung ist die Beschleunigung von Bauprozessen und die Reduktion von Verkehrsbeeinträchtigungen. Diese Forderung wurde im Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen (BMVBS, 2011a) aufgegriffen und konkretisiert.

Nach diesem Leitfaden müssen grundsätzlich alle Arbeitsstellen längerer Dauer mindestens in der Betriebsform 2 ausgeführt werden. Die Betriebsform 1 soll demnach nur noch in Ausnahmefällen zur Anwendung kommen, wenn durch die Arbeitsstelle keine überlastungsbedingten Staus zu erwarten sind (BMVBS, 2011 a). Bei Betrachtung der Baubetriebsmeldungen der vergangenen Jahre fällt auf, dass nur noch ein sehr geringer Anteil der gemeldeten Arbeitsstellen einer Ausführung in BF 1 zugeordnet werden kann. Aus den Planungen und Ausschreibungen ist diese Betriebsform somit praktisch verschwunden. In der praktischen Bauausführung ist dies jedoch eindeutig nicht der Fall, weitere Informationen hierzu werden im Rahmen der Expertengespräche gegeben (Kapitel 2.5).

Die Durchführung von Arbeiten am Straßenkörper in den Nachtstunden wurde in der Vergangenheit durch die Gültigkeit der Richtlinien zur Baubetriebsplanung auf Bundesautobahnen (RBAP) erschwert. Nach dieser Richtlinie ist die Nacharbeit „[...] nur in Ausnahmefällen zulässig“ (BMVBW, 1996). Diese Regelung wurde mit dem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau 04/2008 außer Kraft gesetzt. Seitdem ist die „Nacharbeit in Erwägung zu ziehen, sofern es die erforderlichen Arbeiten aus bautechnologischer bzw. bauablauftechnischer Sicht zulassen“ (ARS 04/2008). Eine Beschränkung der Nacharbeit gilt aktuell folglich nicht mehr. Vielmehr soll mit der Einführung des Leitfadens zum Arbeitsstellenmanagement mit dem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau 04/2011 an hochbelasteten

³ Im Rahmen der Meldungen zur Baubetriebsplanung kann je Datensatz nur eine einzige Betriebsform angegeben werden. Eine tatsächliche Ausführung in wechselnden Betriebsformen kann daher nur mit weiteren zusätzlichen Datensätzen für jeden Wechsel der Betriebsform berücksichtigt werden.

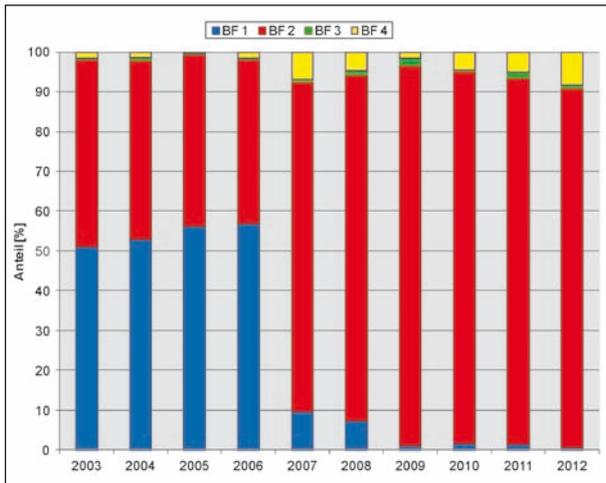


Bild 4: Entwicklung der Betriebsformen in Arbeitsstellen längerer Dauer auf Bundesautobahnen

Strecken regelmäßig auch in den Nachtstunden gearbeitet werden, um den Bauablauf zu beschleunigen und den Abschnitt früher für den Verkehr freigeben zu können (ARS 04/2011). Die Konsequenz ist ein häufigeres Planen in den Betriebsformen 3 und 4, die Arbeiten auch in den Nachtstunden vorsehen.

Wird der Verlauf der Baubetriebsmeldungen in Bild 4 betrachtet, ist erkennbar, dass sich der Anteil der Arbeitsstellen mit BF 4 seit dem Jahr 2006 vervielfacht hat, absolut gesehen jedoch immer noch sehr niedrig ist. Die Entscheidung für diese Betriebsform kann jedoch nicht pauschal für hoch belastete Streckenabschnitte gefällt werden, sondern erfordert die detaillierte Betrachtung des Streckenabschnitts, aller Rahmenbedingungen und der durchzuführenden Arbeiten. Der Einsatz ist nur dann zweckmäßig, wenn beim geplanten Bauablauf erhebliche verkehrliche Störungen zu erwarten sind und bautechnologische sowie bauablauftechnische Rahmenbedingungen die Durchführung notwendiger Arbeiten rund um die Uhr zulassen.

In Bild 5 und Bild 6 ist der Zusammenhang zwischen den gemeldeten Betriebsformen und dem DTV jeweils für die Jahre 2003 und 2012 dargestellt. Auffällig ist auch hier der bereits erläuterte höhere Anteil der Betriebsformen 2 und 4 im Jahr 2012 im Vergleich zum Jahr 2003. Die Betriebsform 4 war zu Beginn des Jahrtausends eine seltene Ausnahme und wurde nur vereinzelt gemeldet. Wird die Verteilung der Betriebsformen in Abhängigkeit des DTV nur für das Jahr 2012 betrachtet, so fällt auf, dass die arbeitsintensive Betriebsform 4 vor allem im Bereich hoher Verkehrsbelastungen angewendet wird. Bei Verkehrsbelastungen zwi-

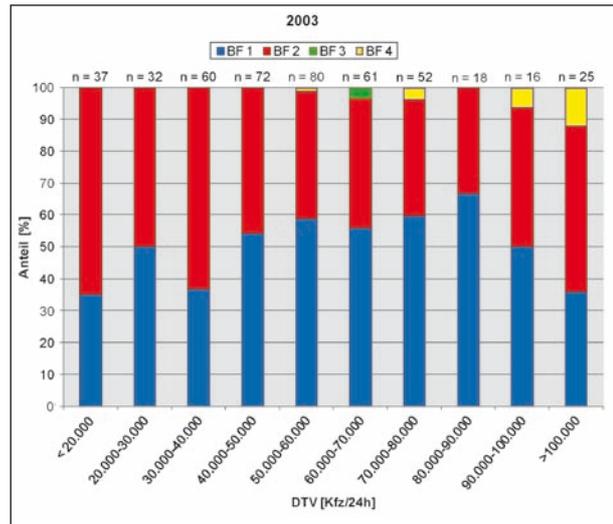


Bild 5: Verteilung der gemeldeten Betriebsformen in Abhängigkeit des DTV für das Jahr 2003

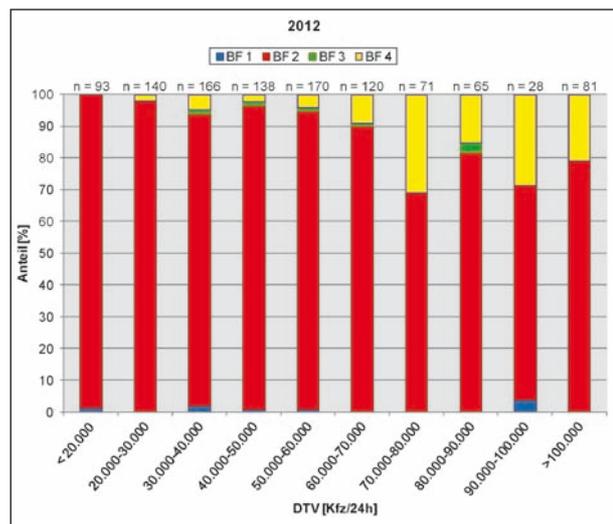


Bild 6 Verteilung der gemeldeten Betriebsformen in Abhängigkeit des DTV für das Jahr 2012

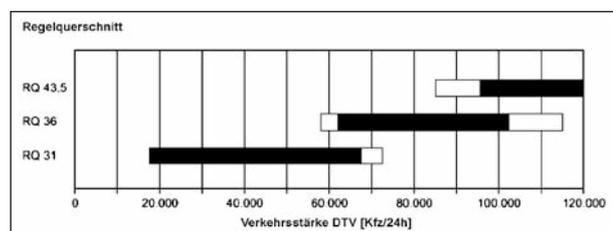


Bild 7: Einsatzbereiche der Regelquerschnitte für Autobahnen der EKA 1; (RAA, 2008)

schen 70.000 und 80.000 Kfz/24h sowie über 100.000 Kfz/24h ist der Anteil der BF 4 besonders häufig zu verzeichnen. Diese Verkehrsstärken bilden auch gleichzeitig die angegebenen Grenzwerte für die Einsatzbereiche von vier- bzw. sechsstreifigen Querschnitten nach RAA (2008) (Bild 7). Die-

ser Sachverhalt lässt vermuten, dass die vorhandene Verkehrsstärke zurzeit das wichtigste Entscheidungskriterium für die Durchführung einer Maßnahme in BF 4 ist. Selbiger Trend ist bei der Planung der Betriebsform 3 festzustellen. Hier muss jedoch auch erwähnt werden, dass die absoluten Zahlen der Arbeitsstellen mit BF 3 sehr gering sind und die reine Nachtarbeit nach wie vor eine Ausnahme in Arbeitsstellen längerer Dauer (> 4d) auf Bundesautobahnen ist.

Eine separate Analyse ausschließlich der Arbeitsstellen, die mit der Betriebsform 4 gemeldet wurden, gibt Aufschluss über Einsatzbereiche und Maßnahmenarten, bei denen die Arbeit rund um die Uhr in der Vergangenheit angewendet wurde. Vor allem in Bundesländern mit hohem Verkehrsaufkommen wird auch in den Nachtstunden gearbeitet. Rund 60 % aller Maßnahmen mit BF 4 entfallen auf die Länder Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Bayern. In Ländern mit niedriger Verkehrsbelastung ist dagegen die Zahl der Arbeitsstellen mit BF 4 sehr gering bzw. es werden zum Teil sogar gar keine Arbeitsstellen mit dieser Betriebsform eingerichtet (Bild 8).

Weiterhin hat bei über der Hälfte (54 %) aller gemeldeten Arbeitsstellen mit BF 4 beim Einrichten der Behelfsverkehrsführung eine Fahrstreifenreduktion stattgefunden, welche bei längerer Liegezeit nach dem Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement vermieden werden sollen. Es kann darauf geschlossen werden, dass zurzeit Arbeitsstellen mit BF 4 auch dann eingerichtet werden, wenn neben einer hohen Verkehrsstärke eine Fahrstreifenreduktion aufgrund des Bauablaufs für längere Zeit vorgenommen werden muss und bei deren Kombination die Entstehung von Stau zu erwarten ist.

Bei rund der Hälfte aller Maßnahmen, die mit der BF 4 ausgeführt werden, handelt es sich um Erneuerungsmaßnahmen. Diese Maßnahmen sind meistens umfangreicher als Instandsetzungsmaßnahmen und haben dadurch häufig längere Bauzeiten. In diesem Falle ist hinsichtlich der Gesamtbauzeit auch eine stärkere Beschleunigungswirkung bei Intensivierung der täglichen Arbeitszeit zu erwarten, als dies bei kleinen Maßnahmen der Fall ist.

Hinsichtlich der durchschnittlichen Bauzeit aller gemeldeten Arbeitsstellen in den Jahren 2008 bis 2010 lässt sich feststellen, dass diese im Mittel bei rund 124 Tagen liegt. Die durchschnittliche Arbeitsstellendauer der Arbeitsstellen mit BF 4 be-

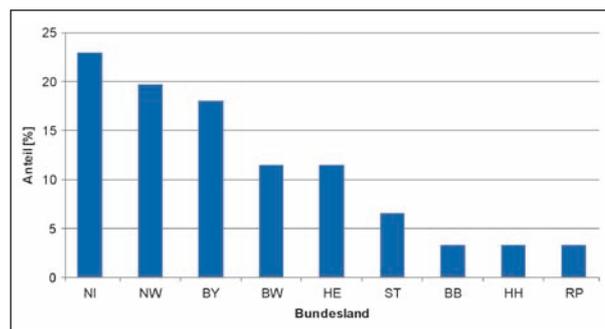


Bild 8: Verteilung der gemeldeten Arbeitsstellen mit BF 4 auf die Bundesländer

trägt im selben Zeitraum nur rund 66 Tage. Hier zeigt sich eine durchschnittliche Bauzeitreduzierung um 50 %.

Dabei sind die jeweils durchgeführten Leistungen der Arbeitsstellen jedoch nicht bekannt, sodass eine genaue Ableitung von Bauzeitreduzierungen aus den Baubetriebsmeldungen nicht möglich ist. Eine erhebliche kürzere Bauzeit ist zwar zu erwarten, eine pauschale Reduzierung um die ermittelten 50 % für jede Arbeitsstelle wäre jedoch sicher nicht korrekt. Eine genauere Quantifizierung der Beschleunigungswirkung soll daher in Kapitel 3 erfolgen.

2.5 Expertengespräche

Für die Expertengespräche wurden Interviews mit Mitarbeitern von Bauunternehmen und Straßenbauverwaltungen geführt. Die Gesprächspartner haben in ihren Unternehmen und Verwaltungen dabei unterschiedliche Positionen und Funktionen, damit Informationen aus möglichst vielen verschiedenen Aufgabenbereichen zusammengetragen werden können.

Die befragten Experten sind in verschiedenen Bundesländern beschäftigt, sodass eine unterschiedliche Herangehensweise bei der Planung, Ausschreibung und Durchführung von Straßenbaumaßnahmen in den einzelnen Ländern identifiziert werden kann.

Die Auswertung der Expertengespräche soll bewusst nicht getrennt nach Straßenbauverwaltungen und Unternehmen erfolgen, sondern zur Verdeutlichung der Zusammenhänge nach Fachthemen gegliedert werden. Es wird auf die namentliche Nennung der Gesprächspartner, Bauunternehmen oder Niederlassungen der Straßenbauverwaltungen verzichtet.

Insgesamt wurden elf Interviews mit Experten aus Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen geführt. Diese teilen sich auf fünf Gesprächspartner von Bauunternehmen und sechs Befragte aus den Straßenbauverwaltungen auf.

Planung und Wahl der Betriebsform

Im Allgemeinen wird vor der Wahl der auszuschreibenden Betriebsform die Art der Arbeitsstellen-Verkehrsführung festgelegt. Diese ist in vielen Fällen das Ergebnis eines Findungsprozesses, an dem Planer, Ausschreiber, Bauüberwacher, Autobahnpolizei, Meistereien und weitere betroffene Stellen beteiligt sind. Meistens findet jedoch kein expliziter Variantenvergleich alternativer Behelfsverkehrsführungen oder Betriebsformen statt. Es zeigt sich jedoch, dass 4+0-Verkehrsführungen deutlich positiver bewertet werden als 3+1-Verkehrsführungen. Die wichtigsten Argumente für das Einrichten einer 4+0-Verkehrsführung sind eine kürzere Bauzeit, verbesserte Qualität durch ein freies Baufeld und Einbau ohne Nähte und Fugen sowie bessere Verhältnisse im Hinblick auf die Arbeitssicherheit. Eine Wahl der Baubetriebsform findet erst nach Festlegung von Verkehrsführung und Bauablauf statt. Die Entscheidungen für Verkehrsführungen und Betriebsformen sind somit in der Regel unabhängig und orientieren sich nicht aneinander.

Neben der bereits vorgestellten politischen Forderung der Betriebsform 2 für alle Arbeitsstellen auf Autobahnen, in denen die vorhandenen Verkehrsstärken über den im Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement angegebenen Schwellenwerten liegen, gibt es in den Straßenbauverwaltungen nur sehr wenig konkrete Angaben unter welchen Randbedingungen die Durchführung in Betriebsform 4 erfolgen soll. Dies gilt gleichermaßen für die Betriebsform 3, sodass die Anwendung dieser alternativen Betriebsformen immer im Einzelfall untersucht werden muss. In der praktischen Bauausführung ist eine klare Diskrepanz zwischen der ausgeschriebenen, gemeldeten und tatsächlich durchgeführten Betriebsform festzustellen. In Kapitel 2.4 konnte gezeigt werden, dass über 90 % der gemeldeten Arbeitsstellen in Betriebsform 2 durchgeführt werden sollen. Tatsächlich konnte durch die Befragung ermittelt werden, dass die Arbeitsstellen zum größten Anteil nicht in Betriebsform 2, sondern in Betriebsformen durchgeführt werden, die im Hinblick auf die wöchentlichen Arbeitszeiten kürzer ausfallen als Betriebsform 2. Dies bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass in den Arbeitsstellen exakt in Betriebs-

form 1 gearbeitet wird. Häufig kommen alternative individuelle Arbeitszeitkonzepte zum Tragen, die einen Kompromiss zwischen BF 1 und BF 2 darstellen. So konnte beispielsweise ermittelt werden, dass die tägliche Arbeitszeit bis zu 10 Stunden beträgt, während die Betriebsform 1 oft nur mit 8,5 Stunden je Werktag angesetzt wird.

In vielen Fällen werden bei der Durchführung von Arbeitsstellen auf Autobahnen für verschiedene Gewerke auch unterschiedliche Betriebsformen verwendet. So ist es möglich, dass terminkritische Prozesse tatsächlich unter Ausnutzung des Tageslichts oder in Nachtarbeit durchgeführt werden, während unkritische Prozesse in Tagesschichten ausgeführt werden, weil der Bauablauf keine intensiveren Arbeitszeiten fordert. Im Rahmen der Baubetriebsmeldung kann jedoch immer nur eine Betriebsform angegeben werden, sodass eine Berücksichtigung dieser Aufteilung nur schwer möglich ist.

In Tabelle 1 werden jährliche Arbeitszeiten abgeschätzt, die sich bei verschiedenen Ansätzen der täglichen und wöchentlichen Arbeitszeiten ergeben. Eine Berücksichtigung von Sonn- und Feiertagsarbeit findet hierbei nicht statt. Die Gründe hierfür werden in der weiteren Erläuterung der Ergebnisse aus der Expertenbefragung genannt.

Die Baudurchführung mit einer einzelnen Schicht stellt dabei sowohl für Bauunternehmen als auch für die Verwaltungen die günstigste Variante dar, da hierfür die geringsten Personalaufwendungen erforderlich sind. Andere Betriebsformen und die damit erforderliche Ausweitung auf mehrere Schichten hätte auch die Beschäftigung von mehr Personal für Bauausführung, Bauleitung und Bauüberwachung zur Folge. Ein konsequente Durchsetzung der vorgesehenen Betriebsform 2 unter vollständiger Ausnutzung des Tageslichts erfolgt u. a. aus diesen Gründen nicht, solange die ver-

Arbeitstage je Woche	Tägl. Arbeitszeit	Arbeitszeit je Jahr
5-Tage-Woche	BF 1 (8,5 h/d)	2.200 h/a
	10 h/d	2.600 h/a
	Ausnutzung Tageslicht	3.200 h/a
6-Tage-Woche	10 h/d	3.100 h/a
	Ausnutzung Tageslicht (BF 2)	3.800 h/a

Tab. 1: Arbeitszeit je Jahr bei verschiedenen real ausgeführten Betriebsformen

traglich vereinbarten Fristen eingehalten werden können.

Intensivere Betriebsformen (z. B. BF 4) werden nur selten durchgeführt. Teilweise wird seitens der Verwaltung bei kleineren abgeschlossenen Maßnahmen wie Brückenerneuerungen eine Durchsetzung der Betriebsform 4 durch knappe Fristsetzungen erzwungen. Die Ausführung umfangreicherer Maßnahmen in durchgehender Betriebsform 4 bleibt jedoch zur Zeit die Ausnahme. Falls sie zum Einsatz kommt, sind in den meisten Fällen große Bauunternehmen oder Bietergemeinschaften mit der Ausführung beauftragt. Kleinere Unternehmen sind bei solchen Projekten nicht in der Lage, ein wirtschaftliches Angebot abzugeben.

Bauzeitermittlung

Bauzeiten zur Festsetzung der insgesamt zur Verfügung gestellten Ausführungszeit werden beim Auftraggeber (Straßenbauverwaltungen) in den meisten Fällen auf Basis von bisherigen Erfahrungswerten geschätzt. Eine Differenzierung, in welchen Betriebsformen die abgeschlossenen und als Referenz betrachteten Maßnahmen ausgeführt wurden, erfolgt nicht, da wie beschrieben bislang fast ausschließlich mit Einschichtmodellen gearbeitet wurde. Ob die Bauzeiten, die auf diese Weise ermittelt wurden, für die Auftragnehmer zu knapp, zu großzügig oder genau passend dimensioniert sind, lässt sich nicht eindeutig ableiten. Einige Gesprächspartner sprechen von zu knapp kalkulierten Bauzeiten seitens der Verwaltungen, um die Fristen unter Beibehaltung der üblichen Arbeitszeiten einzuhalten. Für andere Unternehmen sind die vorgegebenen Fertigstellungsfristen in vielen Fällen ausreichend lang gesetzt, sodass eine „konventionelle“ Ausführung mit Einschichtsystem durchführbar ist. Es wird teilweise auch die Angabe gemacht, dass die ausgeschriebenen Bauzeiten mit einer 5-Tage-Woche eingehalten werden können, sodass der Samstag als Werktag nicht benötigt wird.

Der Bauzeitenkatalog, der in Verbindung mit dem Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen eingeführt worden ist, ist nur unzureichend bekannt und wird daher nur sehr vereinzelt angewendet. Angaben und Aussagen über die Qualität der hinterlegten Aufwandswerte können so nicht getroffen werden.

Insgesamt wird auf Seiten der Verwaltung genau wie bei den Bauunternehmen Potenzial gesehen,

Arbeitsstellen längerer Dauer auf Autobahnen in kürzerer Zeit durchzuführen. Die hierfür erforderlichen intensiveren Betriebsformen 2 und 4 führen laut den Experten jedoch zu zahlreichen Problemen, welche die tatsächliche Durchführung erheblich erschweren.

Durchführung der Betriebsform 2

Wird die Betriebsform 2 konsequent nach ihrer Definition ausgeführt, so ergeben sich über das Jahr gesehen variierende tägliche Arbeitszeiten (Bild 3). Diesem Sachverhalt muss mit zusätzlichem Personal und der Ausweitung auf mehrere Schichten Rechnung getragen werden. Im Sommer ist die tägliche Arbeitszeit im Extremfall doppelt so lang wie im Winter. Wird in den Sommermonaten ausreichend Personal zur Ausnutzung des Tageslichts an sechs Tagen in der Woche vorgehalten, so ist es für die Bauunternehmen im Winter schwierig, dieses Personal durchgehend zu beschäftigen. Ein permanent wechselnder Personalstand ist für die Baufirmen weder praktikabel noch arbeitsrechtlich sinnvoll durchführbar. Neben erhöhtem Personalaufwand zur Baudurchführung ist auch von den Straßenbauverwaltungen zusätzlicher Aufwand für die Aufrechterhaltung der Bauüberwachung zu allen Arbeitszeiten erforderlich. Diese Anforderung ist bei ohnehin begrenzten Personalressourcen nur schwer zu erfüllen.

Neben dem Personalmehraufwand auf Seiten von Verwaltung und Auftragnehmer bilden Zulieferungen für Material zu den für die Lieferanten üblichen Zeiten eine weitere Hürde zur Durchführung der Betriebsform 2. Hier sind Sondervereinbarungen und dadurch steigende Kosten zu erwarten, falls beispielsweise Mischwerke auch zu sehr frühen oder späten Stunden noch Material zur Verfügung stellen und liefern sollen.

Obwohl die Betriebsform wie beschrieben die geforderte Standardlösung zur Bauausführung von Maßnahmen auf Bundeautobahnen ist, wird sie aus den genannten Gründen nur äußerst selten strikt durchgeführt. Dieselben Probleme ergeben sich bei der Durchführung der Betriebsform 4 in gleicher oder verstärkter Form.

Durchführung der Betriebsform 4

Die bereits erläuterte Problemstellung hinsichtlich eines gestiegenen Personalaufwandes taucht bei Durchführung der Betriebsform 4 ebenfalls auf. Ins-

besondere die Bereitstellung von Bauleitern und Bauüberwachern über 24 Stunden wird von allen Experten als praktisch nur schwer durchführbar angesehen. Die Restriktionen, die aus den gesetzlichen Vorgaben zu erlaubten Arbeitszeiten hervorgehen und mehrere Schichten erfordern, stellen zusammen mit den maximal erlaubten Lärmemissionen bzw. -immissionen nach Ansicht der Befragten die größten Probleme bei der Durchsetzung der BF 4 dar.

Durch Arbeitszeiten über die ganze Nacht sind neben der Lärmemission durch die Baumaschinen in der Arbeitsstelle auch die Emissionen durch den Lkw-Lieferverkehr problematisch und rechtlich nicht durchführbar. Dies ist in besonderem Maße dann gegeben, wenn Transporte durch Wohngebiete oder Ortsdurchfahrten erfolgen müssen. Ein Transport von Baustoffen in den Tagesstunden und deren Lagerung auf der Baustelle ist in vielen Fällen nicht möglich, da oft kein ausreichendes Platzangebot für eine Lagerung zur Verfügung steht. Einige Baustoffe (Asphalt, Ortbeton) können darüber hinaus auch nur direkt nach der Anlieferung eingebaut werden, sodass nach dem Just-In-Time-Prinzip gearbeitet werden muss. Diese Situation verschärft sich an Wochenenden und Feiertagen, da hier Probleme mit dem Lkw-Fahrverbot auftauchen und der erforderliche Baustellenverkehr nicht abgewickelt werden kann. Hier sind zwar Ausnahmegenehmigungen möglich, es tritt dabei jedoch das Problem auf, dass diese fahrzeuggebunden sind und somit auch nur die entsprechenden Fahrzeuge fahren und transportieren können. Ausnahmegenehmigungen, die auftragsgebunden vergeben werden konnten, sind bisher nicht bekannt. Kurzfristige Reaktionen auf Bedarfsspitzen oder Fahrzeugausfälle sind somit nicht möglich. Darüber hinaus sind die Fahrer verpflichtet, die Lenk- und Ruhezeiten nach der Fahrpersonalverordnung einzuhalten. Insbesondere Transportfahrzeuge für Massenschüttgüter sind dann in ihrer Einsatzzeit auf die Lenkzeit des Fahrers beschränkt, da eine Doppelbesetzung seitens der Unternehmen nicht durchgeführt wird. Als Grund wird auch hier ein unwirtschaftlicher Personalstand während der Winterperiode genannt.

Zusätzlich zu den logistischen und rechtlichen Aspekten stellt sich die Frage, ob bei Arbeiten in den Nachtstunden die Dunkelheit einen erkennbaren Einfluss auf die Durchführbarkeit und Qualität der Leistungen hat. Die Einschätzung der Experten ist hinsichtlich dieser Fragestellung nicht eindeutig. Die Gesprächspartner der Verwaltungen befürch-

ten in den Nachtstunden eine geringere Qualität der durchgeführten Arbeiten und sehen bei einigen Leistungen nicht die Möglichkeit, diese bei Dunkelheit zufriedenstellend auszuführen. Auf Seiten der Bauunternehmen gibt es hierzu keine eindeutigen Aussagen. Prinzipiell wird die Ausführung bei Dunkelheit für die meisten Gewerke zwar als möglich eingeschätzt, die hierfür erforderliche Ausleuchtung der Arbeitsstelle stellt aber eine neue Herausforderung dar.

Bei künstlicher Beleuchtung des Baufeldes werden sowohl Vor- als auch Nachteile einer Ausführung in den Nachtstunden genannt: Eine Beleuchtung knapp über der Oberfläche kann beim Asphaltieren die Unebenheiten deutlicher erscheinen lassen, als dies bei Tageslicht möglich ist. Auf der anderen Seite führen die Scheinwerfer aller Arbeitsgeräte aber auch zu gegenseitigen Blendungen der Geräteführer und beeinträchtigen somit die Ausführung der Arbeit. Für diesen Sachverhalt kann beispielsweise das Heransteuern eines Mischgut-Lkw an den Fertiger genannt werden. Als weiteres wichtiges Argument gegen eine dauerhafte Nacharbeit wird die Arbeitssicherheit genannt. Die Bauunternehmen befürchten ein geringeres Sicherheitsniveau für die in der Arbeitsstelle beschäftigten Personen. Dies gilt nicht nur für Arbeiten unmittelbar neben Fahrstreifen unter Verkehr, sondern bezieht sich auf die gesamte Arbeitsstelle.

Bei der Durchführung der Betriebsform 4 ist laut den Experten der Unternehmen insgesamt mit erhöhten Kosten zu rechnen. Diese ergeben sich primär aus den erhöhten Aufwendungen für Personal und Beleuchtung. Im Gegensatz dazu ist durch die kürzere Bauzeit und die somit auch kürzere Einrichtungszeit der Arbeitsstelle eine Minderung der Mehrkosten durch sinkende Gemeinkosten der Baustelle zu erwarten.

Trotz der geringeren Bauzeiten bleibt die Betriebsform 4 als Arbeitszeitmodell über eine gesamte Maßnahme bisher noch eine Sonderlösung. Eine Durchführung war bisher fast ausschließlich für große Unternehmen oder Bietergemeinschaften möglich. Als Alternative zur Betriebsform 2 wird die Arbeit rund um die Uhr nur bei kurzfristig einzuhaltenden fixen Terminen angesehen.

Insgesamt zeigt sich, dass sowohl Verwaltungen als auch Bauunternehmen in vielen Fällen den Betriebsformen 2 und 4 skeptisch gegenüberstehen und in der Durchführung beider Betriebsformen er-

hebliche Probleme sehen. Es fehlen aber insbesondere auch Erfahrungswerte, da bisher nur wenig tatsächlich durchgeführte 24-Stunden-Betriebe oder Betriebsformen mit konsequenter Ausnutzung des Tageslichts über das gesamte Jahr durchgeführt wurden.

Verbesserungsvorschläge

Um die vorhandene Situation zu ändern und dennoch kürzere Bauzeiten zu erreichen, die schließlich den Straßennutzern zu Gute kommen, wurden die Experten nach Verbesserungsvorschlägen gefragt. Insbesondere auf Seiten der Unternehmen konnten hier einige Vorschläge aufgenommen werden. Eine erhebliche Verbesserung für die Bauunternehmen würde eine gleichmäßigere Ausschreibung der Bauleistungen über das gesamte Jahr darstellen. Zurzeit herrscht ein Ungleichgewicht zwischen den stark belegten Monaten ab April und den sehr schwachen Wintermonaten. Eine kontinuierliche und im Volumen der Bauleistungen konstante Ausschreibung vereinfacht bei den Auftragnehmern eine homogenere Auslastung des Personals über das gesamte Jahr. Bei sich einstellendem konstantem Personalbedarf könnten auch in den Wintermonaten die Personalstände besser aufrecht gehalten werden, sodass insgesamt eine Ausschöpfung der Personalressourcen effizienter erfolgen kann.

Seitens der Verwaltung wird die Einführung eines „Arbeitsstellenaudits“ als hilfreich angesehen. Hierbei sollen geplante Arbeitsstellen hinsichtlich der Optimierung von Verkehrsführung, Bauablauf und Bauzeiten durch an der Planung unbeteiligte Mitarbeiter überprüft und auf diese Weise Schwachstellen identifiziert werden. Zur besseren und intensiveren Planung wird zusätzlich gewünscht, dass der Zeitpunkt des Baubeginns flexibler geregelt werden kann. Steht beispielsweise zwischen Planfeststellung und Baubeginn ausreichend Zeit zur Verfügung (aktuell soll möglichst zeitnah hiernach mit der Ausführung begonnen werden), können verschiedene Bauabläufe, Verkehrsführungen und Betriebsformen besser geplant, verglichen und optimiert werden. Auch einige der Auftragnehmer fordern größere Zeiträume zwischen Ausschreibung und Submission. Dies würde für die Phase der Angebotserstellung den Vorteil bringen, dass detaillierter kalkuliert werden kann und evtl. parallel stattfindende Prozesse zur Optimierung der Gesamtbauzeit besser geplant werden können.

Quantifizierung von Bauzeitreduzierungen durch verschiedene Betriebsformen und Verkehrsführungen

Bei der Erfragung der möglichen Bauzeitreduzierung durch verschiedene Betriebsformen oder Verkehrsführung wurde bei der Befragung deutlich, dass die Abschätzung der Beschleunigungswirkungen aufgrund der geringen Erfahrungen in den meisten Fällen nicht möglich war. Dies gilt besonders für den Bereich alternativer Betriebsformen.

Da die Betriebsform 2 nach ihrer eigentlichen Definition bei den befragten Bauunternehmen überhaupt nicht angewendet wurde, konnten zur Beschleunigung gegenüber konventionellen Betriebsformen keine verwertbaren Aussagen getroffen werden. Für die Betriebsform 4 wurde hingegen von einem Unternehmen gegenüber einer 50-Stunden-Woche eine Bauzeitreduzierung um ca. 50 % abgeschätzt. Hierbei wurde noch der Hinweis gegeben, dass nicht die volle Zeit der Betriebsform 4 mit wertschöpfenden Tätigkeiten ausgefüllt werden kann, sondern in der Praxis lediglich zwei mal elf Stunden Arbeitszeit zur Verfügung stehen. Die übrigen Zeiträume werden für Wartung, Reinigung und Reparatur der Arbeitsgeräte benötigt.

Im Bereich alternativer Verkehrsführungen konnten von Verwaltung und Unternehmen jedoch Aussagen hinsichtlich einer Beschleunigungswirkung getroffen werden: Die Ausführung von Maßnahmen in Arbeitsstellen auf Bundesautobahnen über eine gesamte Fahrbahnbreite ist bei 4+0-Verkehrsführungen in deutlich kürzerer Bauzeit möglich. Auftraggeber- und Auftragnehmerseite schätzen aus ihren Erfahrungen die Zeitersparnis gegenüber einer Durchführung mit 3+1-Verkehrsführungen mit ca. 25 bis 30 % ab. Der geringere Aufwand bei den Einrichtungen der insgesamt weniger erforderlichen Verkehrsführungen und das vorhandene freie Bau- feld bei 4+0-Verkehrsführungen stellen dabei die beiden Hauptgründe dar. Das Kriterium der Verkehrsqualität in verschiedenen Behelfsverkehrsführungen wurde nicht betrachtet.

Beschleunigungsansätze durch vertragliche Gestaltungen

In Kapitel 2.2 wurden verschiedene Ansätze zur Reduzierung der Bauzeit im Straßenbau vorgestellt. Im Rahmen der Expertengespräche sollte der Einsatz und die Wirkung solcher Systeme in der Praxis erfragt werden.

Die Vereinbarung von Bonus-Malus-Systemen als Instrument der Bauzeitverkürzung erfolgt laut Angabe der Vertreter der Straßenbauverwaltungen sehr selten. Nach Befragung der Bauunternehmen zeigt sich, dass hier jedoch regionale Unterschiede vorliegen und diese Modelle in einigen Niederlassungen der Verwaltung häufiger eingesetzt werden. Dies gilt gleichermaßen für die „Bauzeiten im Wettbewerb“. Die Straßenbauverwaltung in Nordrhein-Westfalen verfügt zwar über einen Leitfaden zum Aufstellen von Bauabläufen und deren vertraglicher Umsetzung, jedoch werden hierin keine konkreten Einsatzkriterien für derartige Anreizsysteme vorgegeben. Seitens der Verwaltungen wird als Grund für die seltene Anwendung genannt, dass die Beschleunigungsmodelle beim Auftraggeber einen hohen Mehraufwand bedeuten, im Gegenzug aber keine direkten, betriebswirtschaftlichen Vorteile in den Verwaltungen generieren. Die Wirkung der Maßnahmen sind eher volkswirtschaftlicher Natur (Stauvermeidung) und zielen auf den Verkehrsteilnehmer ab. Der Anreiz auf Auftraggeberseite für den Einsatz vertraglicher Systeme zur Bauzeitreduzierung ist daher eher gering.

Nach Meinung einiger Unternehmen bieten Anreizsysteme durchaus das Potenzial für kürzere Bauzeiten, die aktuell maximal mögliche Vergütung wird aber als zu geringer Anreiz angesehen.

2.6 Vergleich von Betriebsformen bei Maßnahmen auf Autobahnen und Flugbetriebsflächen

Anders als auf Bundesautobahnen bildet die Nachtarbeit bei Arbeiten auf Flugbetriebsflächen keine Ausnahme, sondern stellt den Regelfall dar. So wurden beispielsweise in den letzten Jahren Start- und Landebahnen der Flughäfen in Köln, Dresden, Nürnberg oder Bremen in Nachtarbeit oder in 24-h-Betrieben saniert.

Prinzipiell unterscheidet beide Verkehrsträger, dass auf Flugbetriebsflächen Verkehrsabwicklung und gleichzeitiger Baustellenbetrieb aus Sicherheitsgründen nicht verträglich sind und daher nur gearbeitet werden kann, wenn der Flugbetrieb ruht.

Eine Schließung größerer Flughäfen (insbesondere am Tag) bedeutet für die Flughafenbetreiber deutliche Einnahmeverluste, weswegen länger andauernde Arbeiten in 24-h-Betrieben aus wirtschaftlicher und wettbewerblischer Sicht für die Betreiber

häufig nicht möglich sind. Darüber hinaus bestehen für Flugverbindungen in der Regel deutlich weniger Ausweichmöglichkeiten und Alternativverbindungen, als dies beispielsweise im individuellen Verkehr auf dem Straßennetz der Fall ist.

Hinsichtlich der Baudurchführung in den Nachtstunden tauchen ähnliche Probleme und Hinderungsgründe auf wie im Autobahnbau, da auch hier die Erfordernis von ausreichendem Personal, produzierenden Mischwerken für Beton oder Asphalt sowie Zubringertransporten besteht. Anders als auf Autobahnen besteht durch die wirtschaftlichen Gründe der Betreiber vielerorts jedoch der Zwang, die Arbeiten nachts durchzuführen.

Viele Flughäfen bieten hier den Vorteil, dass in den Nachtstunden aus Lärmschutzgründen ohnehin kein Flugbetrieb stattfinden darf. Im Vergleich zu Arbeitsstellen auf Autobahnen werden hier die Maßnahmen also bereits durch die vorgegebene Verkehrspause in die Nachtstunden „gedrängt“. Hinsichtlich des Immissionsschutzes ist in vielen Fällen von gegenüber dem Flugbetrieb geringeren Lärmbelästigungen durch die Arbeitsstelle auszugehen.

Die durchgeführte Betriebsform bei der Sanierung von Flugbetriebsflächen entspricht durch die ausschließliche Arbeit in der Nacht in vielen Fällen der Betriebsform 3. Lediglich bei Betonierarbeiten größerer Flächen wurden in der Vergangenheit einige Sperrwochenenden (Freitagnachmittag bis Montagmorgen) eingerichtet (HUPE, 2007). Diese beschränken sich dann jedoch nur auf vereinzelte Wochenenden, sodass hier eine Vergleichbarkeit mit den kurzfristigen 24-h-Betrieben bei zeitkritischen Prozessen im Rahmen von Autobahnarbeitsstellen hergestellt werden kann.

Darüber hinaus ist festzustellen, dass für bauliche Eingriffe in Flugbetriebsflächen zum einen lange Planungszeiten und zum anderen zahlreiche Ersatzgeräte vorgehalten werden. Dieser Gedanke zur Sicherstellung der Einhaltung des geplanten Bauablaufes führt sogar dazu, dass ggf. zusätzliche Mischwerke zur Sicherstellung der Materialherstellung und Belieferung vorgehalten werden (ADELHEIM, 2008). Die Gründe hierfür liegen in den bereits erläuterten Ausfällen bei den Einnahmen auf Seiten der Flughafenbetreiber, welche unter allen Umständen vermieden werden sollen.

Insgesamt zeigt sich bei baulichen Maßnahmen auf Flugbetriebsflächen, dass eine vollständige Unterbrechung des Flugverkehrs vorliegen muss. Die

Nutzungsausfallkosten bei einer Verzögerung des Bauablaufes oder Vollsperrung des Flughafens fallen anders als bei Bundesautobahnen⁴ direkt beim Betreiber an, sodass dieser einen finanziellen Mehraufwand für die detaillierte Planung und die Einhaltung der Ausführungsfristen auf sich nimmt. Die Sanierung von Start- und Landebahnen ist im Vergleich zu Erneuerungs- und Instandsetzungsmaßnahmen auf Bundesautobahnen eine relativ seltene Aufgabe, sodass absolut gesehen auch hier Nacharbeit und Arbeiten in 24-h-Betrieben nicht regelmäßig auftreten, sondern eine Ausnahme bleiben.

2.7 Fazit der Grundlagenanalyse

In der Grundlagenstudie konnten die wesentlichen Einflussgrößen auf die Wahl der Betriebsform bei Arbeitsstellen längerer Dauer auf Bundesautobahnen identifiziert werden. Es zeigte sich, dass die Entscheidung für eine Betriebsform aufgrund der zahlreichen Einflüsse und Abhängigkeiten anderer Parameter keine standardisierte und einfache Aufgabe darstellt. Die Entscheidung für eine Durchführung von Arbeitsstellen in Betriebsform 4 ist aus diesen Gründen offensichtlich fast ausschließlich von der vorhandenen Verkehrsstärke abhängig. Den Verwaltungen steht darüber hinaus bisher kein Hilfsmittel zur Verfügung, welches Rahmenbedingungen für den Einsatz verschiedener Betriebsformen beinhaltet und Empfehlungen ausgibt.

Die Analyse der Baubetriebsmeldungen hat gezeigt, dass sich die Anteile der verschiedenen gemeldeten Betriebsformen in den letzten Jahren grundlegend geändert haben. Seitdem die Betriebsform 2 von politischer Seite als Standardlösung für Arbeitsstellen längerer Dauer gefordert ist, werden heute auch die meisten Arbeitsstellen in dieser Betriebsform gemeldet und ausgeschrieben. Der Einsatz der Betriebsform 4 findet den Meldungen zufolge immer noch selten statt, eine steigende Tendenz ist jedoch zu erkennen. Die Betriebsformen 1 und 3 spielen nur eine untergeordnete Rolle und werden sehr selten gemeldet.

Die Expertengespräche haben jedoch gezeigt, dass es eine Diskrepanz zwischen den Betriebsformen der gemeldeten und tatsächlich durchgeführten Arbeitsstellen gibt. In der Praxis wird die Be-

triebsform 2, wie sie im Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement definiert ist, nicht durchgeführt. Vielmehr ergeben sich Arbeitszeitmodelle, die einen Kompromiss zwischen BF 1 und BF 2 darstellen. Es konnte festgestellt werden, dass die Arbeitszeiten der definierten Betriebsformen insgesamt nicht vollständig ausgenutzt werden und somit eine potenzielle Bauzeitverkürzung nicht genutzt wird. Zeitgleich konnten auch die Gründe für diese Entwicklung erfragt werden, indem im Rahmen der Expertengespräche die grundlegenden Probleme bei der Durchführung der intensiven Betriebsformen erläutert wurden.

Insgesamt konnten durch die Literaturanalyse und die Expertengespräche die Zusammenhänge und Abhängigkeiten bei der Wahl und Ausführung verschiedener Betriebsformen analysiert und dargestellt werden. Eine Quantifizierung der Beschleunigungswirkung alternativer Betriebsformen oder Ausführungsvarianten konnte dabei allerdings nur teilweise erfolgen.

3 Beschleunigungswirkung und Kosten alternativer Betriebsformen

Im folgenden Kapitel sollen die für die gesamtwirtschaftliche Bewertung benötigten Eingangsgrößen festgelegt werden. Hierbei sind zunächst die relevanten Größen aus baubetrieblicher und finanzieller Sicht zu ermitteln, sodass die Quantifizierung der Bauzeitverkürzung sowie die Kostenänderung durch intensivere Betriebsformen im Fokus stehen. Die Festlegung der verkehrlichen Eingangsgrößen erfolgt in Kapitel 4.

3.1 Identifikation praxisnaher Betriebsformen

In den Expertengesprächen konnte ermittelt werden, dass die vier im Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement definierten Betriebsformen zur Durchführung von Arbeitsstellen längerer Dauer in der Praxis nicht oder nur sehr selten in der vorgesehenen Form Anwendung finden. Ein wichtiger Grund für diesen Sachverhalt sind die aus Sicht der Bauunternehmen ungünstigen Personalstrukturen, die zur dauerhaften Durchführung dieser Betriebsformen erforderlich sind. Eine Änderung hin zu den Arbeitszeiten gemäß den definierten Betriebs-

⁴ mit Ausnahme der Mautgebühren durch den Schwerverkehr

formen ist darüber hinaus laut den befragten Experten der Unternehmen nicht zu erwarten, da in vielen Fällen die Ausführungsfristen des Auftraggebers mit den aktuell angewendeten Arbeitszeitmodellen der ausführenden Unternehmen eingehalten werden können.⁵

Da für die Ermittlung der Beschleunigungswirkung und der Kosten Daten und Informationen aus bereits abgeschlossenen Arbeitsstellen herangezogen werden sollen, müssen für die Abfrage praxisnahe Betriebsformen identifiziert werden, die für die Bauunternehmen tatsächlich durchführbar sind. Nur so ist es möglich, Kosten und Bauzeiten in Abhängigkeit der tatsächlich durchgeführten Betriebsform zu ermitteln.

Die Aufstellung praxisnaher Betriebsformen erfolgt dabei unter Beachtung der in den Expertengesprächen gewonnenen Erkenntnisse. Folgende Aspekte und Randbedingungen sind demnach zu beachten:

- gesetzliche Vorgaben,
- Durchführbarkeit über einen längeren Zeitraum,
- wirtschaftlich sinnvoller Personaleinsatz bei den Bauunternehmen,
- Berücksichtigung der Experteneinschätzung.

Hinsichtlich gesetzlicher Vorgaben bildet das Arbeitszeitgesetz (ArbZG) eine der wichtigsten Einschränkungen. Hier sind die maximal zulässigen täglichen, wöchentlichen und (halb-)jährlichen Arbeitszeiten festgelegt. Eine wesentliche Vorgabe ist dabei die täglich zulässige Arbeitszeit von acht Stunden (für Tag- sowie Nachtarbeit), die jedoch auf bis zu zehn Stunden verlängert werden darf. In diesem Fall ist aber sicherzustellen, dass die durchschnittliche tägliche Arbeitszeit innerhalb von einem Kalendermonat (für Nachtarbeit⁶) bzw. sechs Kalendermonaten (für Tagarbeit) acht Stunden nicht überschreitet (ARBZG, 1994). Darüber hinaus ist die Nachtarbeit besonders zu vergüten oder durch zusätzliche freie Tage auszugleichen. Eine weitere Ausdehnung der Arbeitszeiten über die genannten Grenzen hinaus ist nur mit Genehmigungen der zu-

ständigen Aufsichtsbehörde zulässig. In diesem Fall beschränkt sich die zulässige durchschnittliche wöchentliche Arbeitszeit innerhalb von sechs Monaten auf maximal 48 Stunden. Soll auch Sonn- und Feiertagsarbeit mit einbezogen werden, so sind zusätzliche besondere Genehmigungen erforderlich.

Aus diesen Restriktionen geht hervor, dass viele Arbeitszeitmodelle mit verlängerten täglichen Arbeitszeiten und einem festen Personalstand nicht über einen längeren Zeitraum aufrecht zu erhalten sind. Dies gilt insbesondere, wenn an sieben Tagen in der Woche gearbeitet werden soll. So ist beispielsweise die Betriebsform 4 mit 3 Schichten nur über maximal 22 Wochen und mit 4 Schichten über maximal 24 Wochen (sechs Monate) durchzuführen.

Soll eine längerfristige gleichmäßige Auslastung des Personals erfolgen, so sind alternative Arbeitszeitmodelle anzuwenden:

Hinsichtlich der Arbeitszeiten bei den Bauunternehmen konnten in den Expertengesprächen verschiedene Ansätze zu einem wirtschaftlich sinnvollen Einsatz der zu Verfügung stehenden Personalressourcen identifiziert werden. Hier wurde bereits die häufig verwendete verlängerte Tagesschicht genannt. Hierbei wird an allen Wochentagen bis zu zehn Stunden gearbeitet, die maximale tägliche Arbeitszeit wird hierbei also eingehalten. Die wöchentliche Arbeitszeit ergibt sich hierbei zu ca. 50 h/Woche. Es muss lediglich gewährleistet sein, dass die durchschnittliche tägliche Arbeitszeit in einem Kalendermonat acht Stunden nicht überschreitet. Dies kann nur durch freie Tage oder verkürzte Schichten erreicht werden, die sich beispielsweise durch kürzere Arbeitszeiten zum Ende der Woche realisieren lassen. Freie Tage können bei einigen Bauprozessen durch technologisch bedingte Pausen erreicht werden (z. B. Abbindezeiten oder Auskühlzeiten).

Eine intensivere Betriebsform kann durch einen Zweischichtbetrieb erreicht werden. Beim Ansatz von zwei Schichten zu je acht Stunden werden tägliche Arbeitszeiten generiert, die ungefähr denjenigen der Betriebsform 2 in den Sommermonaten entsprechen. Durch einen beispielhaften Ansatz der Schichten von 6 bis 22 Uhr wird deutlich, dass hierbei keine Arbeit in die Nachtstunden fällt und somit hieraus keine erhöhten Personalkosten entstehen. Bei der Durchführung dieses Modells an allen Wochentagen (fünf Tage je Woche) werden

⁵ Nicht berücksichtigt sind hier z. B. Nachträge, Behinderungen oder Schlechtwetter, die i. d. R. auch eine Anpassung der Ausführungsfrist nach sich ziehen.

⁶ Nachtarbeit ist diejenige „Arbeit, die mehr als zwei Stunden der Nachtzeit umfasst“ (ARBZG, 1994). Als Nachtzeit gilt die Zeit zwischen 23 und 6 Uhr.

die beschriebenen Vorgaben und Grenzen des Arbeitszeitgesetzes eingehalten.

Zur weiteren Intensivierung ist denkbar, beide Schichten auf jeweils neun Stunden auszuweiten. Die tägliche Arbeitszeit kann auf diese Weise auf den Zeitraum zwischen 5 und 23 Uhr ausgedehnt werden. Diese Betriebsform könnte sich insbesondere dann eignen, wenn die durchzuführende Maßnahme eine Dauer von bis zu einem Monat aufweist, da hiernach aufgrund der überschrittenen durchschnittlichen Arbeitszeit ein Ausgleich erforderlich wird. Andernfalls wird zusätzliches Personal benötigt. Ein Arbeitszeitmodell dieser Art wurde im Rahmen des Pilotprojektes zur Begleitung des Ausbaus der BAB 1 im Bereich Osnabrück durch das ausführende Unternehmen angewandt (RICHTER et al., 2012). Ohne Ansatz des Samstages als Arbeitstag ergibt sich eine wöchentliche Arbeitszeit von ca. 90 Stunden.

Eine Ausweitung der Arbeitszeiten auf Sonn- und Feiertage ist laut Expertenbefragung für die Bauunternehmen bisher nicht als sinnvoll erachtet und bisher auch nur in Ausnahmefällen durchgeführt worden. Auf Seiten der Bauverwaltungen konnten bereits Hinderungsgründe aufgrund häufig nicht zur Verfügung stehenden eigenen Personalressourcen identifiziert werden. Eine Berücksichtigung dieser Tage soll hier aus diesem Grund ausgeklammert bleiben.

Für eine weitere Intensivierung der Arbeitszeiten kann zusätzlich der Samstag als sechster Werktag hinzugezogen werden. Die maximale wöchentliche Arbeitszeit für einen Arbeiter wird jedoch hierbei überschritten, sodass bei einer Durchführung über mehr als sechs Monate zusätzliches Personal benötigt wird. Eine konsequente dauerhafte Durchführung scheint zwar nicht realistisch und praxisnah, für kürzere Maßnahmen ist sie jedoch denkbar und soll daher hier aufgenommen werden (gesamte wöchentliche Arbeitszeit bis 108 Stunden).

Ein echter 24-Stunden-Betrieb über alle Tage der Woche wird von keinem der Experten als für längere Zeit durchführbar eingeschätzt und soll aus diesem Grund hier keine Berücksichtigung finden. Lediglich eine zeitlich begrenzte Durchführung an fünf oder sechs Tagen der Woche ist mit den entsprechenden Genehmigungen denkbar.

Von den vier ursprünglich definierten Betriebsformen soll als praxisnahe Betriebsform hier lediglich die Betriebsform 3 ohne Modifikation übernom-

men werden, da sie für sehr kurze Maßnahmen aus Sicht der verkehrlichen Eingriffe eine attraktive Alternative darstellt. Die Betriebsform 3 berücksichtigt zur Vermeidung von verkehrlichen Auswirkungen nur die verkehrsschwachen Nachtstunden. Der Ansatz einer Arbeitszeit von 21:30 bis 5:30 Uhr ergibt jeweils 8-Stunden-Schichten. Die Einrichtung der Behelfsverkehrsführung wird bei den weiteren Berechnungen zur verkehrlichen Bewertung zwischen 21:00 und 6:00 Uhr angenommen. Beim Ansatz von zwei Schichten zu je acht Stunden werden tägliche Arbeitszeiten generiert, die ungefähr denjenigen der Betriebsform 2 entsprechen.

Aufgrund der beschriebenen Überlegungen und den Erkenntnissen aus der Expertenbefragung sind sechs verschiedene Betriebsformen denkbar, die in der Praxis als durchführbar angesehen werden (Tabelle 2).

Um im weiteren Arbeitsgang eine eindeutige Bezeichnung und Abgrenzung gegenüber den ursprünglich definierten Betriebsformen zu ermöglichen, werden für die Neudefinitionen die römischen Zahlen I bis IV verwendet. Die Betriebsform I wird dabei als wahrscheinlichste Ausführungsvariante bei Ausschreibung von BF 1 angesehen, die Betriebsformen IIa und IIb sind bisher bei Ausschreibung der BF 2 zum Einsatz gekommen. Die Betriebsformen IVa und IVb sind realistische Arbeitszeitmodelle bei Ausschreibung von BF 4, wobei die Ansetzung der Variante IVb über eine länger andauernde Bauzeit als nicht praxisgerecht angesehen wird (vgl. RICHTER et al., 2012).

BF	Tägliche Arbeitszeit	Arbeits-tage	Arbeitszeit je Woche
I	Tagesschicht (8,5 h/d) urspr. BF 1	5 d/Woche	42,5 h (100 %)
IIa	Verlängerte Tagesschicht (10 h/d)	5 d/Woche	50 h (118 %)
IIb	Verlängerte Tagesschicht (12 h/d)	6 d/Woche	72 h (169 %)
III	Nachtarbeit (8h/d) urspr. BF 3	7 d/Woche	56 h (132 %)
IVa	Zweischichtbetrieb (2 x 9 h/d)	6 d/Woche	108 h (254 %)
IVb	Dreischichtbetrieb (3 x 8 h/d)	6 d/Woche	144 h (339 %)

Tab. 2: Praxisnahe Betriebsformen und resultierende Wochenarbeitszeiten

3.2 Auswahl von Standard-Maßnahmen

Um im Ergebnis der vorliegenden Forschungsarbeit Handlungsempfehlungen für die Wahl der Betriebsform auf Basis einer gesamtwirtschaftlichen Bewertung ableiten zu können, müssen die Unterschiede in Bauzeit und Kosten der Baudurchführung bei verschiedenen Betriebsformen untersucht werden. Ziel muss es sein, ausreichend genaue Vorhersagen dieser Größen für Arbeitsstellen längerer Dauer aufzustellen und Einsatzgrenzen für zukünftige Maßnahmen somit abschätzen zu können.

Es ist davon auszugehen, dass sowohl Kosten als auch Dauer und Beschleunigungswirkungen stark von der Art der Maßnahme sowie von den gewählten Verkehrsführungsphasen des Bauablaufes abhängen. Da im Rahmen dieses Forschungsprojektes nicht alle auftretenden Maßnahmentypen für Arbeitsstellen längerer Dauer untersucht werden können, soll eine Auswahl von Standard-Maßnahmen und Ausführungsvarianten erfolgen, welche einen Großteil der Maßnahmenarten für Arbeitsstellen längerer Dauer auf Bundesautobahnen abdecken.

Um dieser Anforderung gerecht zu werden und die aufgestellten Zielstellungen erfüllen zu können, sind sowohl Instandsetzungs-, Erneuerungs- und Ausbaumaßnahmen zu betrachten. Damit ist ein Großteil der nach den „Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen“ (RPE-Stra 01) definierten Maßnahmen sowie des Ausbaus abgedeckt (Tabelle 3). Die nach dieser Tabelle verbleibenden nicht abgedeckten Maß-

nahmen aus den Bereichen der baulichen Unterhaltung und des Neubaus bleiben unberücksichtigt, da die Instandhaltung häufig im Rahmen von Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD) erfolgen kann und Maßnahmen des Neubaus nicht unter Verkehr stattfinden.

Innerhalb der gewählten Maßnahmenarten der Instandsetzung, Erneuerung und des Ausbaus soll zusätzlich eine Differenzierung zwischen Asphalt- und Betonstraßenbau erfolgen um die unterschiedlichen Anforderungen und Randbedingungen des Bauablaufes der jeweiligen Bauart berücksichtigen zu können. Über diese Maßnahmen hinaus ist zusätzlich der steigende Bedarf der Brückensanierung zu berücksichtigen und in den Standard-Maßnahmen aufzunehmen.

In Kapitel 2 wurde erläutert, dass auch die gewählte Verkehrsführung bzw. die zeitlich aufeinander folgenden Verkehrsführungsphasen innerhalb einer Arbeitsstelle einen erheblichen Einfluss auf die Bauzeit der gesamten Maßnahme haben. Aus diesem Grund soll dieser Sachverhalt bei der Auswahl der zu untersuchenden Arbeitsstellen mit aufgenommen werden.

Der Fokus liegt bei der Auswahl der Standard-Maßnahmen ausschließlich auf vierstreifigen Querschnitten bzw. zweistreifigen Richtungsfahrbahnen. Querschnitte mit mehr als vier Fahrstreifen werden im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht betrachtet.

Unter Beachtung der beschriebenen Anforderungen und Randbedingungen sollen im aufbauenden Arbeitsschritt jeweils die Beschleunigungswirkung

Bauliche Erhaltung	(örtlich-punktueller oder kleinflächiger Maßnahmen) Bauliche Unterhaltung (Instandhaltung) (z. B. Vergießen von Rissen, kleinflächige Flickarbeiten)	
	Instandsetzung	I1 – auf der Deckschicht (z. B. Oberflächenbehandlung, Dünnschichtbelag) I2 – an der Deckschicht (z. B. Hoch-/Tiefenbau der Deckschicht)
	Erneuerung	E1 – an der Decke (z. B. Hoch oder Tiefenbau der Decke) E2 – an Tragschicht(en)/am Oberbau (z. B. Verstärkung, Tiefenbau einschließlich der Tragschicht(en))
Ausbau	6- oder 8-streifiger Ausbau	
Neubau		

Tab. 3: Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen (erweitert um Aus- und Neubau); nach RPE (2001)

sowie die Veränderung der Kosten bei Intensivieren der Betriebsform für die insgesamt 13 Standard-Maßnahmen nach Tabelle 4 ermittelt werden.

Die Spalte „VF-Variante“ gibt an, in welchen Verkehrsführungen die Hauptbauphasen der jeweiligen Maßnahme durchgeführt werden. Dabei steht die angegebene Verkehrsführungsvariante stellvertretend für alle erforderlichen und sich daraus ergebenden weiteren Verkehrsführungen (z. B. 3s+1/3s+1s/1s+3s/1+3s). Die Verkehrsführungen der Zwischenphasen, die zur Einrichtung bzw. zum Umbau dienen, sind dabei in der Übersicht nicht explizit genannt. Das Vorgehen bei der Einrichtung bzw. Umlegung der Behelfsverkehrsführungen hängt insbesondere bei 3+1-Verkehrsführungen von der tatsächlich vorhandenen Fahrbahnbreite ab, da hierdurch beeinflusst wird, wie viele Fahrstreifen tatsächlich gesperrt werden müssen um beispielsweise Markierung und Gegenverkehrstrennung einrichten zu können. Die Phasen für das Einrichten, Umbauen und Abbauen der Behelfsverkehrsführungen dauern in vielen Fällen nur sehr kurz an und sind in der Regel nicht ohne Fahrstreifenreduktionen durchführbar. Zusätzlich können die tatsächlichen Kapazitäten dieser Einrichtungsphasen nicht exakt abgeschätzt werden, sodass eine detaillierte Berücksichtigung dieser Phasen nur sehr schwer erfolgen kann. Es wird jedoch unterstellt, dass Einrichtung und Umbau der Verkehrsführungen aus den genannten Gründen ausschließlich in verkehrsschwachen Zeiten erfolgen, sodass diese nur kurz andauernden Phasen keinen signifikanten Einfluss auf die

gesamtwirtschaftliche Einsatzgrenze der Maßnahme haben.

Vor- und Nacharbeiten am Mittelstreifen (z. B. das Herstellen der Mittelstreifenüberfahrten) weisen einen höheren Zeitbedarf auf und werden für die Maßnahmen, bei denen aufgrund der Überleitungen Mittelstreifenüberfahrten erforderlich sind, unter 2s+2s-Verkehrsführungen angesetzt.

Eine vollständige Auflistung der Standard-Maßnahmen inklusive aller angesetzten Bau- bzw. Verkehrsführungsphasen kann den Anhängen A 2 bis A 4 entnommen werden.

Damit eine Vergleichbarkeit der Maßnahmen und eine Übertragbarkeit auf zukünftige Arbeitsstellen zu ermöglichen, sind die zu berücksichtigenden Leistungen innerhalb jeder Maßnahme zu definieren.

Für alle Maßnahmen wird festgelegt, dass die Bauzeiten ohne die Berücksichtigung von Bauwerken, Anschlussstellen sowie Tank- und Rastanlagen ermittelt werden sollen. Befinden sich solche Einrichtungen innerhalb oder im Bereich der Arbeitsstelle, so können sie einen großen Einfluss auf die erforderliche Bauzeit haben.

Zusätzlich werden über die eigentliche Straßenbaumaßnahme hinausgehende Leistungen wie beispielsweise die Erneuerung von Entwässerungseinrichtungen nicht berücksichtigt, da diese Leistungen nicht bei jeder Maßnahme zusätzlich zum Deckenbau durchgeführt werden.

Nr.	Standard-Maßnahme	VF-Variante	Bemerkungen
1	Tiefereinbau neue Deckschicht (I2)	3+1	Instandsetzung des gesamten Querschnitts
2	Tiefereinbau neue Deckschicht (I2)	4+0	Instandsetzung des gesamten Querschnitts
3	Einbau von dünnen Deckschichten (I1)	2+1	Einbau auf einer Richtungsfahrbahn, BF 3
4	Grundhafte Erneuerung von Decke und Tragschicht (E2)	3+1	Erneuerung des gesamten Querschnitts
5	Grundhafte Erneuerung von Decke und Tragschicht (E2)	4+0	Erneuerung des gesamten Querschnitts
6	Sechsstreifiger Ausbau (symmetrisch)	4+0	
7	Ersatz von Fugenfüllungen der Betonfahrbahn	2+1	Ersatz auf einer Richtungsfahrbahn, BF 3
8	Austausch von Betonplatten	2+1	Austausch auf einer Richtungsfahrbahn, BF 3
9	Erneuerung Tiefereinbau Beton	4+0	Erneuerung des gesamten Querschnitts
10	Oberflächenbehandlung Beton (I1) – Grinding	2+1	Behandlung einer Richtungsfahrbahn, BF 3
11	Oberflächenbehandlung Beton (I1) – Epoxidharz & Splitt	2+1	Behandlung einer Richtungsfahrbahn, BF 3
12	Brückensanierung	3+1	
13	Brückensanierung	4+0	

Tab. 4: Standard-Maßnahmen zur Untersuchung von Beschleunigungswirkungen und Kostenänderungen

Bei allen Maßnahmen, die einen Ersatz einer oder mehrerer Oberbauschichten beinhalten, wird jeweils die Erneuerung bzw. Instandsetzung im gesamten Querschnitt, also auf beiden Richtungsfahrbahnen angesetzt (Standard-Maßnahmen 1, 2, 4, 5, 6, 9 und 12). Bei allen anderen Standard-Maßnahmen beziehen sich die anzusetzenden Leistungen nur auf eine Richtungsfahrbahn, wobei hier jeweils als Arbeitsstellenverkehrsführung eine 2+1-Verkehrsführung mit Fahrstreifenreduktion und Einsatz ausschließlich in den Nachtstunden (BF 3 bzw. BF III) untersucht werden soll.

Alle Standardmaßnahmen, die während der Bauausführung als Linienbaustelle angesehen werden können, werden für die Untersuchung mit einer Arbeitsstellenlänge von 5 km angenommen. Diese Arbeitsstellenlänge liegt im Bereich der durchschnittlichen Arbeitsstellenlänge für Erhaltungsmaßnahmen, die aus den vorliegenden Meldungen zur Baubetriebsplanung ermittelt werden konnten. Eine weitere Differenzierung und Untersuchung verschiedener Arbeitsstellenlängen würde eine deutliche Vergrößerung der zur Datenerhebung heranzuziehenden Arbeitsstellenanzahl bedeuten und soll daher hier nicht verfolgt werden. Die Standard-Maßnahmen 7, 8, 12 und 13 können in diesem Zusammenhang nicht als Linienbaustelle angesehen werden und erhalten als Arbeitsstellenlänge jeweils nur den abgegrenzten Tätigkeitsbereich.

Für alle Standard-Maßnahmen, bei denen die Durchführung unter 3+1- sowie 4+0-Verkehrsführungen untersucht wird, beinhaltet die angesetzte Bauzeit jeweils das Herstellen und Rückbauen der erforderlichen Mittelstreifenüberfahrten (MSÜ) sowie die notwendige Zeit zum Umbauen der Behelfsverkehrsführungen zwischen den einzelnen Bauphasen. Darüber hinaus wird bei allen Erneuerungsmaßnahmen vorausgesetzt, dass die Herstellung der neuen Oberbauschichten im Tiefeinbau erfolgt. Das bedeutet, dass auch immer der zuvor stattfindende Ausbau (z. B. Fräsen von Asphalt) in den Leistungen der Arbeitsstellen berücksichtigt werden müssen.

Für die Standard-Maßnahmen „Brückensanierung“ sind die zu berücksichtigenden Leistungen ebenfalls vor Abfrage der erforderlichen Bauzeiten und Kosten zu definieren. Für die Untersuchung sollen Brückensanierungen betrachtet werden, bei denen neben der Erneuerung der Kappen sowie der Abdichtenden Schichten auch eine Reprofilierung des Konstruktionsbetons nach Entfernung

dieser Schichten und eine Erneuerung des Fahrbahnaufbaus zur gesamten zu erbringenden Leistung gehören. Als Bauwerksgröße wird eine Brückenlänge (lichte Weite) von ca. 20 m gewählt. Zum einen existieren im Autobahnnetz zahlreiche Bauwerke dieser Größe, sodass die Wahrscheinlichkeit größer ist, geeignete Arbeitsstellen zu finden. Zum anderen erlaubt diese Bauwerksgröße aber auch eine Betrachtung von Bauzeiten nach dem Bauzeitenkatalog, sodass fehlende Aufwandswerte ggf. ergänzt und abgeschätzt werden können.

3.3 Auswahl geeigneter Arbeitsstellen

Nachdem die zu untersuchenden Standard-Maßnahmen bestimmt wurden, müssen für eine gesamtwirtschaftliche Bewertung die Bauzeiten der gewählten Ausführungsvarianten ermittelt werden. Zu diesem Zweck wurden bereits abgeschlossene reale Arbeitsstellen, deren Leistungen die gewählten Maßnahmen enthielten, hinsichtlich Betriebsformen und Bauzeiten untersucht.

Neben den Bauzeiten in konventionellen Betriebsformen sind insbesondere Arbeitsstellen von besonderem Interesse, die in 24-Stunden-Betrieben oder vergleichbaren intensiven Betriebsformen durchgeführt wurden.

Eine eigene Auswahl geeigneter Arbeitsstellen aus den vorliegenden Meldungen zur Baubetriebsplanung bzw. aus Daten des Baustelleninformationssystems des Bundes und der Länder stellte sich als nicht zielführend heraus. Der wesentliche Grund hierfür liegt in der nicht ausreichenden Angabe der benötigten Daten:

Die Meldung zur Baubetriebsplanung erlaubt mit dem Listenblatt nur die Angabe einer der vier Betriebsformen, wie sie in Kapitel 1 beschrieben wurden. Zum einen wurde jedoch bereits festgestellt, dass es sich hierbei in den meisten Fällen nur um die geplante, bzw. ausgeschriebene Betriebsform handelt, diese tatsächlich aber nicht durchgeführt wurde. Zum anderen steht mit Angabe der Betriebsform nicht unbedingt eine Information über die genaue oder zumindest durchschnittliche tägliche bzw. wöchentliche Arbeitszeit zur Verfügung. Diese Informationen sind jedoch zur Ermittlung der Beschleunigungswirkung verschiedener Betriebsformen und damit auch verschiedener Arbeitszeitmodelle unerlässlich.

Neben nicht ausreichenden Daten zu den tatsächlich angesetzten Arbeitszeiten liegen hinsichtlich der durchgeführten Leistungen ebenfalls nur grobe und damit nicht zweckmäßige Informationen vor. Die Meldung zur Baubetriebsplanung sieht lediglich 16 verschiedene Maßnahmenarten vor, die gemeldet werden können. Zwar existieren Meldebausteine, die den oben aufgegriffenen Maßnahmenarten (I1, I2, E1, E2) entsprechen, eine weitere Differenzierung hinsichtlich der genauen Instandsetzungs- bzw. Erneuerungsart kann hieraus jedoch nicht abgeleitet werden.

Darüber hinaus weisen viele Arbeitsstellen lokale Besonderheiten oder Randbedingungen auf, so dass keine Übertragbarkeit auf zukünftige Maßnahmen möglich ist. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn in einem Autobahnabschnitt mehrere Brückenbauwerke liegen und der Bauablauf durch die zu erbringenden Leistungen an den Bauwerken maßgeblich beeinflusst wird.

Es wurde daher die Entscheidung getroffen, die relevanten Information direkt bei den Straßenbauverwaltungen der Länder durch die Untersuchung geeigneter abgeschlossener Arbeitsstellen zu erfragen. Folgende Arbeitsstellenkenngrößen wurden dabei erfragt:

- Lage,
- Länge,
- Ausführungszeitraum (Monat und Jahr),
- Dauer (Werktage),
- durchgeführte Arbeiten,
- Aufwandswerte,
- durchgeführte Betriebsform/ Arbeitszeitmodell,
- Kosten (siehe Kapitel 3.5).

Die Ermittlung von Arbeitsstellenlänge und Aufwandswerten sollen der Vergleichbarkeit verschiedener Arbeitsstellen dienen. Mit den Informationen zu Ausführungszeiträumen können bei der gesamtwirtschaftlichen Bewertung eventuelle Abhängigkeiten der Einsatzgrenzen von der Ausführung in verschiedenen Jahres- oder Ferienzeiten abgeleitet werden.

Die Ermittlung der Bauzeiten kann im Rahmen dieser Abfrage auch separat für die einzelnen Verkehrsführungs- bzw. Bauphasen erfolgen ohne, dass die Bauzeit der gesamten Maßnahme bekannt sein muss. Die Aufteilung auf die einzelnen Phasen

bietet den Vorteil, dass nicht zwingend alle Leistungen der Standard-Maßnahme in der realen Arbeitsstelle durchgeführt werden mussten. Identifizierte Arbeitsstellen, die hinsichtlich der durchgeführten Leistungen von den Standard-Maßnahmen abweichen, können so trotzdem noch zur Datenerhebung beitragen, wenn zumindest die Leistungen einzelner Phasen übereinstimmen.

Im Rahmen der Datenabfrage wurden Daten abgeschlossener Arbeitsstellen aus den Zuständigkeitsbereichen der Straßenbauverwaltungen Nordbayern, Niedersachsen und Hessen untersucht. Zusätzlich wurden Bauunternehmen nach Aufwandswerten für die betreffenden Leistungen befragt, so dass eine größere Datenbasis zur Abschätzung der benötigten Bauzeiten vorlag.

3.4 Bauzeiten und Quantifizierung der Beschleunigungswirkung

Die Quantifizierung der Beschleunigungswirkung verschiedener Betriebsformen stellt für das weitere Untersuchungsprogramm einen wesentlichen und wichtigen Arbeitsschritt dar. Die Reduzierung der Bauzeit wird zu einem zentralen Eingangsparameter der gesamtwirtschaftlichen Bewertung, da durch jede Bauzeitverkürzung direkt die volkswirtschaftlichen Kosten gesenkt werden können. Eine möglichst exakte Abschätzung dieser Größen ist demnach für die Qualität der Ergebnisse und der Einsatzempfehlungen von zentraler Bedeutung. Die Beschleunigungswirkung soll aus den untersuchten abgeschlossenen Arbeitsstellen der Standard-Maßnahmen erfolgen. Dazu müssen Arbeitsstellen vorliegen, die in den relevanten Betriebsformen durchgeführt wurden.

Im Konflikt zu dem Konzept der empirischen Quantifizierung der Beschleunigungswirkung steht die Tatsache, dass hinsichtlich der Bauzeitreduzierung durch Intensivierung der Arbeitszeiten bisher nur sehr wenige Erfahrungen vorliegen und eine Ermittlung der Beschleunigung aus der Literatur oder aus einer Vielzahl abgeschlossener Arbeitsstellen daher nur schwer möglich ist.

Können die erforderlichen Daten und Informationen aus den abgeschlossenen Arbeitsstellen nicht direkt ermittelt werden und lässt sich die Beschleunigungswirkung hieraus nicht ausreichend quantifizieren, so müssen andere Ansätze gefunden werden, um die Beschleunigungswirkung gegenüber

den konventionellen Betriebsformen abzuschätzen. Dies gilt gleichermaßen für die ausgewählten Standard-Maßnahmen, zu denen keine abgeschlossenen Arbeitsstellen vorliegen, die in intensiveren Betriebsformen durchgeführt wurden. Hierzu sind verschiedene Vorgehensweisen möglich:

- pauschale Abminderung auf Basis der Experteneinschätzungen,
- Umrechnung über die tägliche oder wöchentliche Arbeitszeit der neu definierten Betriebsformen,
- Identifizierung von Leistungen, die in Nachtarbeit durchgeführt werden können und Neuaufrstellung des Bauablaufplans unter Ansatz von Aufwandswerten,
- Aufwandswerte nach dem Bauzeitenkatalog unter Modifizierung der Tageslichtfaktoren.

Bei der Auswertung der Expertengespräche (Kapitel 2.5) konnten pauschale Ansätze aufgezeigt werden, welche die Beschleunigungswirkung alternativer Betriebsformen quantifizieren. Da wie beschrieben keine Erfahrungswerte für Bauzeiten in der Betriebsform 2 vorliegen, konnten die Beschleunigungen nur gegenüber den eigenen durchgeführten Arbeitszeitmodellen abgeschätzt werden. Diese Arbeitszeitmodelle entsprechen jedoch in den wesentlichen Zügen den in Kapitel 3.1 aufgestellten praxisnahen Betriebsformen. Aus diesem Grund kann bei fehlenden Daten und gleichzeitigem Vorliegen eines vergleichbaren Arbeitszeitmodells eine pauschale Abminderung hilfreich und sinnvoll sein.

Eine Alternative zur Berechnung der erforderlichen Bauzeit verschiedener Betriebsformen bietet der Bauzeitenkatalog, der im Rahmen des Leitfadens zum Arbeitsstellenmanagement eingeführt wurde. Die hier aufgeführten Aufwandswerte wurden für eine tägliche Arbeitszeit von 15 Stunden aufgestellt. Die Bauzeit infolge der tatsächlichen täglichen Arbeitszeit wird über den sog. Tageslichtfaktor bestimmt. Durch Umrechnung dieses Faktors auf ausgeweitete tägliche Arbeitszeiten ist es prinzipiell möglich, die angegebenen Aufwandswerte für jede tägliche Arbeitszeit zu bestimmen.

Es muss jedoch in Frage gestellt werden, dass die Aufwandswerte auf Basis der Ausnutzung des Tageslichts durch die einfache Anpassung des Tageslichtfaktors hinreichend genau auf die Nachtstunden übertragen werden können, da aufgrund der

Ergebnisse der Grundlagenanalyse und Expertengespräche davon ausgegangen werden muss, dass in Tag- und Nachtfall verschiedene Aufwandswerte anzusetzen sind. Quantifizierungen zur Leistungsminderung oder -steigerung in den Nachtstunden liegen jedoch bisher nicht vor. Die Bestimmung von erforderlichen Bauzeiten mithilfe des Bauzeitenkataloges soll trotz dieser Schwächen bei der Quantifizierung der Beschleunigungswirkung als zusätzliches Hilfsmittel eingesetzt werden, um eine Plausibilisierung der erfragten Bauzeiten und der Ansätze zur Bauzeitreduzierung durch intensivere Betriebsformen durchführen zu können. Zusätzlich besteht die Möglichkeit fehlende Angaben durch Bauzeiten zu ergänzen, die mithilfe des Kataloges ermittelt wurden.

In der Grundlagenanalyse wurde deutlich, dass einige Leistungen aus Lärmschutzgründen (zumindest bei angrenzenden Wohngebieten) nicht in den Nachtstunden durchgeführt werden können bzw. dürfen. Eine Umrechnung der Bauzeit über Arbeitszeitansätze und eine Umrechnung durch Anpassung des Tageslichtfaktors bei der Berechnung nach dem Bauzeitenkatalog muss folglich immer unter Beachtung dieser Vorgaben erfolgen. Eine Umrechnung ohne diese Berücksichtigung würde unterstellen, dass alle Leistungen in den Nachtstunden unverändert fortgeführt werden können. Für die betrachteten Fälle wurden jedoch aus Lärmschutzgründen keine Leistungen für die Nachtarbeit ausgeschlossen, da diese Einschränkung immer von den örtlichen Gegebenheiten bezüglich angrenzenden Schutzgebieten abhängt und eine Vergleichbarkeit aller Maßnahmen möglich sein soll.

Die Leistung Asphaltieren der Deckschicht wurde aufgrund der Erfahrungen aus den Expertengesprächen jedoch ausschließlich auf die Tagstunden begrenzt. Grund hierfür sind die bereits beschriebenen qualitativen Anforderungen an die Ebenheit der Fahrbahndecke, die bei Einbau in den Nachtstunden nicht immer gewährleistet werden kann.

Unter Ansatz erfragter Bauzeiten sowie durch Ergänzung und Plausibilisierung mit den beschriebenen Ansätzen konnten für alle Standard-Maßnahmen Bauzeiten für verschiedene Betriebsformen ermittelt werden. Als Nullfall für die später durchgeführte gesamtwirtschaftliche Bewertung werden erforderliche Bauzeiten bei Ansatz bzw. Ausschreibung der Betriebsform 2 betrachtet. Es konnte gezeigt werden, dass bei Ausschreibung

dieser Betriebsform in der Praxis die Betriebsform IIa (Tabelle 2) am häufigsten zum Einsatz kommt. Dies konnte bei der Abfrage des tatsächlich ausgeführten Arbeitszeitmodells in den abgeschlossenen Maßnahmen in vielen Fällen bestätigt werden. Bezüglich der Bauzeiten wird demnach die Betriebsform IIa als Vergleichsfall betrachtet.

Dem Planfall mit der Durchführung in einer intensiveren Betriebsform wird zunächst die Betriebsform IVa als Arbeitszeitmodell zugeordnet, da diese Betriebsform bei der Abfrage der Maßnahme mit ausweiteten Arbeitszeiten in den meisten Fällen auch tatsächlich vorhanden war und die tatsächlichen Bauzeiten somit direkt vorliegen. Eine Untersuchung ausgewählter Maßnahmen, die in BF IVb bzw. Betriebsform 4 nach dem Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement durchgeführt werden, soll dennoch im Rahmen der volkswirtschaftlichen Bewertung erfolgen, um das Einsatzpotenzial dieser Betriebsform abschätzen zu können.

Bei der Abfrage und Ermittlung der Bauzeiten für Vergleichsfall und Planfall zeigt sich insgesamt, dass die Einschätzungen aus Grundlagenanalyse und Expertengesprächen als zutreffend eingestuft werden können. Wie aus in Kapitel 2 beschriebenen Gründen bereits erwartet, tritt die Beschleunigungswirkung im Vergleich zur Erhöhung der täglichen und wöchentlichen Arbeitszeit nur abgeschwächt auf. Die Bauzeit fällt also nicht proportional zur täglichen Arbeitszeit.

Bei umfangreicheren und damit länger andauernden Maßnahmen ist die absolute Beschleunigungswirkung naturgemäß größer als bei kürzeren Maßnahmen, sodass sich eine deutlich wahrnehmbare Verkürzung für den Verkehrsteilnehmer vermutlich erst bei zeitlich längeren Arbeitsstellen einstellt. Bei den kurzen Maßnahmen, für die eine Durchführung in BF 3 untersucht wird, ist die Differenz der Bauzeit zwischen Vergleichsfall und Planfall nur sehr gering. Bei den Maßnahmen „Dünne Deckschichten“, „Grinding“ und „Oberflächenbehandlung mit Epoxidharz und Splitt“ resultiert die Bauzeit in erster Linie aus den unterschiedlich langen täglichen Einsatzzeiten der Arbeitsgeräte. Da in diesen Fällen Vergleichsfall (BF IIb und Planfall (BF III bzw. BF 3) keine großen Differenzen in den täglichen Arbeitszeiten aufweisen, ist auch der Unterschied in den erforderlichen Bauzeiten nicht stark ausgeprägt. Hinzu kommt die Tatsache, dass als Bauzeit immer ganze Werkzeuge angegeben wurden und hier somit in vielen Fällen ein Aufrunden stattgefunden hat.

Für Standard-Maßnahme 9 „Erneuerung Tiefereinbau Beton“ wurde nach dem Betonieren eine Abbindezeit von drei Werktagen angesetzt. Bei Durchführung im Planfall muss diese Zeit ebenfalls voll angesetzt werden, sodass die Beschleunigungswirkung hier insgesamt geringer ausfällt, als dies bei Maßnahmen ohne lange Abbinde- oder Auskühlzeiten der Fall ist. Bei Standard-Maßnahme 8 „Austausch von Betonplatten“ wird die Abbindezeit abweichend hierzu jedoch nicht angesetzt. Damit eine reine Nacharbeit tatsächlich durchgeführt werden kann, wird der Einsatz von schnell abbindendem Beton vorausgesetzt. Dies gilt sinngemäß auch für Standard-Maßnahme 3 „Dünne Deckschichten“, bei der eine Befahrbarkeit der neuen Schicht nach Rückbau der Behelfsverkehrsführung vorausgesetzt wird.

Im Rahmen der Grundlagenanalyse wurde ebenfalls die schnellere Durchführung einer Maßnahme bei Einsatz einer 4+0-Verkehrsführung gegenüber 3+1-Verkehrsführungen erfragt. Auch hier zeigen die ermittelten Bauzeiten, dass die pauschalen Ansätze der Beschleunigungswirkung in den meisten Fällen zutreffen. Auffällig ist darüber hinaus, dass der Wechsel von 3+1-Verkehrsführungen auf 4+0-Verkehrsführungen ungefähr die gleiche Beschleunigungswirkung für die Gesamtmaßnahme induziert wie eine Ausweitung der Arbeitszeiten von BF IIa zu BF IVa. Für eine Einsatzempfehlung fehlt hier jedoch noch die Bewertung des Verkehrsablaufs und der verkehrlichen Auswirkungen, sodass sich eine Durchführung unter einer 3+1-Verkehrsführung dennoch als gesamtwirtschaftlich vorteilhafter erweisen kann.

Die ermittelten Bauzeiten der Standardmaßnahmen für Vergleichsfall und Planfall aufgeteilt nach Bau- bzw. Verkehrsführungsphasen können nach den Anhängen A 2 bis A 4 entnommen werden.

3.5 Mehr- und Minderkosten durch alternative Betriebsformen

Neben einer Verkürzung der Bauzeit und somit einer Verminderung der Stauereignisse führt die Durchführung in intensiveren Betriebsformen in der Regel auch zu veränderten Kosten. Zum einen können Mehrkosten bei zusätzlichen Leistungspositionen auftreten, die erst durch die Intensivierung oder Durchführung mit Nacharbeit erforderlich werden. Zum anderen schlagen sich Mehrkosten auch in den einzelnen Teilleistungen nieder, da bei Kalkulationen im Bauwesen meistens die Form der

Umlagekalkulation gewählt wird, bei der die auftretenden Gemeinkosten über Zuschlagsfaktoren auf die Einzelkosten der Teilleistung umgelegt werden.

Darüber hinaus sind bei zeitabhängigen Kosten auch Minderkosten (also Einsparungen) zu erwarten, wenn die Bauzeit durch eine alternative Betriebsform verkürzt werden kann. Als Beispiel hierfür können die Baustelleneinrichtung oder die Verkehrssicherung genannt werden.

Im Rahmen der Datenermittlung aus den abgeschlossenen Arbeitsstellen wurden auch Kosten der gesamten Maßnahmen bzw. der einzelnen Bauphasen erfragt. Hierbei fiel jedoch auf, dass bei vergleichbaren Maßnahmen und Leistungen häufig stark variierende Kosten angegeben wurden. Aus diesem Grund werden analog zur Quantifizierung der Beschleunigungswirkung auch bei der Ermittlung der Mehr- bzw. Minderkosten zusätzlich zur Datenerhebung aus abgeschlossenen Arbeitsstellen alternative Ansätze verwendet, um einerseits die Ergebnisse der Befragung zu validieren und andererseits zu ergänzen, falls keine ausreichenden Informationen erfragt werden konnten. Dabei bietet es sich an, die Mehr- bzw. Minderkosten entweder als absolute Größe oder als Anteile an der Gesamtangebotssumme (netto) abzuschätzen, da diese Summe im Allgemeinen bekannt ist, bzw. erfragt werden kann. Da es zumeist nicht möglich ist, die Kalkulationen der ausführenden Unternehmen einzusehen, ist eine Abhängigkeit anderer Kostengrößen (z. B. Herstellungskosten) nicht zweckmäßig.

Wie bei der Quantifizierung der Beschleunigungswirkung stellt sich auch bei der Bezifferung der Kostenänderungen das Problem, dass nur wenige Erfahrungswerte bezüglich zusätzlichen Kosten durch Intensivierung der Betriebsform vorliegen. Die wissenschaftliche Begleitung des Pilotprojektes beim Ausbau der BAB 1 bei Osnabrück (RICHTER et al., 2012) liefert jedoch hilfreiche Ansätze zur Veränderung der Kosten.

Für den sechsstreifigen Ausbau auf einer Länge von 8,4 km wurde durch das ausführende Unternehmen ein Arbeitszeitmodell kalkuliert und ausgeführt, dass der beschriebenen praxisnahen Betriebsform IVa sehr nah kommt. Hier konnten folgende Mehr- und Minderkosten ermittelt bzw. abgeschätzt werden (siehe Tabelle 5).

Hierbei ist zu beachten, dass die hier ausgewiesenen zusätzlichen Lohnkosten lediglich die eigenen

Zusätzliche Kosten	Betrag	Bezogen auf Nettoangebotssumme bei BF IVa
Beleuchtung	882.000 €	2,47 %
Lohnkosten	104.000 €	0,29 %
NU-Kosten	783.000 €	2,20 %
Gemeinkosten	680.000 €	1,91 %
Allgemeine Geschäftskosten	1.290.000 €	3,62 %
Eingesparte zeitabhängige Kosten	-1.222.000 €	-3,43 %
Mehrkosten auf AG-Seite	186.000 €	0,52 %
Gesamt	2.703.000 €	7,58 %

Tab. 5: Mehr- und Minderkosten infolge eines Zweischichtbetriebs (BF IVa) bezogen auf die Nettoangebotssumme; gerundete Werte nach RICHTER et al. (2012)

Lohnkosten des Auftragnehmers widerspiegeln. Zusätzliche Lohnkosten der Nachunternehmer sowie zusätzliche Kosten durch Personalaufstockung sind unter den eigenen Positionen bzw. in den Gemeinkosten geführt. Aus diesem Grund ist hier eine explizite Ausweisung der zusätzlichen Lohnkosten nicht direkt möglich. Die Tarifsammlung für die Bauwirtschaft gibt für Sonntagsarbeit einen Lohnkostenzuschlag in Höhe von 75 v. H. und für Nachtarbeit in Höhe von 20 v. H. an (ZANDER, 2011)

Zusätzlich wurde bei der Begleitung des Pilotprojektes auf Basis der ermittelten Daten die Kostenänderung infolge eines echten 24-Stunden-Betriebes (BF 4) abgeschätzt. Insgesamt konnte der Mehrkostenbereich verschiedener Betriebsformen gegenüber der Durchführung als Tagesbaustelle (BF 1) wie folgt beziffert werden (RICHTER et al., 2012):

- Mehrkosten = [8,2 % bis 17,5 %] der Nettoangebotssumme bei BF 1,

wobei der niedrigere Wert für eine Durchführung in einem Zweischichtbetrieb (BF IVa) und der höhere Wert für einen 24-Stunden-Betrieb (BF 4) angesetzt werden kann. Es wird darauf hingewiesen, dass diese Faktoren für die Maßnahme eines sechsstreifigen Ausbaus an nur einem konkreten Beispiel ermittelt wurden. Eine Übertragbarkeit ist daher für alle abweichenden Maßnahmen qualitativ zu prüfen.

Bei der Kostenermittlung für die verschiedenen Standard-Maßnahmen musste aufgrund fehlender

und nicht zu ermittelnder Werte auf eine pauschale Schätzung der zusätzlichen Kosten nach dem oben dargestellten Ansatz erfolgen. Bei verschiedenen Leistungsumfängen, Materialkosten und Personalintensitäten ist jedoch davon auszugehen, dass eine Abschätzung der Kosten durch den pauschalen Ansatz zu Fehlern führt. Aus diesem Grund sind bei der später folgenden gesamtwirtschaftlichen Bewertung die Eingangsgrößen der Kostenänderung zu variieren, um deren Einfluss auf die Einsatzgrenze der intensiveren Betriebsform ermitteln zu können.

Die ermittelten und für die gesamtwirtschaftliche Bewertung angesetzten Kosten der Standard-Maßnahmen sind gemeinsam mit den erforderlichen Bauzeiten in den Anhängen A 2 bis A 4 aufgelistet.

4 Verkehrliche Bewertung

4.1 Konzept und Beschreibung des Verkehrsanalysesystems

Der vom BMVBS eingeführte „Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen“ (BMVBS, 2011a) stellt die geltende Grundlage der Baubetriebsplanung dar. Im Rahmen des FE 01.0174/2011/HRB „Verfahren für die Bewertung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen als Ganzjahresanalyse für unterschiedliche Randbedingungen“ wird ein Verkehrsanalysesystem entwickelt, mit dessen Hilfe nach seiner Fertigstellung und Bereitstellung bundesweit einheitlich die im Leitfaden geforderte Bewertung der verkehrlichen Auswirkungen von Arbeitsstellen EDV-gestützt umgesetzt werden kann.

Dafür wurden makroskopische Modelle zur Nachbildung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen geprüft und weiterentwickelt. Der Ansatz für die Quantifizierung der verkehrlichen Auswirkungen von Engpässen ist die intervallgenaue Modellierung von Kapazitätsüberschreitungen über einen längeren Zeitraum. Die Anwendung dieser sogenannten Ganzjahresanalyse führt zu einer deutlich präziseren Nachbildung des Verkehrsablaufs im Vergleich zur Analyse einer einzelnen Bemessungsstunde.

Zur Auswahl eines Modells für das Verkehrsanalysesystem wurden geeignete Kombinationen der Modellkomponenten analysiert und empirisch validiert. Diese unterscheiden sich in ihren Berechnungsansätzen, in der betrachteten Intervalldauer

und in der Berücksichtigung der Stochastizität von Verkehrskenngrößen. Im Ergebnis des Vergleichs der modellbasierten und empirischen Ergebnisse und unter Berücksichtigung praktischer Erwägungen hinsichtlich der Umsetzbarkeit im Verkehrsanalysesystem wurde ein deterministisches Warteschlangenmodell mit deterministischen Eingangsgrößen in Stunden-Intervallen vorgeschlagen.

Das im Verkehrsanalysesystem hinterlegte Verfahren für die verkehrliche Bewertung wird auch in der vorliegenden Untersuchung verwendet.

4.2 Szenarien der verkehrlichen Bewertung

Die Lage einer Arbeitsstelle längerer Dauer im Netz und die Gestaltung der Behelfsverkehrsführung haben maßgebenden Einfluss auf das Staugeschehen. Die Berechnung der verkehrlichen Auswirkungen basiert im Wesentlichen auf einem Vergleich zwischen Verkehrsnachfrage und Kapazität.

Die Aussagen, die mit der Berechnung verschiedener Standard-Maßnahmen erarbeitet werden, sollen für möglichst viele Arbeitsstellen in Deutschland aussagekräftig sein. Es ist daher unumgänglich, verschiedene Szenarien der Verkehrsnachfrage und der Kapazität zu untersuchen.

Die Parameter der Verkehrsnachfrage sind

- die Höhe (charakterisiert durch den DTV-Wert) und
- die Verteilung, die anhand von Ganglinien beschrieben wird.

Die absolute Höhe der täglichen Verkehrsbelastung stellt die wichtigste Einflussgröße auf die verkehrlichen Auswirkungen einer Arbeitsstelle dar. Daher wird sie in der vorliegenden Untersuchung als Leitgröße betrachtet. Für jedes im Weiteren definierte Szenario wird daher der DTV von 20.000 Kfz/d bis 100.000 Kfz/d in Schritten von 5.000 Kfz/d variiert (17 DTV-Stufen).

Die Verteilung des Verkehrs über den Tag, die Woche und das Jahr wird durch typisierte Ganglinien ausgedrückt. In dieser Studie wird das Ganglinienset der Richtlinien für Wirtschaftlichkeitsberechnung an Straßen (RWS-Entwurf, 2013) verwendet, die dem Forschungsnehmer im Entwurf vorliegt. Das Ganglinienset besteht aus typisierten Tagesganglinien für die Tages(-gruppe(n)) Montag,

Typ	Bezug	Beschreibung
Jahres-Wochen-Ganglinientypen		
1	LV, SV	Weitestgehend ausgeglichen, Rückgänge in Ferien- und Feiertagswochen
2	LV	Spitzen in Ferien- und Feiertagswochen
2	SV	Extreme Maxima in einzelnen Wochen
3	LV	Ausgeprägte Spitzen in der Ferienzeit, lokale Maxima in den Feiertagswochen
Tagesganglinientypen		
1	LV, Mo.-Fr.	Vormittagsspitze
2	LV, Mo.-Fr.	Nachmittagsspitze
3	LV, Mo.-Fr.	Doppelspitze

Tab. 6: Ganglinientypen der freien Strecke nach RWS-Entwurf (2013)

Dienstag-Donnerstag, Freitag, Samstag und Sonntag, die in relativen Anteilskurven den Verlauf der Verkehrsstärke über den Tag angeben. Darüber hinaus existieren typisierte Jahres-Wochen-Ganglinien, die den Anteil jedes Tages an der Gesamtverkehrsstärke eines Jahres festlegen. Die Ganglinien sind jeweils für den Leichtverkehr (zul. GG $\leq 3,5$ t) und den Schwerverkehr (zul. GG $> 3,5$ t) definiert. Für die Tagesganglinien des SV bzw. des LV an Samstagen und Sonntagen existiert jeweils nur ein Ganglinientyp. Die Unterscheidung der weiteren Ganglinientypen zeigt Tabelle 6.

ZIEGLER et al. (2012) ordneten allen Dauerzählstellen auf Bundesautobahnen die entsprechenden Ganglinientypen zu (Datenbasis: Jahr 2005). VOLKENHOFF (2014) wertete die Häufigkeiten verschiedener Ganglinienkombinationen (GLK) auf Basis dieser Daten aus. Im Ergebnis zeigt sich, dass sich alle Strecken in 26 charakteristischen Ganglinienkombinationen wiederfinden. 78 % aller Dauerzählstellen werden durch 9 verschiedene Ganglinienkombinationen abgebildet. Die häufigste Kombination deckt allein 39 % der Strecken ab.

Die Betrachtung der 8 häufigsten Ganglinienkombinationen zeigt, dass diese sich im Wesentlichen durch eine abweichende Jahres-Wochen-Ganglinie des Leichtverkehrs und durch abweichende Tagesganglinien des Leichtverkehrs unterscheiden. Die häufigsten Jahres-Wochen-Ganglinien des Leichtverkehrs stellen Typ 1 und 2 dar. Typ 3 charakterisiert einen Sonderfall mit extrem hohen Belastungen in den Ferienzeiten und kommt nur auf weniger als 5 % aller Strecken Deutschlands vor. Die alternative Jahres-Wochen-Ganglinie des Schwerver-

Ganglinienkombination	Häufigkeit
2/1/1/3/3	39 %
1/1/1/3/3	10 %
1/1/1/3/1	6 %
1/1/3/3/3	5 %
1/1/3/2/3	5 %
1/1/2/2/3	4 %
2/1/3/2/3	4 %
3/1/1/3/3	4 %
18 weitere Kombinationen	22 %

Definition Ganglinienkombination:
1. Stelle: Jahres-Wochen-Ganglinientyp LV
2. Stelle: Jahres-Wochen-Ganglinientyp SV
3. Stelle: Tagesganglinientyp LV Montag
4. Stelle: Tagesganglinientyp LV Dienstag bis Donnerstag
5. Stelle: Tagesganglinientyp LV Freitag

Tab. 7: Häufigkeit von Ganglinienkombinationen (VOLKENHOFF, 2014 auf Basis von Daten von ZIEGLER et al., 2011)

kehrs stellt ebenfalls einen Sonderfall mit extrem seltenem Aufkommen dar. Die Tagesganglinien des Leichtverkehrs unterscheiden sich im Wesentlichen dadurch, ob über die Mehrzahl der Werkstage eine Belastung in Form einer Doppelspitze oder einer Abend- bzw. Morgenspitze vorliegt. Für die Szenarienbildung werden daher aus den 8 häufigsten Szenarien 4 ausgewählt, die über die beschriebenen Unterschiede verfügen:

- 2/1/1/3/3 (GLK A),
- 1/1/1/3/3 (GLK B),
- 1/1/2/2/3 (GLK C),
- 2/1/3/2/3 (GLK D).

Die Kapazität einer Arbeitsstelle wird einerseits durch Strecken- und Verkehrsparameter, andererseits durch Arbeitsstellenparameter definiert. Die maßgebenden Strecken- und Verkehrsparameter sind die Lage bzgl. Ballungsräumen, die Längsneigung und der Schwerverkehrsanteil (HBS, 2001).

Tabelle 8 zeigt die Variationen auf, die bezüglich der genannten Parameter in der Szenarienbildung berücksichtigt werden.

Die Arbeitsstellenparameter richten sich größtenteils nach der gewählten Verkehrsführung und dem vorhandenen Querschnitt. Die relevanten Verkehrsführungen, die aus der Untersuchung der Standardmaßnahmen abgeleitet wurden, sind in Tabelle 9

Einflussgröße	Szenarien
Lage bzgl. Ballungsraum	innerhalb Ballungsraum (iB) außerhalb Ballungsraum (aB)
Längsneigung	ebene Strecke (< 2 %) hügelige Strecke (2-4 %)
Schwerverkehrsanteil (SV)	10 %, 20 %

Tab. 8: Variationen der Einflussgrößen auf die Kapazität

dargestellt. Allen Verkehrsführungen wurde unterstellt, dass keine Fahrstreifenreduktionen ausgeführt wurden. Eine Ausnahme bildet hier die 2n+1-Verkehrsführung, bei der in Fahrtrichtung 2 von einer Fahrstreifenreduktion ausgegangen wird. Die Verkehrsführungen 2s+2s, 3s+1 und 2n+1 werden in der Regel eingesetzt, um dem fließenden Verkehr möglichst breite Fahrstreifen zur Verfügung zu stellen. Daher wird hier davon ausgegangen, dass die Breite des Hauptfahrstreifens $\geq 3,25$ m und die Breite der Überholfahrstreifen $\geq 2,75$ m ist. Bei der 4s+0-Verkehrsführung ist sowohl eine Ausführung mit schmalen Fahrstreifen (auf einem RAS-Q-Bestandsquerschnitt) als auch mit breiten Fahrstreifen (nach vorheriger Verbreiterung) denkbar. Die Überleitungen wurden bei 3s+1 und 4s+0-Verkehrsführungen jeweils der Fahrtrichtung 2 zugeschlagen.

Zur Berechnung der Kapazitätswerte wurden den einzelnen Verkehrsführungen realistische Annahmen für Überleitungen, Fahrstreifenbreiten und Fahrstreifenreduktionen unterstellt. Das Verfahren zur Berechnung der Kapazitätswerte beruht auf den Vorgaben des Leitfadens zum Arbeitsstellenmanagement an Bundesautobahnen (BMVBS, 2011a) sowie den dazugehörigen Ausführungshinweisen. Im Gegensatz zum vorgeschriebenen Verfahren werden jedoch die Kapazitäten unter Berücksichtigung von Schwerverkehrsanteil und Längsneigung in der Einheit Kfz/h angegeben. Der Abschlagsfaktor für einen hohen Anteil an ortskundigen Fahrern wurde auf die Lage außerhalb eines Ballungsraums übertragen. Obwohl die Begrifflichkeiten voneinander abweichen, ist beiden gemein, dass durch den Reduktionsfaktor ein weniger routiniertes Fahrerkollektiv (keine Ortskundigen oder Pendler) berücksichtigt werden soll. Die Übertragung ist daher gerechtfertigt.

Die beiden betrachteten Klassen der Längsneigung werden bei der Ermittlung der Kapazitäten als Charakteristik eines gesamten Streckenabschnittes angesehen, sodass für beide Fahrtrichtungen eines Querschnittes jeweils dieselbe Längsneigungsklasse angesetzt werden kann.

Verkehrsführung	Fahrstreifenbreiten	Kapazität [Kfz/h]	
		Fahrtrichtung 1	Fahrtrichtung 2
2s+2s	breit	3.486	3.486
3s+1(s)	breit	3.486	3.399
4s+0	breit	3.486	3.311
4s+0	schmal	3.276	3.112
2n+1	breit	3.800*	1.656

* Für die von der Arbeitsstelle unbeeinflusste Fahrtrichtung 2n wurde die entsprechende Kapazität nach HBS-Entwurf (2012) angegeben

Tab. 9: Kapazitäten der Verkehrsführungen (Beispiel iB, ebene Strecke, SV 10 %)

Eine verkehrliche Bewertung während der Einrichtung oder während eines Umbaus der Verkehrsführung ist nicht explizit möglich, da für einzelne Phasen der Einrichtung keine Kapazitätswerte vorliegen. Es wird für die Berechnungen vorausgesetzt, dass mit Beginn einer Phase die eingangs bestimmte Kapazität direkt vorliegt.

Die vollständige Übersicht aller Kapazitäten differenziert nach Verkehrsführung, Ballungsraumkriterium, Längsneigung und Schwerverkehrsanteil findet sich im Anhang A 5 und A 6.

4.3 Ermittlung und Monetarisierung von Fahrzeitverlusten in den verkehrlichen Szenarien

Unter Verwendung eines deterministischen Warteschlangenmodells werden Fahrzeitverluste für fünf verschiedene Verkehrsführungen analysiert. Dabei werden sowohl die Eingangsgröße Verkehrsnachfrage (Ganglinienkombination, DTV) als auch die Eingangsgröße Kapazität (Verkehrsführung, Lage bezüglich Ballungsräumen, Längsneigung, Schwerverkehrsanteil) variiert. Hieraus ergeben sich 5.508 Varianten, für die die anfallenden Fahrzeitverluste nach unterschiedlichen Kriterien ausgewertet werden. Die Monetarisierung der Fahrzeitverluste erfolgt nach den Zeitkostensätzen des derzeitigen Stands der RWS (RWS-Entwurf, 2013) (siehe Tabelle 10).

Da die Fahrzeitverluste und somit Verlustzeitkosten für jede Stunde des Jahres vorliegen, können durchschnittliche Werte der Verlustzeitkosten für unterschiedliche Zeiträume ermittelt werden. Bild 9 zeigt die durchschnittlichen Verlustzeitkosten pro Tag für das gesamte Jahr, getrennt nach Mona-

ten und für die Zeiträume innerhalb und außerhalb der Sommerferien (Beispieljahr 2011) sowie inner-

Tagestyp, Fahrzeuggruppe	Zeitkosten [€/Kfz·h]
Werktag, Leichtverkehr	15,93
Werktag, Schwerverkehr	42,87
Samstag, Leichtverkehr	13,59
Samstag, Schwerverkehr	60,46
Sonntag, Leichtverkehr	15,88
Sonntag, Schwerverkehr	90,73

Tab. 10: Zeitkostensätze nach RWS-Entwurf (2013)

halb und außerhalb der üblichen Bauzeit (März bis November). Für das Beispiel in Bild 9 wurde die häufigste Ganglinienkombination 2/1/1/3/3 mit einem DTV von 70.000 Kfz pro Tag auf einer ebenen Strecke außerhalb von Ballungsräumen mit 10 % Schwerververkehrsanteil gewählt.

Dabei werden zum einen die Unterschiede der Verlustzeitkosten über das Jahr und zum anderen der Unterschied zwischen den Kosten der beiden dargestellten Verkehrsführungen (2s+2s und 4s+0) deutlich. Die Spitzen, die in den Sommermonaten auftreten, sind begründet in dem Verlauf der Jahresganglinie 2, die ebenfalls ausgeprägte Spitzen in

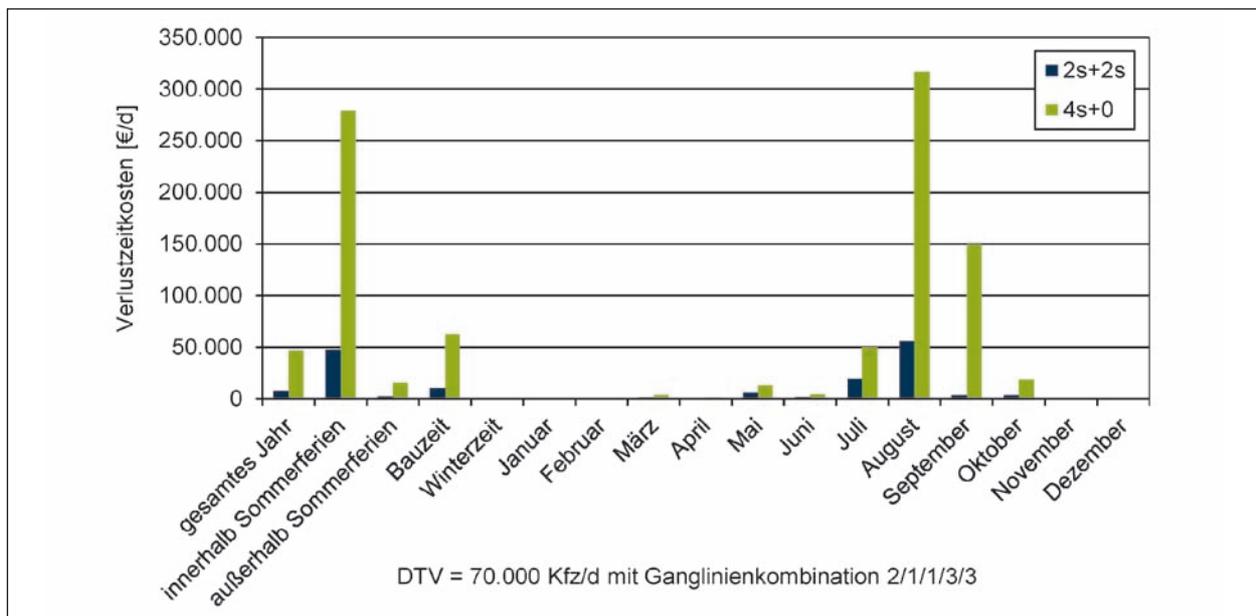


Bild 9: Verlustzeitkosten der Verkehrsführungen 2s+2s und 4s+0 für unterschiedliche Zeiträume der GLK 2/1/1/3/3

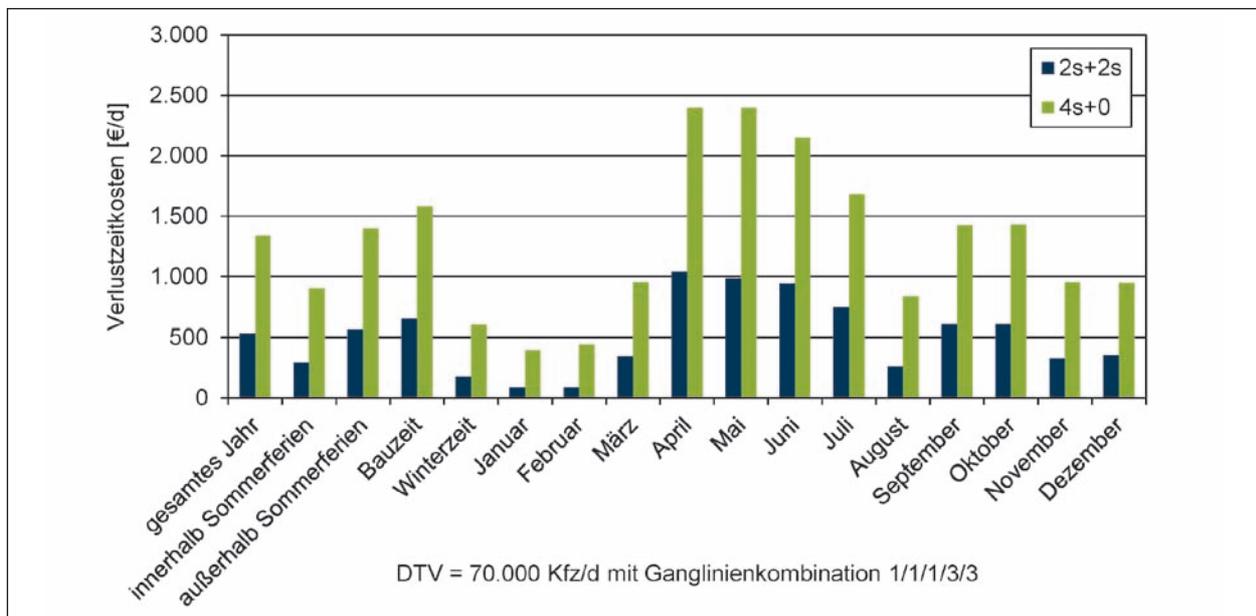


Bild 10: Verlustzeitkosten der Verkehrsführungen 2s+2s und 4s+0 für unterschiedliche Zeiträume der GLK 1/1/1/3/3

den Sommermonaten aufweist. Im Gegensatz dazu führt der über das Jahr ausgeglichene Jahresganglinienverlauf der GLK 1/1/1/3/3 auch zu einem ausgeglichenen Verlauf und zu einer bedeutend geringeren Höhe der Verlustzeitkosten (vgl. Bild 10).

Zum besseren Vergleich der unterschiedlichen Verläufe der Verkehrsnachfrage über das Jahr sind in Bild 11 die GLK 2/1/1/3/3 mit Jahresganglinientyp 2

und die GLK 1/1/1/3/3 mit Jahresganglinientyp 1 gegenübergestellt. Deutlich wird hierbei, dass die Verkehrsnachfrage der GLK 2/1/1/3/3 (oben) Werte über 10.000 Kfz/h erreicht, wohingegen die Werte der GLK 1/1/1/3/3 (unten) unter 8.000 Kfz/h liegen.

Darüber hinaus ist für beide GLK deutlich zu erkennen, dass die Verkehrsführung 4s+0, die eine geringere Kapazität aufweist als die Verkehrsführung

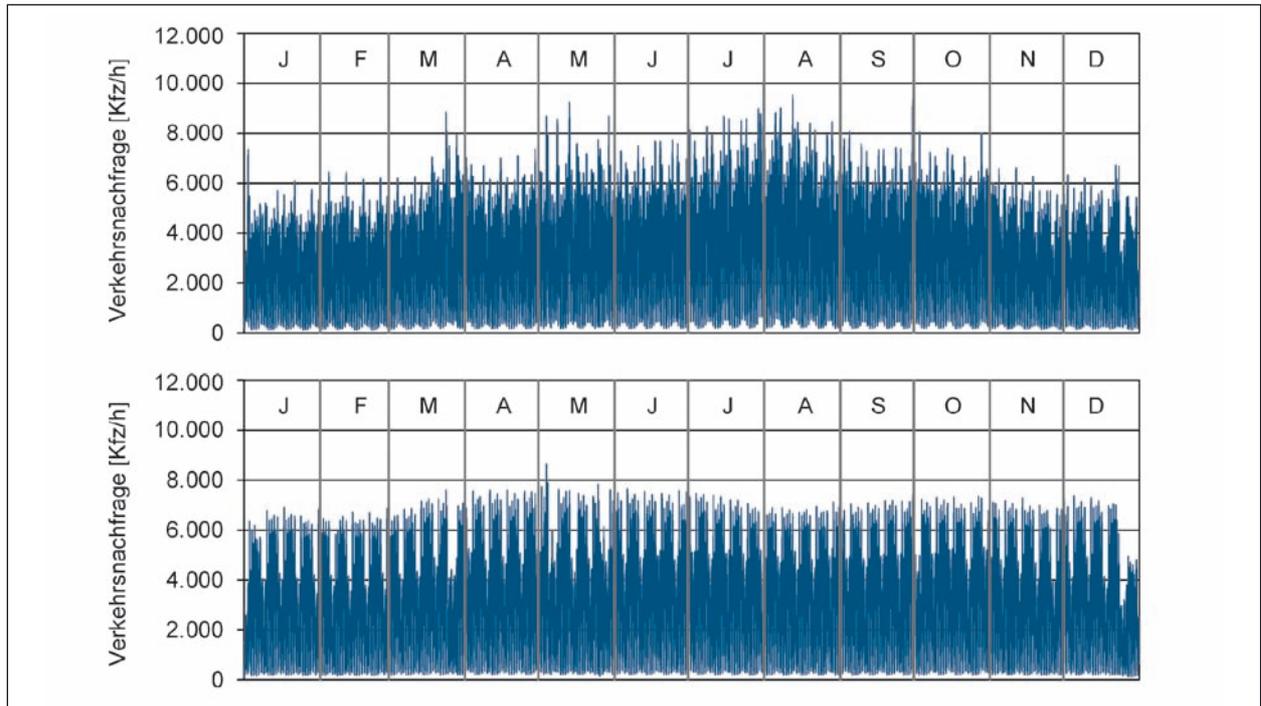


Bild 11: Vergleich der Ganglinienkombinationen 2/1/1/3/3 (oben) und 1/1/1/3/3 (unten) bei einem DTV von 70.000 Kfz/h

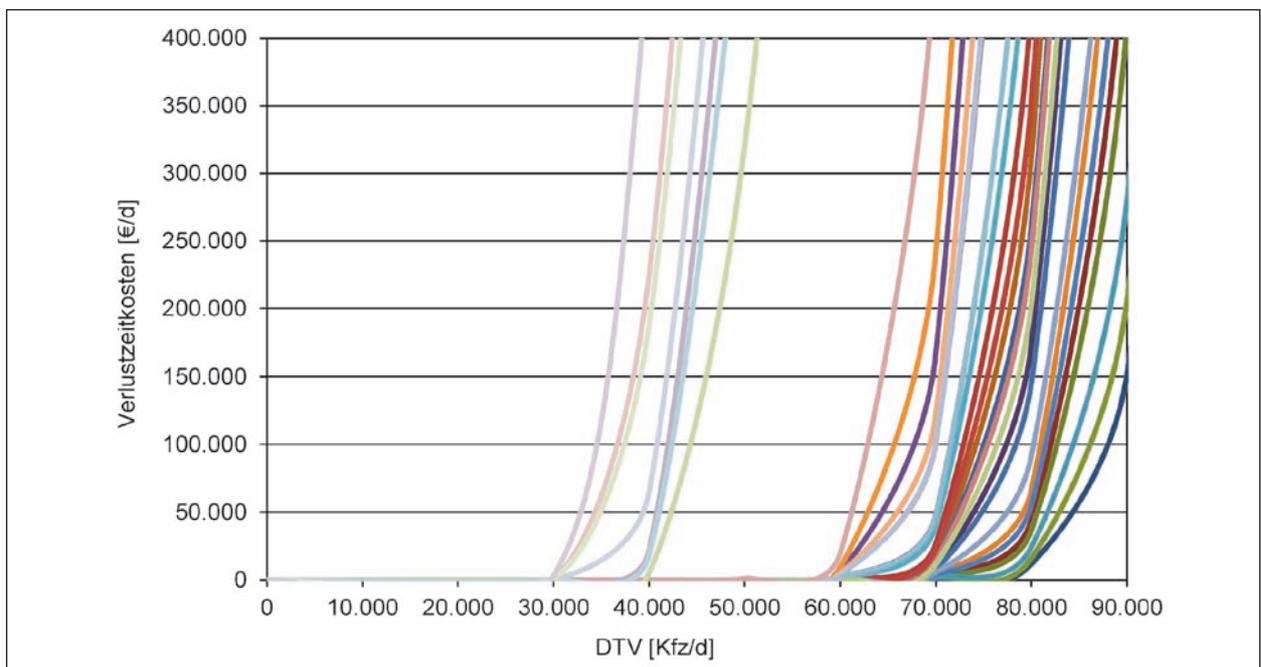


Bild 12: Durchschnittliche Verlustzeitkosten der GLK 2/1/1/3/3 für unterschiedliche Verkehrsführungen und Randbedingungen

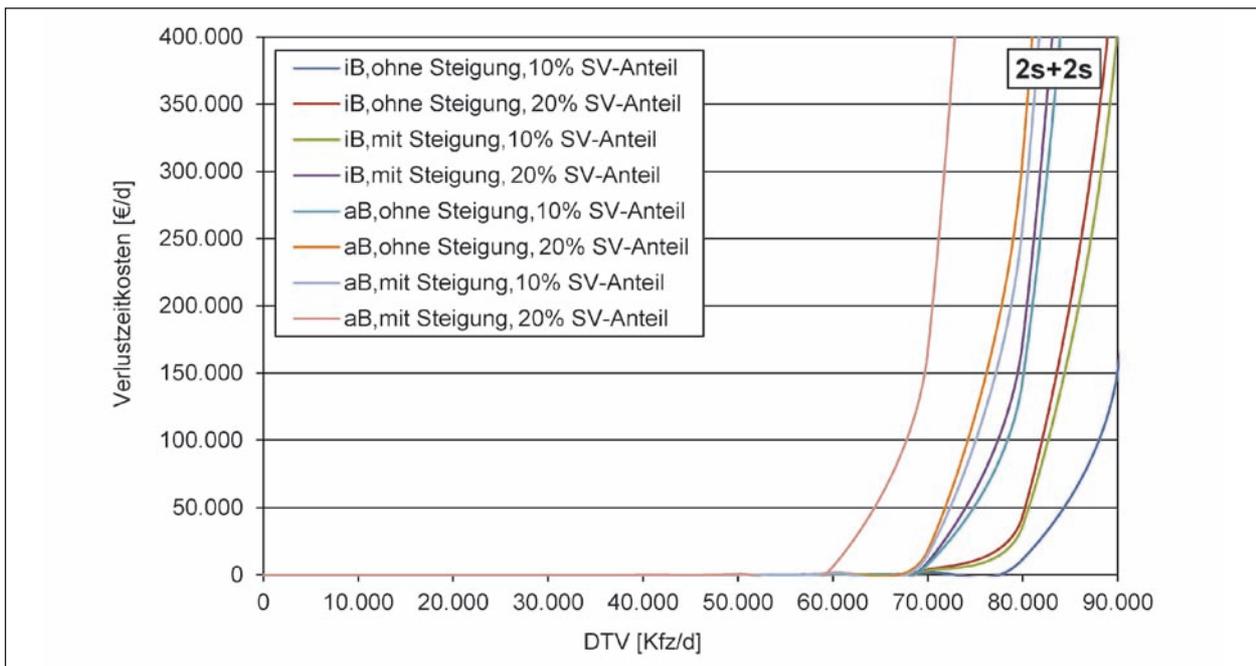


Bild 13: Durchschnittliche Verlustzeitkosten der GLK 2/1/1/3/3 für die Verkehrsführung 2s+2s und unterschiedliche Randbedingungen

2s+2s, erwartungsgemäß auch höhere Verlustzeitkosten mit sich bringt.

Die gezeigten Ergebnisse beziehen sich jeweils auf eine ebene Strecke außerhalb von Ballungsräumen mit 10 % Schwerverkehrsanteil. In Bild 12 sind für die fünf betrachteten Verkehrsführungen die Ergebnisse der durchschnittlichen Verlustzeitkosten über das gesamte Jahr für die GLK 2/1/1/3/3 in Abhängigkeit des DTV für unterschiedliche Randbedingungen (Lage bezüglich Ballungsräumen, Längsneigung, Schwerverkehrsanteil) dargestellt. Aufgrund der Vielzahl an resultierenden Kurven wird auf eine Legende verzichtet. Die Darstellung soll lediglich die Bandbreite der Ergebnisse verdeutlichen. In Bild 13 sind dieselben Ergebnisse, jedoch ausschließlich für die Verkehrsführung 2s+2s, dargestellt.

5 Gesamtwirtschaftliche Bewertung

Im Rahmen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung sollen Empfehlungen abgegeben werden, ab welchen Verkehrsbelastungen und unter welchen Randbedingungen die Durchführung einer Arbeitsstelle in intensiveren Betriebsformen gesamtwirtschaftlich günstiger ist als eine Durchführung mit konventioneller Betriebsform. Die Bewertung er-

folgt durch Gegenüberstellung des volkswirtschaftlichen Nutzens der Bauzeitverkürzung durch eingesparte Fahrtzeitverluste und der hierfür aufzuwendenden zusätzlichen Kosten des Baulastträgers. Die Aufstellung eines Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) in Abhängigkeit der Verkehrsstärke ermöglicht die Bestimmung einer gesamtwirtschaftlich sinnvollen Einsatzgrenze.

Um pauschale Empfehlungen und Richtwerte hinsichtlich der Betriebsform für zukünftig durchzuführende Maßnahmen geben zu können, sollen Einsatzempfehlungen für die gesamtwirtschaftlich günstigste Betriebsform bei den in Kapitel 3.2 ausgewählten Standard-Maßnahmen ermittelt werden. Dabei sind die Kostenänderungen, Verkehrsführungsvarianten, Kapazitäten und Nachfrageganglinien in geeigneten Intervallen und Größen zu variieren. Aus den Ergebnissen sollen schließlich die Empfehlungen abgeleitet werden.

5.1 Konzept und Verfahren der gesamtwirtschaftlichen Bewertung

Das Ergebnis der gesamtwirtschaftlichen Bewertung stellt die Ausweisung eines Nutzen-Kosten-Verhältnisses (NKV) in Abhängigkeit des DTV dar, auf dessen Basis bewertet werden kann, ob die Durchführung der Maßnahme in einer veränderten

Betriebsform bei bekannter Verkehrsstärke gesamtwirtschaftlich sinnvoll ist. Der Nutzen und die Kosten einer alternativen Baubetriebsform werden bestimmt, indem dieser Planfall der heute üblichen Betriebsform (Vergleichsfall) gegenübergestellt wird.

Zur Berechnung von Nutzen und Kosten in Plan- und Vergleichsfall wird nach folgendem Konzept vorgegangen:

Aus der Aufstellung der Standard-Maßnahme sind die anzusetzenden Verkehrsführungen bekannt. Für jede Verkehrsführung können anhand der Zeitkostenkurven die Verlustkosten (in Abhängigkeit des DTV) je eingerichteten Tag ermittelt werden. Unter Beachtung der Strecken-, Verkehrs- und Arbeitsstellenparameter kann die für diese Randbedingungen relevante Zeitkostenkurve (für die 2+2-Verkehrsführung bspw. aus Bild 13) ausgewählt werden. Für jede Verkehrsführungsphase sind die täglichen Fahrtzeitverlustkosten damit bekannt. Durch Aufsummierung der Kosten über alle Bauphasen der Standard-Maßnahme berechnen sich schließlich die gesamten Verlustkosten.

Die Verlustkosten einer einzelnen Verkehrsführungs- bzw. Bauphase ergeben sich jeweils aus dem Produkt der täglichen Verlustkosten mit der Bauzeit dieser Bauphase bzw. der Einrichtungszeit der zugehörigen Verkehrsführung. Die Einrichtungszeit fällt hierbei in der Regel länger aus, als die erforderliche Bauzeit für diese Phase, da auch an arbeitsfreien Tagen (je nach Betriebsform z. B. Samstag und/oder Sonntag) die Behelfsverkehrsführung eingerichtet und die Kapazität des Streckenabschnittes verringert bleibt. Ausnahme bildet die reine Nachtarbeit (BF III bzw. BF 3), bei der Werktag und Einrichtungstage übereinstimmen. Zur Ermittlung der Einrichtungszeit wird die Bauzeit je nach Anzahl der Wochenarbeitsstage mit dem Faktor $7/5$ (5-Tage-Woche) oder $7/6$ (6-Tage-Woche) versehen. Die sich auf diese Weise ergebenden Einrichtungszeiten werden auf ganze Kalendertage aufgerundet. Dieses Vorgehen ist legitim, da in der Baupraxis davon ausgegangen werden kann, dass der Beginn einer neuen Phase nicht unmittelbar nach Abschluss der vorangegangenen Phase folgt, sondern geringe Schnittstellenverluste vorhanden sind.

Wird das Vorgehen zur Ermittlung der Verlustkosten jeweils für die Bauzeiten zweier unterschiedlicher Betriebsformen durchgeführt, so lässt sich aus der Differenz beider Gesamt-Verlustkosten

der volkswirtschaftliche Nutzen bestimmen, der durch die Bauzeitverkürzung erreicht wird. Der so ermittelte Nutzen liegt in Abhängigkeit des DTV vor, da durch Variation der Verkehrsbelastung die Fahrtzeitverluste und somit auch deren Differenz für verschiedene Betriebsformen variiert. Der volkswirtschaftliche Nutzen ist die erste Eingangsgröße für das zu bestimmende NKV.

Auf Kostenseite sind die Mehrkosten einer Durchführung in intensiveren Betriebsformen gegenüber der Durchführung in der konventionellen Betriebsform festzulegen. Die Quantifizierung dieser Kosten wurde in Kapitel 3.5 erläutert.

Somit stehen beide Eingangsgrößen für das NKV zur Verfügung. Das auf diese Weise gebildete Verhältnis liegt noch in der Abhängigkeit der Verkehrsstärke vor, sodass unter Ansetzung eines kritischen NKV-Wertes schließlich eine Einsatzschwelle für die intensivere Betriebsform in Form eines DTV-Wertes für den gesamten Querschnitt vorliegt.

Das hier beschriebene Konzept des Bewertungsverfahrens ist zur Übersicht zusätzlich als Flussdiagramm im Anhang A 7 dargestellt.

Eine Durchführung der Arbeitsstelle ist in einer intensiveren Betriebsform gesamtwirtschaftlich günstiger, wenn das NKV einen Wert von mindestens 1 aufweist. Dies unterstellt eine gleichrangige Bewertung volkswirtschaftlicher Verlustkosten und aufzubringender zusätzlicher Kosten durch den Baulastträger. Eine besondere Gewichtung der Baulastträgerkosten kann bei Bedarf durch eine Erhöhung des kritischen NKV vorgenommen werden.

5.2 Aufstellung von Szenarien für Empfehlungen bei Standard-Maßnahmen

Für die Angabe von allgemeinen Empfehlungen sind verschiedene Szenarien zu definieren, welche die Leistungen der ausgewählten Standard-Maßnahmen enthalten. Ein Szenario setzt sich dabei aus dem verkehrlichen Szenario und dem baubetrieblichen Szenario zusammen.

Zusätzlich zu den kapazitätsbeeinflussenden Strecken- und Verkehrsparametern (verkehrliches Szenario, Tabelle 8) werden weitere Arbeitsstellenparameter für die Aufstellung der zu untersuchenden Szenarien angenommen (baubetriebliches Szenario, Tabelle 11).

Der Ausführungszeitraum der Maßnahme hat hierbei einen erheblichen Einfluss auf die zu erwartenden Verkehrsstärken und die daraus resultierende Wahrscheinlichkeit eines Stauereignisses. Bei der Baubetriebsplanung ist ein Ausführungszeitraum anzustreben, in dem die verkehrlichen Auswirkungen der Arbeitsstelle möglichst gering bzw. minimal sind. Die zeitliche Lage dieses optimalen Ausführungszeitraumes ist in erster Linie abhängig von der vorhandenen Jahreganglinie der betroffenen Strecke. Die Wahl eines optimalen Ausführungszeitraumes wird hier ermittelt, indem in Abhängigkeit der erforderlichen Einrichtungszeit der Arbeitsstelle derjenige Zeitraum bestimmt wird, in dem die Summe der von der Arbeitsstelle betroffenen Anteile der Jahreganglinie am Gesamtverkehr am geringsten ist (Bild 14). Eine Koordination mehrerer Maßnahmen, die sich in ihren verkehrlichen Auswirkungen gegenseitig beeinflussen können (z. B. Arbeitsstellen auf Ausweichstrecken) sowie Einschränkungen hinsichtlich der Ausschreibung und der Vergabe können bei der Ermittlung des optima-

len Ausführungszeitraumes hier keine Berücksichtigung finden.

Als Ausführungsbeginn wird jeweils der Monatsanfang oder die Monatsmitte festgelegt. Die Monate Dezember, Januar und Februar sind dabei ausgeschlossen. Hier findet keine Ausführung statt, um den üblichen baufreien Monaten aufgrund schlechter Witterung gerecht zu werden. Eine Einrichtung der Arbeitsstelle über diese Wintermonate wird bei Maßnahmen, die kürzer als die verbleibenden neun Monate sind (alle außer Standard-Maßnahme 6 „Sechsstreifiger Ausbau“) ebenfalls vermieden, damit eine Beeinträchtigung der Verkehrsteilnehmer nicht über die gesamten baufreien Wintermonate erfolgen muss.

Dieses Vorgehen unterstellt eine optimale Planung der Verwaltungen bei der Festlegung der Ausführungszeiträume. Dadurch ergibt sich eine optimistische Abschätzung der Einsatzgrenze.

Ausführungszeitraum	Optimaler Ausführungsbeginn in Abhängigkeit der Jahreganglinie und der Einrichtungszeit
Beschleunigungswirkung	neben der in Kapitel 3.4 ermittelten Beschleunigungswirkung Abschätzung der benötigten Bauzeiten der Maßnahmen 1,2 und 5 bei Durchführung in BF IVb
Kostenveränderung	neben den in Kapitel 3.5 ermittelten Kostenveränderungen eine höhere und eine niedrigere Kostenänderung im Planfall (jeweils 5 %)

Tab. 11: Variation der Arbeitsstellenparameter für baubetriebliche Szenarien

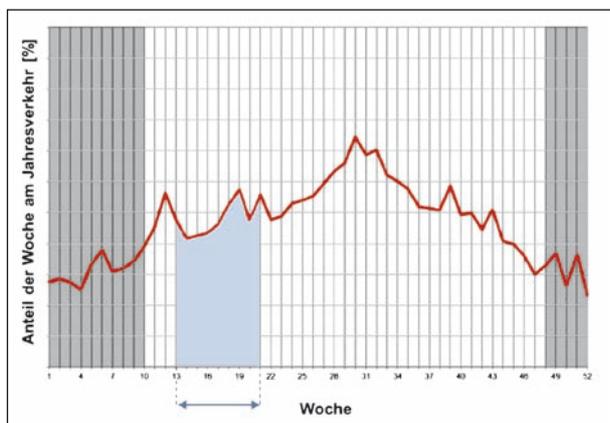


Bild 14: Bestimmung des optimalen Ausführungszeitpunktes in Abhängigkeit der Einrichtungsdauer mithilfe der Jahreganglinie für den Leichtverkehr

5.3 Gesamtwirtschaftliche Bewertung der Standard-Maßnahmen

5.3.1 Beispiel-Maßnahme

Nach den in Kapitel 4.2 und Kapitel 5.2 getroffenen Festlegungen über die Differenzierung der verkehrlichen und baubetrieblichen Szenarien ergibt sich rechnerisch für jede Standard-Maßnahme die Summe von 544 Szenarien, die anhand der in Kapitel 5.1 beschriebenen Methodik durch das Kosten-Nutzen-Verhältnis bewertet werden können.

Im Weiteren wird beispielhaft das Nutzen-Kosten-Verhältnis und die Einsatzgrenze eines Szenarios berechnet. Das Beispielszenario bezieht sich auf die Standard-Maßnahme Nr. 5 „Grundhafte Erneuerung von Decke und Tragschicht“ in einer 4+0-Verkehrsführung mit schmalen Fahrstreifen. Als Streckencharakteristik wird eine ebene Strecke innerhalb von Ballungsräumen mit einem SV-Anteil von 20 % gewählt. Die vorhandene Ganglinienkombination entspricht der definierten Kombination 2/1/1/3/3 (GLK A) (siehe Tabelle 12). Die Annahmen zur Bauzeit der zur Leistungserbringung notwendigen Verkehrsführungsphasen sind in Tabelle 13 dargestellt.

Die Bauzeiten der einzelnen Phasen werden für Vergleichsfall und Planfall zunächst in Werktagen gemäß Kapitel 3.4 angegeben. Anschließend findet eine Übertragung der Bauzeit in Einrichtungstage

statt. Diese wird für die Berechnung der verkehrlichen Auswirkungen benötigt, da auch arbeitsfreie Samstage und Sonntage volkswirtschaftliche Verluste verursachen können. Weiterhin wird auf Basis der Dauer der Einrichtungszeit für beide betrachteten Jahresganglinientypen ein optimaler Ausführungszeitraum bzw. Ausführungsbeginn ermittelt.

Die Kosten der Maßnahme (in beiden Betriebsformen) wurden in Kapitel 3.5 bestimmt und können hier angesetzt werden.

Die Kosten der Maßnahme für das beschriebene Szenario wurden mittels des Verkehrsanalyse-systems für jede Verkehrsführungsphase die durchschnittlichen Fahrtzeitverluste pro Tag in variierenden DTV-Stufen berechnet. Durch die Festlegung des optimalen Ausführungszeitraumes ist darüber hinaus bekannt, in welchem Monat die Phasen der Arbeitsstelle eingerichtet sind. Anhand der Informationen aus Fahrtzeitverlustkurve (Bild 15) und Bau-

Einflussgröße	Szenario
Lage bzgl. Ballungsraum	innerhalb Ballungsraum
Längsneigung	ebene Strecke (< 2 %)
Schwerverkehrsanteil (SV)	20 %
Ganglinienkombination	2/1/1/3/3 (GLK A)
Fahrstreifenbreiten (VF 4+0)	schmal
Ausführungsbeginn Vergl.-Fall	Anfang August
Ausführungsbeginn Planfall	Mitte September

Tab. 12: Definition verkehrliches Szenario (Beispiel)

Verkehrsführung	Bauzeit in Werktagen	Bauzeit in Einrichtungstagen
Vergleichsfall (BF IIa, Arbeitszeit 50 h/Woche an 5 Tagen)		
2s+2s	4	6
4s+0	35	49
0+4s	35	49
2s+2s	3	5
Summe	77	109
Planfall (BF IVa, Arbeitszeit 108 h/Woche an 6 Tagen)		
2s+2s	3	6
4s+0	28	33
0+4s	27	32
2s+2s	2	3
Summe	60	74

Tab. 13: Bauablauf Standard-Maßnahme Nr. 5

ablauf (Tabelle 13) kann für jede Bauphase die Summe der monetarisierten Fahrtzeitverluste berechnet werden. Die Summe der Fahrtzeitverluste aller Phasen ergibt in Vergleichs- und Planfall jeweils die Gesamtfahrtzeitverluste (in Euro).

Die Differenz zwischen den Gesamtfahrtzeitverlusten in Vergleichsfall und Planfall stellt den volkswirtschaftlichen Nutzen aus eingesparten Fahrtzeitkosten dar, der durch den Einsatz der arbeitsintensiveren Betriebsform über die gesamte Einrichtungs-dauer generiert wird. Dieser kann den entstehenden Mehrkosten gegenübergestellt werden (Bild 16).

Der Einsatz der alternativen Betriebsform (Planfall) ist dann sinnvoll, wenn die volkswirtschaftlichen Gewinne die zusätzlichen Kosten des Baulast-trägers übertreffen. Dies ist im Beispiel bei einer

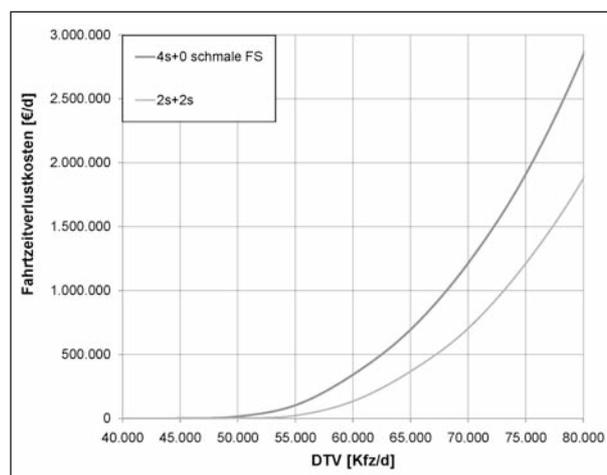


Bild 15: Fahrtzeitverluste in verschiedenen Verkehrsführungen bei steigender Verkehrsbelastung (für das Beispielszenario im Monat August)

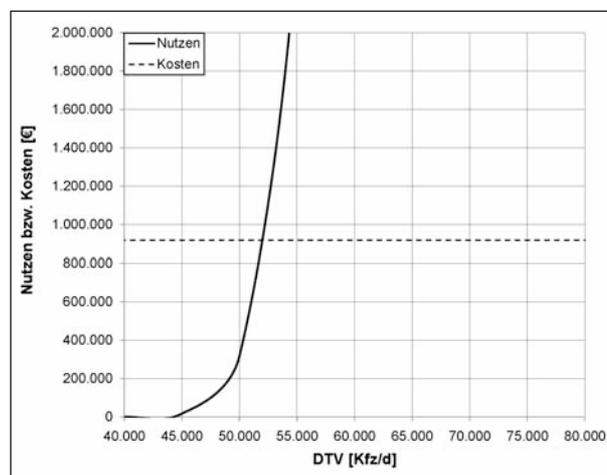


Bild 16: Nutzen und Kosten der gesamten Maßnahme bei einem Wechsel der Betriebsform von BF IIa auf BF IVa bei steigender Verkehrsbelastung

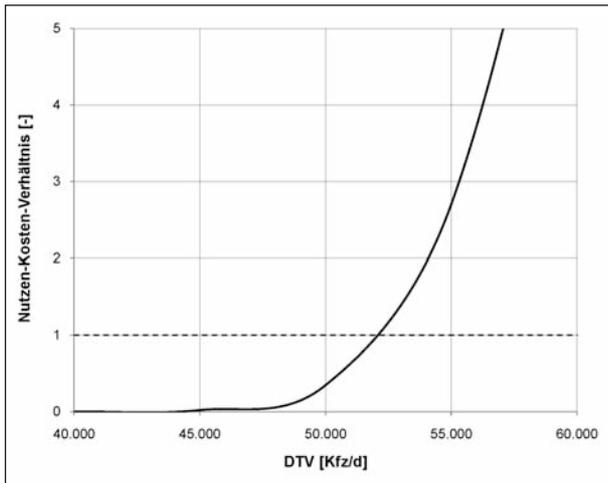


Bild 17: Nutzen-Kosten-Verhältnis bei steigender Verkehrsbelastung

Verkehrsbelastung (DTV) von ca. 52.000 Kfz/d der Fall. Ab dieser Grenze übersteigt das Nutzen-Kosten-Verhältnis den Wert von eins. Der Verlauf des Nutzen-Kosten-Verhältnisses ist in Bild 17 dargestellt.

Durch die Gegenüberstellung von zusätzlichen Kosten sowie verminderten Fahrtzeitverlusten bei einem Wechsel der Betriebsform konnte mit dem vorgestellten Verfahren eine Einsatzgrenze in Form der Verkehrsbelastung (DTV) ermittelt werden, ab der die intensivere Betriebsform des Planfalls zu einem gesamtwirtschaftlich besseren Ergebnis der gesamten Maßnahme führt.

5.3.2 Ergebnisse der Untersuchung der Standard-Maßnahmen bei Wechsel von BF IIa auf BF IVa

Wie in Kapitel 5.2 gezeigt wurde, existieren für jede Standard-Maßnahme zahlreiche verschiedene Szenarien, die sich entweder in der Höhe der Kapazität oder in der Verteilung der Verkehrsbelastung unterscheiden. Unter Ansatz der bereits erläuterten Variation der Strecken- und Nachfrageparameter ergeben sich für jede Standard-Maßnahme 32 verkehrliche Szenarien, die jeweils eine eigene gesamtwirtschaftlich ermittelte Einsatzgrenze erhalten. In Tabelle 14 sind die Einsatzgrenzen für die Standard-Maßnahme 1 „neue Deckschicht (I1)“ in 3+1-Verkehrsführungen dargestellt. Die Einsatzgrenzen aller Standard-Maßnahmen können dem Anhang entnommen werden. Hierbei wurde bei den Standard-Maßnahmen, die unter 4+0-Verkehrsführungen durchgeführt werden, auch jeweils zwischen einer Verkehrsführung mit schmalen

Einsatzgrenzen [Kfz/d]			Streckenparameter			
			s < 2%		2% ≤ s ≤ 4%	
			aB	iB	aB	iB
Nachfrageparameter	GLK A	SV 10%	50.100	55.300	46.800	51.600
		SV 20%	46.500	51.300	42.700	48.500
	GLK B	SV 10%	65.800	72.400	61.900	68.400
		SV 20%	61.700	67.900	56.700	64.600
	GLK C	SV 10%	57.100	63.700	55.200	60.500
		SV 20%	55.000	60.300	50.400	56.200
	GLK D	SV 10%	50.100	55.200	46.700	51.500
		SV 20%	46.400	51.200	42.400	48.200

Tab. 14: Gesamtwirtschaftliche Einsatzgrenzen für Standard-Maßnahme 1

Fahrstreifen und einer Verkehrsführung mit breiten Fahrstreifen differenziert.

In einem späteren Schritt werden zusätzlich Kostenänderungen und Bauzeiten variiert, woraus sich weitere baubetriebliche Szenarien und Einsatzgrenzen ergeben.

Damit eine nachvollziehbare Darstellung der Ergebnisse und ein Vergleich der gesamtwirtschaftlich ermittelten Einsatzgrenzen möglich ist, wird ein Basis-Szenario definiert, mit dem die Einsatzgrenzen ausgewählter variiert Szenarien verglichen werden können. Das Basis-Szenario entspricht dabei dem in Kapitel 5.3.1 gewählten Beispiel-Szenario (Tabelle 12). Lediglich der Ausführungszeitraum bzw. der Ausführungsbeginn wird für jede Standard-Maßnahme in den Vergleichsfällen und Planfällen aufgrund der unterschiedlichen Bauzeiten separat bestimmt.

Ausgehend von dem definierten Basis-Szenario wird jeweils nur ein Parameter (Steigung, Lage im Netz, Ganglinienkombination, Schwerverkehrsannteil) verändert und die Auswirkungen auf die Einsatzgrenze beobachtet. Auf diese Weise ergeben sich neben dem Basis-Szenario als Referenzfall sechs bzw. sieben (bei Maßnahmen mit 4+0-Verkehrsführungen) weitere Szenarien, die miteinander verglichen werden. Ein übersichtlicher Vergleich dieser Szenarien ist auf grafische Weise zu realisieren (Bild 18).

Hier ist der Szenarienvergleich für Standard-Maßnahme 1 dargestellt, die Szenarienvergleiche aller Standard-Maßnahmen finden sich gesammelt im Anhang.

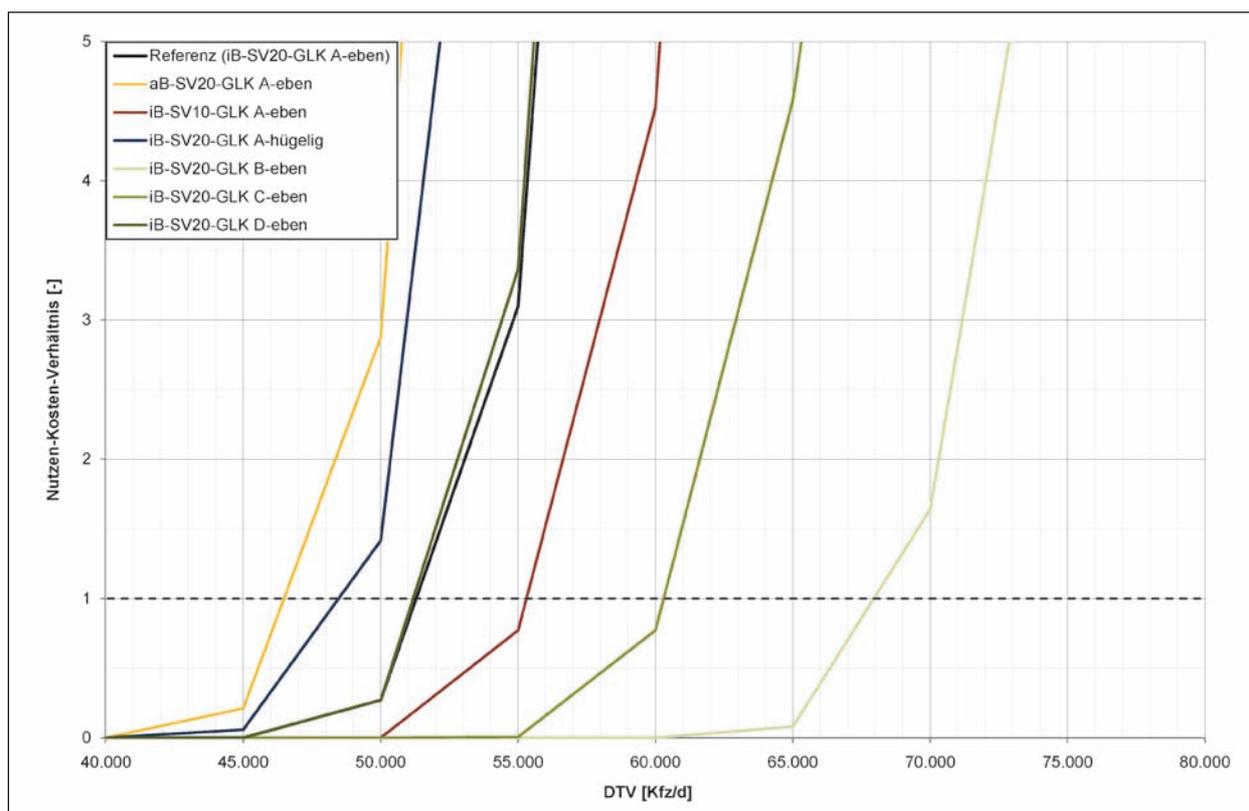


Bild 18: Nutzen-Kosten-Verhältnis verschiedener Szenarien für Standard-Maßnahme 1

Standard-Maßnahme 1 – Neue Deckschicht 3+1

Es ist festzustellen, dass innerhalb der Standard-Maßnahme keine eindeutige Einsatzgrenze gefunden werden kann, die pauschal eine DTV-Schwelle ausweist, ab der die Durchführung in BF IVa gegenüber BF IIa gesamtwirtschaftlich sinnvoll ist. Die größten Spannweiten der Einsatzgrenzen ergeben sich bei der Änderung gegenüber des Basis-Szenarios (Ganglinienkombination A) auf Ganglinienkombination B. GLK A und GLK B unterscheiden sich lediglich in der Jahresganglinie des Leichtverkehrs. Die optimalen Startzeitpunkte der Ausführung liegen für die angesetzten Bauzeiten im August (Vergleichsfall) bzw. im September (Planfall). Insbesondere im August unterscheiden sich beide Jahresganglinien jedoch deutlich, sodass auch die Fahrtzeitverluste unterschiedlich hohe Werte annehmen. Hieraus ergibt sich eine Verschiebung der Einsatzgrenze von ca. 51.500 Kfz/d auf ca. 68.500 Kfz/d (+17.000 Kfz/d bzw. +33 %). Auch der Wechsel vom Basis-Szenario auf die GLK C verursacht eine starke Verschiebung der Einsatzgrenze.

Die Lage im Netz (außerhalb/innerhalb von Ballungsräumen) sowie die Steigungsklasse des betrachteten Streckenabschnittes beeinflussen die Einsatzgrenze nur in einem geringeren Maße. Die

Einsatzgrenzen liegen bei Strecken außerhalb von Ballungsräumen sowie Strecken mit höheren Längsneigungen erwartungsgemäß niedriger, da durch diese örtlichen Gegebenheiten die Kapazitäten im Querschnitt geringer ausfallen.

Dennoch wird deutlich, dass auch diese Parameter die Wahl der Betriebsform beeinflussen können, insbesondere in den Fällen, in denen die betrachtete Strecke sowohl außerhalb von Ballungsräumen liegt, als auch hohe Längsneigungen aufweist. Dies wird durch die Spannweite der Einsatzgrenzen aller Szenarien deutlich. Die Grenzwerte schwanken für die Standard-Maßnahme 1 zwischen 42.400 Kfz/d und 72.800 Kfz/d (Tabelle 14), wobei der untere Grenzwert für eine Strecke außerhalb von Ballungsräumen mit hohen Längsneigungen und der obere Grenzwert für eine ebene Strecke innerhalb von Ballungsräumen steht.

Standard-Maßnahme 2 – Neue Deckschicht 4+0

Standard-Maßnahme 2 beinhaltet die gleichen Leistungen wie Standard-Maßnahme 1, wird aber unter 4+0-Verkehrsführungen ausgeführt. Beim Vergleich der verschiedenen Szenarien fällt auf, dass die Spannweite der Einsatzgrenzen hier deutlich geringer ausfällt, als dies bei Standard-Maß-

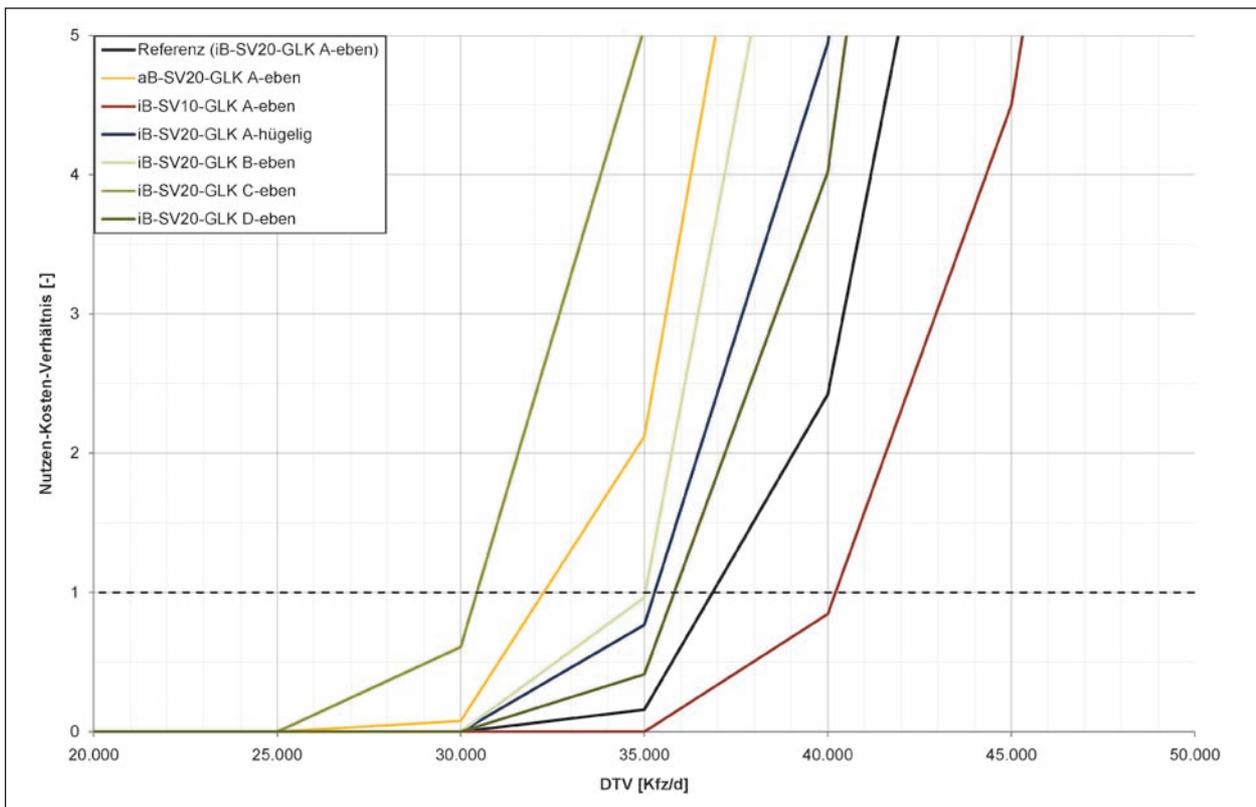


Bild 19: Nutzen-Kosten-Verhältnis verschiedener Szenarien für Standard-Maßnahme 3

nahme 1 der Fall ist. Der Ansatz einer veränderten Jahresganglinie für den Leichtverkehr induziert hier eine geringere Verschiebung der Einsatzgrenze. Dies hat in erster Linie folgenden Grund: Durch die Durchführung der Maßnahme unter 4+0-Verkehrsführungen kann eine geringere Bauzeit erreicht werden, als dies unter 3+1-Verkehrsführungen möglich ist. Hierdurch ist eine Verschiebung des Ausführungsbeginns in verkehrsschwächere Zeiten möglich (hier später im Kalenderjahr). Zu diesen Zeiten unterscheiden sich die beiden betrachteten Jahresganglinien nicht mehr so stark, wie dies in den Sommermonaten (die bei einer Ausführung unter 3+1-Verkehrsführungen noch beansprucht werden mussten) der Fall ist.

Eine Ausführung mit breiten Fahrstreifen führt aufgrund der geringeren verkehrlichen Auswirkungen erwartungsgemäß zu einer höheren DTV-Einsatzgrenze. Die Differenz zwischen beiden Varianten liegt im Mittel über alle Szenarien dieser Standard-Maßnahme bei ca. 2.500 Kfz/d (maximal 4.100 Kfz/d, minimal 1.000 Kfz/d), eine pauschale Empfehlung breiter Fahrstreifen ist daher nicht möglich. Es muss jedoch erwähnt werden, dass die Kosten für eine Verbreiterung der Fahrbahn im Vorfeld der Maßnahme nicht in die Baukosten mit aufgenommen wurden. Die explizite Aufnahme der erforder-

lichen Baukosten und Bauzeiten würde zusätzliche individuelle Standard-Maßnahmen generieren.

Bezüglich der Lage der Strecke im Netz sowie deren Neigung ist auch hier festzustellen, dass geeignete Strecken außerhalb von Ballungsräumen deutlich niedrigere Grenzwerte für einen gesamtwirtschaftlich sinnvollen Einsatz der intensiveren Betriebsform aufweisen.

Standard-Maßnahme 3 – Dünne Deckschichten 2+1 nachts

Für Standard-Maßnahme 3 wird bei der gesamtwirtschaftlichen Bewertung der Einsatz der Betriebsform 3 bzw. III gegenüber dem Einsatz in Tagesschichten (BF IIa) geprüft. Die Betriebsform 3 weist geringfügig geringere tägliche Arbeitszeiten auf und muss aufgrund der ausschließlichen Nachtarbeit mit höheren Kosten belegt werden.

Da die Maßnahme jedoch unter 2+1-Verkehrsführungen mit einer Fahrstreifenreduktion durchgeführt wird, ist in den Nachtstunden mit geringeren Fahrtzeitverlusten zu rechnen.

Die gesamtwirtschaftliche Bewertung liefert als Einsatzgrenzen dementsprechend geringere DTV-Grenzwerte als die Standard-Maßnahmen ohne

Fahrstreifenreduktion. Die betrachtete Maßnahme weist darüber hinaus (wie alle anderen Maßnahmen in BF 3 auch) so geringe Bauzeiten auf, dass der Ansatz verschiedener Jahresganglinien einen niedrigeren Einfluss auf die Einsatzgrenze hat, als dies bei längeren Maßnahmen der Fall ist. Durch den kurzen Einrichtungszeitraum können im Jahr Wochen gefunden werden, die eine sehr niedrige Verkehrsbelastung haben. Die Jahresganglinie mit dem geringsten Wochenanteil innerhalb der hier zugelassenen Bauzeit (März bis November) induziert somit auch die höchste Einsatzgrenze, da die Verkehrsbelastung hier am niedrigsten ist.

Insgesamt ergeben sich für die Standard-Maßnahme 3 Einsatzgrenzen aller 32 Szenarien zwischen ca. 25.000 Kfz/d und ca. 40.000 Kfz/d (Anhang A 17).

Standard-Maßnahme 6 – Sechsstreifiger Ausbau

Die Einsatzgrenzen für den sechsstreifigen Ausbau liegen höher als die Einsatzgrenzen der übrigen Maßnahmen mit 4+0-Verkehrsführungen. Grund hierfür sind die hohen absoluten Differenzkosten zwischen Planfall und Vergleichsfall. Hierdurch ergeben sich Einsatzgrenzen zwischen ca. 45.000 Kfz/d und 75.000 Kfz/d, wobei der untere Grenzwert nur bei schmalen Fahrstreifen und der obere Grenzwert bei breiten Fahrstreifen auftritt. Der Einsatzbereich eines vierstreifigen Querschnittes (z. B. RQ 31 nach RAA, 2008) endet bei ca. 75.000 Kfz/d. Setzt man voraus, dass ein sechsstreifiger Ausbau nur bei Querschnitten relevant ist, die eine solche Verkehrsbelastung aufweisen, so kann daraus geschlossen werden, dass sich die Ausführung in einem Zweischichtbetrieb (BF IVa) gesamtwirtschaftlich in jedem Fall lohnt.

Standard-Maßnahme 6 ist die einzige untersuchte Maßnahme, die über mehr als ein Kalenderjahr eingerichtet ist. Bei dieser Maßnahme werden folglich bei jeder Jahresganglinie sowohl die Wochen mit geringen Anteilen als auch die Wochen mit hohen Anteilen am Gesamtverkehr abgedeckt. Aus diesem Grund stellt sich hier bei Variation der Ganglinienkombination gegenüber anderen Standard-Maßnahmen mit 4+0-Verkehrsführungen eine veränderte Verschiebung der Einsatzgrenze ein. Das Nutzen-Kosten-Verhältnis mit GLK B (Jahresganglinie Typ 1) hebt sich erst bei einem hohen DTV von 0 ab und steigt im folgenden Verlauf sehr steil an. Übersteigt die über das Jahr ausgeglichene Ver-

kehrsnachfrage dieser Jahresganglinie die Kapazität der Verkehrsführung, so entsteht sofort in vielen Wochen des Jahres Stau. Die Fahrtzeitverluste steigen folglich ebenfalls sehr steil.

Die Verkehrsnachfrage der Jahresganglinie vom Typ 2 (GLK A) erreicht in den Sommermonaten zwar die Kapazitätsgrenze bei niedrigeren JahresDTV-Werten, verursacht hingegen aber nur geringen Stauereignisse in einem begrenzten Zeitraum. Die Fahrtzeitverluste sowie das NKV steigen zunächst deutlich moderater an, die Einsatzgrenze liegt dementsprechend bei dieser Ganglinienkombination höher.

Lage im Netz sowie Längsneigung beeinflussen die Einsatzgrenze wie bei den übrigen Maßnahmen in Richtung geringeren DTV-Werten. Eine Behelfsverkehrsführung mit breiten Fahrstreifen hat wie bei den bereits beschriebenen Standard-Maßnahmen mit 4+0-Verkehrsführungen einen ähnlichen Einfluss auf die Einsatzgrenze wie ein geringerer SV-Anteil.

Standard-Maßnahme 7 – Ersatz von Fugenfüllungen 2+1 nachts

Standard-Maßnahme 7 weist ähnliche Bauzeiten und Kosten wie Standard-Maßnahme 3 auf und liefert hierdurch sehr ähnliche Ergebnisse. Auf eine detaillierte Beschreibung wird aus diesen Gründen verzichtet. Tabellierte Einsatzgrenzen sowie grafische Szenarienvergleiche sind im Anhang zu finden.

Standard-Maßnahme 8 – Austausch von Betonplatten 2+1 nachts

Die Ergebnisse der Standard-Maßnahme 8 hängen sehr stark davon ab, in welchem Umfang die erforderlichen Arbeiten vorzunehmen sind. Hier soll zunächst der Extremfall untersucht werden, in dem die Behelfsverkehrsführung nur an einem einzigen Tag eingerichtet ist.

Der Großteil der Einsatzgrenzen für die 32 verschiedenen Szenarien liegt zwischen 25.000 Kfz/d und 30.000 Kfz/d. Bei Verkehrsstärken, die unter diesem Wert liegen, kann davon ausgegangen werden, dass die verbleibenden zwei Fahrstreifen im Querschnitt diese Nachfrage ohne überlastungsbedingte Stauereignisse abführen können. Die Einsatzgrenzen um 30.000 Kfz/d im gesamten Querschnitt (15.000 Kfz/d je Richtung) liegen auch

gleichzeitig im Bereich von 16.000 Kfz je Tag und Fahrstreifen, die im ARS 04/2011 mit der Einführung des Leitfadens zum Arbeitsstellenmanagement als Grenzwert für den Einsatz der BF 1 genannt wurden. Diese Verkehrsstärke muss bei der Einsatzgrenze auf dem verbleibenden Fahrstreifen der Fahrtrichtung mit Arbeitsstelle bewältigt werden. Da sich die Bauzeiten und Kosten solcher kleiner Maßnahmen in den verschiedenen Betriebsformen nur wenig unterscheiden, kann die Größenordnung dieses Grenzwertes für BF 1 durch die vorliegende Untersuchung bestätigt werden.

Standard-Maßnahme 4/5 – Grundhafte Erneuerung 3+1/4+0 und Standard-Maßnahme 9 – Erneuerung Betondecke 4+0

Die Standard-Maßnahmen 4,5 und 9 liefern Ergebnisse, die im Wesentlichen den Erkenntnissen und Einsatzgrenzen von Standard-Maßnahme 1 bzw. 2 entsprechen. Tabellierte Einsatzgrenzen sowie grafische Szenarienvergleiche sind im Anhang zu finden.

Standard-Maßnahme 10/11 – Grinding/ Epoxidharz 2+1 nachts

Die Einsatzgrenzen dieser Standard-Maßnahmen liegen in ähnlichen Bereichen wie die Einsatzgrenzen von Standard-Maßnahme 3. Auch die Verschiebung der Einsatzgrenzen durch Variation der Szenarien entsprechen im Wesentlichen den bekannten Verläufen der bereits beschriebenen Maßnahme 3. Tabellierte Einsatzgrenzen sowie grafische Szenarienvergleiche sind im Anhang zu finden.

Standard-Maßnahme 12/13 Brückensanierung 3+1/4+0

Da Fahrtzeitverluste aus überlastungsbedingtem Staus als volkswirtschaftliche Kosten angesetzt werden, spielt die Länge der eingerichteten Arbeitsstelle keine Rolle für die Höhe dieser Kosten. Demzufolge sind die volkswirtschaftlichen Kosten bei vergleichbarer Einrichtungsdauer mit denen der übrigen Maßnahmen unter 3+1-Verkehrsführungen ebenfalls vergleichbar. Die Baukosten sind zwar bezogen auf die Arbeitsstellenlänge sehr viel höher als bei den beschriebenen Instandsetzungs- und Erneuerungsarbeiten, die absoluten Mehrkosten durch den Wechsel der Betriebsform sind jedoch erheblich kleiner. Die verkehrlichen Randbedingungen haben aus diesem Grund nur einen schwächeren Einfluss auf die gesamtwirtschaftliche Einsatz-

grenze als dies z. B. bei Standard-Maßnahme 4 oder 5 der Fall ist. Die Spannweite der Einsatzgrenzen bei diesen Maßnahmen fällt entsprechend kleiner aus (46.000 Kfz/d bis 70.000 Kfz/d bzw. 44.900 Kfz/d bis 65.000 Kfz/d).

5.3.3 Zusammenfassung, Vergleich und Gruppierung der Standard-Maßnahmen

Für einige Maßnahmen konnten bereits ähnliche Einsatzgrenzen und Einflüsse der Randbedingungen ermittelt werden. Der Vergleich der Standard-Maßnahmen am eingangs definierten Basis-Szenario bestätigt diese Beobachtung. Bild 20 zeigt, dass für die Basis-Szenarien die Einsatzgrenzen der Standard-Maßnahmen mit Instandhaltung und Erhaltung Einsatzgrenzen um 55.000 Kfz/d ermittelt werden konnten, wobei die Maßnahmen des sechsstreifigen Ausbaus erst ab höheren Einsatzgrenzen gesamtwirtschaftlich sinnvoll sind. Hier wurde aber bereits erläutert, dass die Einsatzgrenze für den sechsstreifigen Ausbau in der Regel erreicht wird.

Insgesamt kann nach Untersuchung der Szenarien aller Standard-Maßnahmen festgehalten werden, dass vor allem die Höhe und auch die zeitliche Verteilung der Verkehrsnachfrage einen entscheidenden Einfluss auf die gesamtwirtschaftliche Einsatzgrenze für einen Wechsel der Betriebsform hat. In Bild 20 wurden für die jeweiligen Szenarien-Klassen die Differenzen der Mittelwerte aller zugehörigen Einsatzgrenzwerte gebildet.

Die so aufgezeigte absolute Verschiebung der Einsatzgrenze zeigt, dass bei den Erhaltungs- und Erneuerungsmaßnahmen mit 3+1- und 4+0-Verkehrsführungen die Jahresganglinie der Verkehrsnachfrage den größten Einfluss auf die Einsatzgrenze der intensiveren Betriebsform hat (siehe Tabelle 15). Auch eine veränderte wöchentliche Verteilung der Nachfrage (GLK A – GLK C) verschiebt die DTV-Einsatzgrenze mitunter deutlich. Den nächstgrößeren Einfluss auf die Einsatzgrenze weist die Lage im Netz innerhalb oder außerhalb Ballungsräumen auf. Die alleinige Veränderung des Schwerverkehranteils bzw. der Längsneigungen haben den geringsten Einfluss auf die Verschiebung der Einsatzgrenze. Eine ähnliche Reihung der Einflussgrößen kann für die Standard-Maßnahmen mit 2+1-Verkehrsführungen und die Standard-Maßnahme des sechsstreifigen Ausbaus festgestellt werden, wobei hier der Einfluss des Jahresganglinientypen deutlich geringer ausfällt.

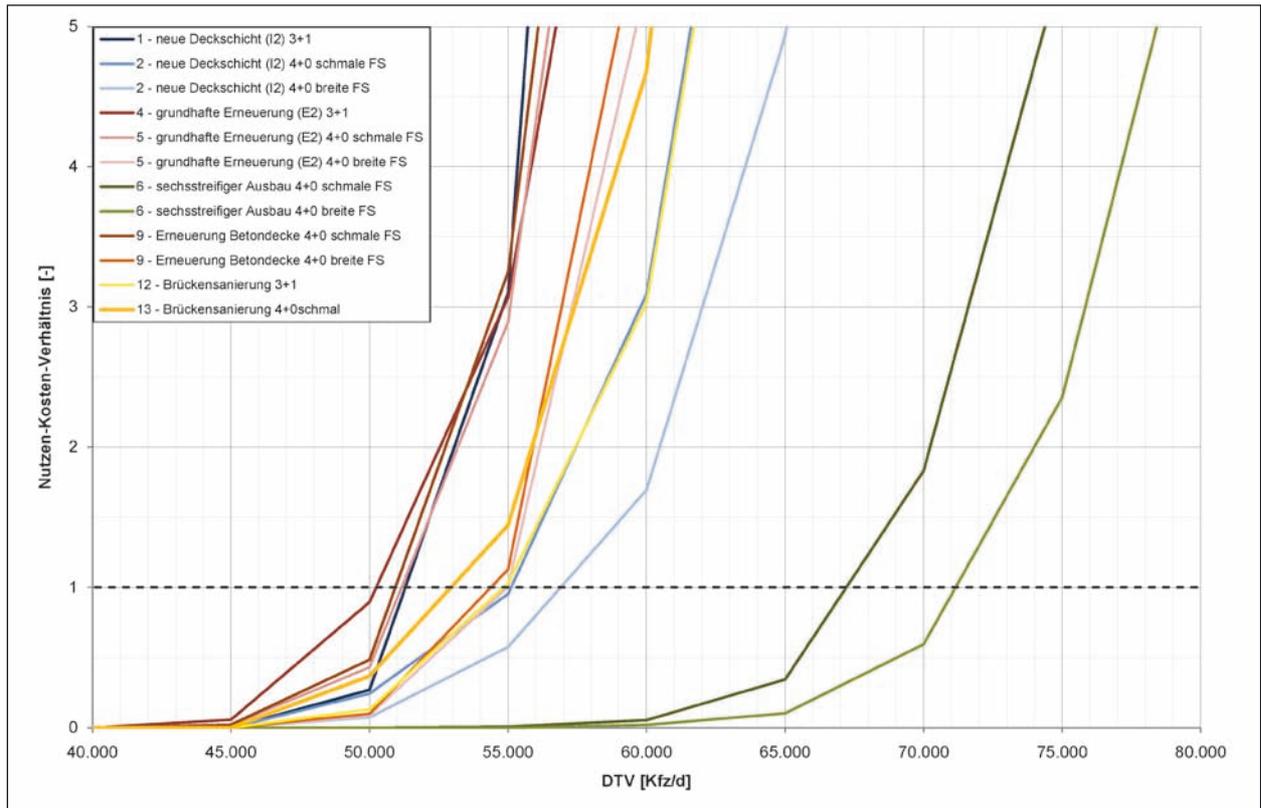


Bild 20: Vergleich der Basis-Szenarien für ausgewählte Standard-Maßnahmen

	Parameter-Veränderung	Standard-Maßnahme										Mittelwert
		1	2 schmale FS	2 breite FS	4	5 schmale FS	5 breite FS	9 schmale FS	9 breite FS	12	13	
Erhaltung/ Instandsetzung BF IVa	GLK A – GLK B	-15.825	-7.150	-8.813	-16.188	-14.950	-15.788	-14.775	-15.425	-9.400	-7.538	-12.583
	GLK A – GLK C	-8.200	-825	-1.863	-9.475	-8.263	-8.225	-7.863	-7.900	-1.513	-1.238	-5.537
	iB – aB	5.706	5.381	6.144	5.475	5.481	6.456	5.394	6.500	5.650	5.175	5.646
	SV10 – SV 20	3.894	3.556	4.144	4.113	3.731	3.981	3.669	3.950	3.838	3.488	3.836
	eben – hügelig	3.606	3.269	3.669	3.588	3.319	3.431	3.256	3.388	3.500	3.025	3.405
Erhaltung/ Instandsetzung BF III						3	7	8	10	11		
	GLK A – GLK B					2.988	2.925	1.963	2.700	2.988	2.713	
	GLK A – GLK C					6.800	6.750	1.875	6.338	6.800	5.713	
	iB – aB					4.094	4.144	3.506	3.825	4.094	3.933	
	SV10 – SV 20					2.481	2.456	2.531	2.663	2.481	2.522	
	eben – hügelig					2.281	2.231	2.331	2.450	2.281	2.315	
Ausbau BF IVa									6 schmale FS	6 breite FS		
	GLK A – GLK B								3.900	4.000	3.950	
	GLK A – GLK C								11.500	12.300	11.900	
	iB – aB								5.813	7.013	6.413	
	SV10 – SV 20								3.938	4.488	4.213	
	eben – hügelig								3.500	3.975	3.738	

Tab. 15: Absolute Veränderung der gemittelten Einsatzgrenze [Kfz/d] bei Veränderung eines Parameters

5.3.4 Sensitivität der Ergebnisse gegenüber Kosten und Bauzeit/Betriebsform

In Kapitel 3.5 konnte ermittelt werden, dass die Mehrkosten durch einen Wechsel der Betriebsform in vielen Fällen stark variieren können. Dies liegt nicht zuletzt an den ohnehin regional unterschiedlichen Baupreisen. Um eine Untersuchung mit veränderten Mehrkosten durchführen zu können und somit einen realistischen Einsatzgrenzen-Bereich für jedes Szenario zu generieren, wurden die Kosten für den Planfall jeweils um 5 % verringert bzw. um 5 % erhöht.

Die tabellierten Ergebnisse für die Einsatzgrenzen der Szenarien in den Standard-Maßnahmen sind gemeinsam mit den Einsatzgrenzen der Basis-kosten im Anhang zu finden.

Im Vergleich zeigt sich eine relativ geringe Sensitivität gegenüber den angesetzten Kosten. Die absoluten Kosten steigen bzw. sinken deutlich und damit auch die entsprechenden Nutzen-Kosten-Verhältnisse. Aufgrund des steilen Anstiegs der Nutzen-Kosten-Kurve im Bereich der Einsatzgrenze verschiebt sich diese jedoch nur um einen vergleichsweise geringen Betrag. Die mittlere Abweichung aller Einsatzgrenzen bei verringertem Kostenansatz beträgt ca. 1.000 Kfz/h, die mittlere Abweichung bei erhöhtem Kostenansatz ca. 1.500 Kfz/h. Diese Abweichungen sind im Vergleich zur Untersuchungs- bzw. Simulationsgenauigkeit als minimal zu betrachten.

Die angesetzten Bauzeiten wurden ebenfalls einer Sensitivitätsuntersuchung unterzogen. Für die Standard-Maßnahmen 1, 2 und 5 konnten durch Befragung von Bauunternehmen erforderliche Bauzeiten abgeschätzt werden, wenn eine Durchführung in BF IVb (Dreischichtbetrieb an sechs Tagen je Woche) erfolgt. Die kalkulierten Bauzeiten sind in Anhang A 4 dargestellt. Für die Standard-Maßnahme 2 ergibt sich bspw. ein Zeitbedarf von 33 Werktagen in BF IVb gegenüber 38 Werktagen in BF IVa. Zum Vergleich: in Betriebsform IIa werden 52 Werktagen angesetzt. Die verhältnismäßig geringe zusätzliche Beschleunigungswirkung durch den Dreischichtbetrieb kann mit zusätzlichen Übergabezeiten und Auskühlzeiten, die hier zwangsläufig in die Arbeitszeit fallen, begründet werden. Zusätzlich wirken sich die modellierten Pufferzeiten zwischen zwei Arbeitsgängen bei zunehmender Beschleunigung immer deutlicher aus. Die Kosten wurden nach dem pauschalen Ansatz

von RICHTER et al. (2012) mit dem oberen Grenzwert abgeschätzt, da zu diesem Arbeitszeitmodell keine Erfahrungswerte vorlagen bzw. erfragt werden konnten.

Trotz der nur schwachen zusätzlichen Beschleunigungswirkung und der deutlich angehobenen Kosten gegenüber BF IVa ändern sich die Einsatzgrenzen nur in geringem Maße (beispielhaft an Standard-Maßnahme 5 in Tabelle 16 und Tabelle 17 und Bild 22 gezeigt). Die erhöhten Kosten senken das Nutzen-Kosten-Verhältnis, die Beschleunigungswirkung hebt den Nutzen und damit das Nutzen-Kosten-Verhältnis an. Die Nutzen-Kosten-Verhältnisse sind demnach ähnlich zum Fall der BF IVa, jedoch ist der absolut erzielbare Nutzen bei der Durchführung der BF IVb insgesamt höher.

Einsatzgrenzen schmale FS [Kfz/d]			Streckenparameter			
			s < 2%		2% ≤ s ≤ 4%	
			aB	iB	aB	iB
Nachfrageparameter	GLK A	SV 10%	48.300	54.500	46.500	51.600
		SV 20%	46.100	51.200	42.600	46.600
	GLK B	SV 10%	63.100	70.500	61.000	67.300
		SV 20%	60.700	66.900	56.300	61.200
	GLK C	SV 10%	56.300	62.600	54.800	60.300
		SV 20%	54.100	59.900	50.400	55.100
	GLK D	SV 10%	48.000	54.100	46.300	51.400
		SV 20%	46.000	51.000	42.400	46.400

Tab. 16: Einsatzgrenzen Standard-Maßnahme 5 schmale Fahrstreifen für BF IVa

Einsatzgrenzen schmale FS [Kfz/d]			Streckenparameter			
			s < 2%		2% ≤ s ≤ 4%	
			aB	iB	aB	iB
Nachfrageparameter	GLK A	SV 10%	50.000	55.500	47.600	52.800
		SV 20%	47.000	52.100	44.100	47.700
	GLK B	SV 10%	63.900	71.000	61.600	68.000
		SV 20%	61.200	67.500	56.800	61.800
	GLK C	SV 10%	56.900	63.400	55.400	60.800
		SV 20%	55.000	60.400	50.800	55.500
	GLK D	SV 10%	49.700	55.400	47.300	52.500
		SV 20%	46.800	51.900	43.800	47.400

Tab. 17: Einsatzgrenzen Standard-Maßnahme 5 schmale Fahrstreifen für BF IVb

6 Empfehlungen für die Wahl der Betriebsform

Ein wesentliches Ziel des Forschungsvorhabens ist es, für zukünftige Baumaßnahmen mit Arbeitsstellen längerer Dauer auf Bundesautobahnen Empfehlungen für die richtige Wahl der Baubetriebsform abzugeben. Bisher existieren hierzu lediglich qualitative Entscheidungshilfen, die nun durch die gesamtwirtschaftliche Untersuchung durch quantitative Einsatzgrenzwerte und Empfehlungen ergänzt werden sollen. Darüber hinaus sind die im Rahmen der Grundlagenermittlung vorgestellten Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren, die während der gesamtwirtschaftlichen Bewertung nicht berücksichtigt werden konnten, zusätzlich zu berücksichtigen. Diese konnten im Rahmen dieses Forschungsvorhabens zwar nicht monetarisiert werden, haben aber auf die Wahl und Durchführbarkeit der ausgeschriebenen Betriebsform entscheidenden Einfluss.

6.1 Empfehlung gesamtwirtschaftlicher Einsatzgrenzen für Standard-Maßnahmen

Für die gesamtwirtschaftliche Bewertung wurden Bauzeiten und Kosten abgeschlossener Arbeitsstellen mit verschiedenen Betriebsformen untersucht bzw. relevante Informationen erfragt. Da in der Praxis die nach dem Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement definierten Betriebsformen mit den zugehörigen Arbeitszeitmodellen nahezu nicht zum Einsatz kommen, wurden für die Datenerhebung praxisnahe Betriebsformen verwendet. Eine zukünftige Ausschreibung soll jedoch nach wie vor auf Basis der vier definierten Betriebsformen erfolgen.

In bisher abgeschlossenen Maßnahmen konnten die Ausführungsfristen der ausgeschriebenen Betriebsform 2 mit einem Arbeitszeitmodell der praxisnahen Betriebsform IIa bzw. Betriebsform IIb gehalten werden. Bleiben die von den Verwaltungen vorgegebenen Bauzeiten unverändert, so kann der hier verwendete Vergleichsfall (BF IIa) mit der in der Praxis ausgeschriebenen Betriebsform 2 gleichgesetzt werden. Die Betriebsform 4 wird derzeit im Wesentlichen bei kurz andauernden Maßnahmen (z. B. Wochenendmaßnahmen) eingesetzt. Für länger andauernde Maßnahmen wurde die definierte Betriebsform 4 bislang ausgeschlossen, ein Ar-

beitszeitmodell nach BF IVa konnte im Zuge des Pilotprojektes beim Ausbau der BAB 1 bereits deutliche Bauzeitverkürzungen generieren und die Vorgaben der ausgeschriebenen BF 4 erfüllen. Aus diesem Grund kann die zur Berechnung verwendete BF IVa in der Praxis auf die Betriebsform 4 übertragen werden. Bei Maßnahmen, die beispielsweise innerhalb eines Wochenendes abgeschlossen werden müssen, da die verkehrliche Bedeutung der Autobahn die Einrichtung von Arbeitsstellen an Werktagen nicht zulässt oder durch Rückbauten eine vollständige Sperrung erforderlich ist, wird abweichend von den getroffenen Annahmen dennoch ein echter 24-Betrieb (BF IVb) zum Einsatz kommen. Hier ist ein Vergleich mit der zur Berechnung verwendeten BF IVa nicht möglich, eine gesamtwirtschaftliche Bewertung braucht bei solchen Maßnahmen im Vorfeld aber auch nicht zwingend durchgeführt werden, da die durchzuführende Betriebsform in diesen Fällen durch terminliche Zwangspunkte bestimmt wird.

Im vorangegangenen Kapitel wurden für die 13 ausgewählten Standard-Maßnahmen eingesparte volkswirtschaftliche Kosten durch eine Verkürzung der Arbeitsstellendauer den dafür aufzubringenden Baulastträgerkosten gegenübergestellt. Auf diese Weise konnten gesamtwirtschaftlich ermittelte Einsatzgrenzen als DTV-Werte berechnet werden. Die Einsatzgrenzen wurden neben verschiedenen Ver-

BF	Tägliche Arbeitszeit	Betriebsform nach Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement
I	Tagesschicht (8,5 h/d) urspr. BF 1	1
IIa	Verlängerte Tagesschicht (10 h/d)	2
IIb	Verlängerte Tagesschicht (12 h/d)	
III	Nachtarbeit (8h/d) urspr. BF 3	3
IVa	Zweischichtbetrieb (2 x 9 h/d)	4
IVb	Dreischichtbetrieb (3 x 8 h/d)	

Tab. 18: Zuordnung der praktisch durchgeführten Betriebsformen zu den Betriebsformen nach dem Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement

kehrsführungen und DTV-Größen unter Variation folgender verkehrlicher Parameter bestimmt:

- typisierte Jahreswochenganglinien der Verkehrsnachfrage,
- typisierte Tagesganglinien der Verkehrsnachfrage für LV und SV,
- Schwerverkehrsanteil,
- Längsneigung,
- Lage innerhalb oder außerhalb von Ballungsräumen.

Dabei konnte festgestellt werden, dass jeder Parameter den DTV-Wert der Einsatzgrenze deutlich verschieben bzw. beeinflussen kann. Für die Empfehlung einer Betriebsform zur Durchführung zukünftiger Maßnahmen sind die genannten Parameter neben der Leitgröße des DTV folglich immer zusätzlich zu betrachten.

Durch die Untersuchung der Standard-Maßnahmen konnte festgestellt werden, dass die Kombination verschiedener Parameter zu vergleichbaren Ergebnissen führen kann: Eine Unterscheidung der Ganglinienkombinationen A und D braucht bei 3+1- sowie 4+0-Verkehrsführungen nicht zwingend vorgenommen werden. Der Ansatz beider Kombinationen liefert vergleichbare Einsatzgrenzen, solange die übrigen genannten Parameter identisch sind.

Zusätzlich kann aus den Ergebnissen geschlossen werden, dass ein SV-Anteil von 20 % auf ebenen Strecken ähnliche Einsatzgrenzen liefert, wie ein SV-Anteil von 10 % auf hügeligen Strecken, da auch die in diesem Forschungsprojekt bestimmten Kapazitäten der Verkehrsführungen für beide Fälle vergleichbare oder gleiche Kapazitäten aufweisen. Gleiche Effekte sind ebenfalls festzustellen, wenn die Einsatzgrenzen der Szenarien für den Fall verglichen werden, dass bei erhöhtem SV-Anteil breite statt schmale Fahrstreifen innerhalb einer 4+0-Verkehrsführung vorliegen.

Trotz dieser möglichen Zusammenfassungen verbleiben unter Berücksichtigung der vier betrachteten Verkehrsführungsvarianten insgesamt 72 zu differenzierende verkehrliche Szenarien, die verschiedene Einsatzgrenzen liefern.

Neben den verkehrlichen Randbedingungen, die durch das verkehrliche Szenario berücksichtigt werden können, stellen die Einrichtungsdauer der Maßnahme in der konventionellen Betriebsform

(Vergleichsfall), die erzielbare Beschleunigungswirkung (gemessen in Einrichtungstagen der Arbeitsstelle) sowie die absoluten Mehrkosten zur Erzielung dieser Beschleunigung die weiteren zu beachtenden Einflussgrößen bei der Wahl der Betriebsform dar. Auch bei diesen Randbedingungen sind zahlreiche verschiedene Kombinationen der drei Einflussgrößen möglich, sodass unter Beachtung der verkehrlichen Szenarien keine allgemeingültigen Aussagen und Empfehlungen für Einsatzgrenzen intensiverer Betriebsformen abgegeben werden können.

Für zukünftige Baumaßnahmen auf Bundesautobahnen bleibt bei der gesamtwirtschaftlich sinnvollen Wahl einer Betriebsform die Möglichkeit eines Vergleiches mit einer der hier untersuchten Standard-Maßnahmen. Um von den Standard-Maßnahmen auf die zu planende Arbeitsstellen schließen zu können, müssen in erster Linie folgende Kenngrößen vergleichbar sein:

- Ablauf der Verkehrsführungsphasen,
- Bauzeit bzw. Einrichtungsdauer der einzelnen Phasen (für beide Betriebsformen),
- Beschleunigung durch eine veränderte Betriebsform (ergibt sich aus Punkt 2),
- Mehrkosten zur Erzielung der Beschleunigung.

Die Leistungen innerhalb der Maßnahme sowie die Basiskosten einer Durchführung im Vergleichsfall sind hier nicht mehr relevant, da nur die Differenzkosten zwischen beiden Betriebsformen in das Nutzen-Kosten-Verhältnis eingehen. Zwar wird für die Nutzenkomponente ebenfalls nur die Differenz zwischen beiden Fällen benötigt, die absolute Einrichtungsdauer beider Fälle beeinflusst durch die verschiedenen angesetzten Ganglinienkombinationen jedoch die Höhe des jeweiligen Nutzens. Da dieser Zusammenhang bei der Wahl eines Ausführungszeitraumes bei der Ermittlung der Einsatzgrenzen bereits berücksichtigt wurde, ist es erforderlich, dass die zu planende reale Maßnahme ebenfalls auf Basis der vorhandenen Ganglinien bezüglich des Baubeginns optimiert wird bzw. wurde.

Bei der Wahl einer gesamtwirtschaftlich sinnvollen Betriebsform für eine konkrete Arbeitsstelle ist neben den oben beschriebenen baubetrieblichen Kenngrößen auch die Kenntnis der verkehrlichen Parameter der Strecke erforderlich. Längsneigungen, Ganglinien und Schwerverkehrsanteile sind in der Regel bekannt. Die tatsächlich vorhandenen

Ganglinien müssen jedoch noch einer der vier ausgewählten Ganglinienkombinationen zugeordnet werden. In Kapitel 4.2 konnte gezeigt werden, dass die Wahl der Ganglinienkombinationen einen sehr großen Anteil der durch automatische Dauerzählstellen abgedeckten Strecken abdecken kann. Eine Zuordnung zu einer der vier Kombinationen erscheint aus diesen Gründen in den meisten Fällen als durchführbar.

Eine Einordnung der Strecke in die Klassen hinsichtlich Ballungsräumen erscheint ebenfalls möglich, da die regionalen Verwaltungsbereiche fast immer über eine detaillierte Streckenkenntnis sowie über Kenntnisse zu örtlichen Besonderheiten und Eigenschaften verfügen.

Wurden die verkehrlichen Parameter bestimmt und konnte die zu planende Arbeitsstelle zu einer der definierten Standard-Maßnahmen zugeordnet werden, so ist ein Ablesen der gesamtwirtschaftlich sinnvollen Einsatzgrenze für die intensivere Betriebsform mithilfe der Tabellen im Anhang möglich. Liegt der auf der betrachteten Strecke vorhandene DTV-Wert über der ermittelten Einsatzgrenze, so ist eine Durchführung in der zugehörigen Betriebsform gesamtwirtschaftlich zu empfehlen. Erreicht der vorhandene DTV die Einsatzgrenze nicht, so ist die Durchführung bzw. Ausschreibung des Regelfalls nach dem ARS 04/2011 (BF 2) zu empfehlen.

Konnte die konkrete Arbeitsstelle keiner Standard-Maßnahme zugeordnet werden bzw. sind die geplanten Bauzeiten, Kosten und Beschleunigungswirkungen abweichend, so kann die Einsatzgrenze unter Beachtung der aufgezeigten Tendenzen modifiziert und an die Planung angepasst werden. Aus den Standard-Maßnahmen sind für jede Verkehrsführungsvariante (2+1, 3+1, 4+0 schmale FS, 4+0 breite FS) und jedes verkehrliche Szenario bereits mehrere Einsatzgrenzen bekannt, die festen Beschleunigungen und Mehrkosten zugeordnet werden können. Durch Abschätzung der Einsatzgrenze für neue Randbedingungen zwischen den bekannten Grenzwerten können die zugehörigen Einsatzgrenzen qualitativ abgeschätzt werden (Bild 21). Eine mit der Standard-Maßnahme vergleichbare Bauzeit im Vergleichsfall ist jedoch auch hier Voraussetzung.

Zusätzlich kann aus den grafisch dargestellten Szenarienvergleichen das erzielbare Nutzen-Kosten-Verhältnis für die tatsächlich vorhandene Verkehrsstärke abgeschätzt werden. Liegt die vorhandene Verkehrsstärke deutlich über der Einsatzgrenze, so

können ggf. erforderlich zusätzliche Aufwendungen zur Realisierung ausgeweiteter Arbeitszeiten (siehe Kapitel 2 und Kapitel 6.2) kompensiert bzw. ausgeglichen werden.

Für die untersuchten Standard-Maßnahmen mit dem Planfall BF IVa liegen die meisten Einsatzgrenzen zwischen 50.000 Kfz/d und 60.000 Kfz/d. Bild 22 zeigt die Verteilung der Verkehrsstärken an automatischen Dauerzählstellen vierstreifiger Autobahnquerschnitte in Abhängigkeit von DTV-Klassen. Eine Durchführung von Baustellen in BF IVa bzw. BF 4, die den jeweiligen Standard-Maßnahmen entsprechen, wäre hiernach für knapp 40 % der BAB-Strecken gesamtwirtschaftlich sinnvoll. Für Maßnahmen, die in Betriebsform 3 ausgeführt werden können (Einsatzgrenzen um ca. 30.000 Kfz/d) kann ein Streckenanteil von ca. 70 % ausgemacht werden. Auch wenn der aufgezeigte Vergleich qualitativ ist und im Einzelfall deutlich abweichen kann, ist ein Einsatzpotenzial intensiver Betriebsformen zu erkennen.

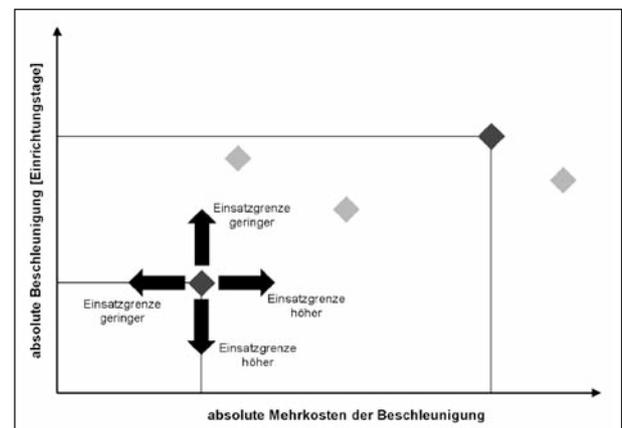


Bild 21: Qualitative Modifikation der Einsatzgrenze für abweichende Randbedingungen (hellgrau) auf Basis der bekannten Einsatzgrenzen (dunkelgrau)

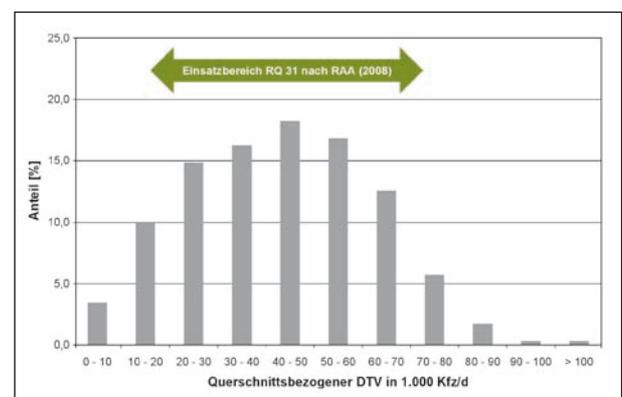


Bild 22: Zuordnung der automatischen Dauerzählstellen vierstreifiger Autobahnquerschnitte zu DTV-Klassen (Bezugsjahr 2005) [VOLKENHOFF, 2014]

6.2 Zusätzliche, nicht monetarisierte Einsatzkriterien

Im Rahmen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung wurden ausschließlich die verkehrlichen Randbedingungen und die daraus resultierenden Fahrtzeitverluste als Einsatzkriterium für die Wahl der Betriebsform herangezogen. Darüber hinaus konnten während der Grundlagenermittlung weitere Einsatzkriterien aufgezeigt werden, die jedoch (bisher) nicht ausreichend genau monetarisiert werden können, um als Nutzenkomponente in die gesamtwirtschaftliche Bewertung Berücksichtigung zu finden. Dies darf im Auswahlprozess der Betriebsform aber nicht dazu führen, dass diese Einsatzkriterien vernachlässigt werden. Ihre Wirkungen bei einer Intensivierung der Betriebsform sollten neben der Leitgröße der Verkehrsstärke qualitativ mit berücksichtigt werden.

Die Ausweisung einer Einsatzgrenze trifft keine Aussagen über die Durchführbarkeit einer Betriebsform mit ausgeweiteten Arbeitszeiten, Arbeiten bei Dunkelheit und zu realisierender Logistik. Insbesondere bei der Bereitstellung der notwendigen Materialressourcen wurde festgestellt, dass zahlreiche Sondervereinbarungen mit Mischwerken und Zulieferern erforderlich sind. Zusätzlich werden Sondergenehmigungen für Transporte erforderlich. Insgesamt ist also ein höherer Koordinationsaufwand auf Auftragnehmer- und Auftraggeberseite zu erwarten. Für Verwaltungen kann die Durchführung von Betriebsformen mit Nacht- und Wochenendarbeit jedoch im Gegenzug auch deutliche Imagevorteile generieren. Von Seiten der Verkehrsteilnehmer sind auch bei längerer Einrichtung positivere Reaktionen auf die Arbeitsstelle zu erwarten, wenn eine sichtliche Ausweitung der Arbeitszeiten in die verkehrsarmen Nachtstunden oder auf die Wochenenden festzustellen ist und sich Fahrtzeitverluste so reduzieren lassen.

Wichtige Einsatzkriterien müssen auch der Seite des Arbeitsstellenpersonals zugewiesen werden. In Kapitel 2.1 konnten bereits einige wichtige Faktoren erläutert werden, die eine Wahl der Betriebsform beeinflussen können:

- gesetzliche Regelungen,
- Schadstoffimmissionen,
- Lärmimmissionen,
- soziale Aspekte,
- medizinische Aspekte.

Nicht zuletzt sollten auch bautechnische Kriterien bei der Wahl der Betriebsform eine Rolle spielen. Im Rahmen der Expertengespräche wurde häufig die Gefahr einer verminderten Qualität der Leistungen genannt, die hohen technischen Anforderungen genügen müssen. Der Einbau von Asphaltdeckschichten wurde als Beispiel für eine solche Leistung genannt. Jedoch liegen auch hier keine belastbaren Erkenntnisse über das Langzeitverhalten solcher Schichten vor, sodass der Nutzen einer Herstellung bei Tageslicht nicht quantifiziert werden kann.

Somit ergeben sich zahlreiche Einflussfaktoren und Einsatzkriterien, die nicht durch pauschale Empfehlungen gedeckt werden können, aber trotzdem bei der Wahl der Betriebsform Beachtung finden sollten.

6.3 Vereinfachtes Verfahren zur Wahl der Betriebsform

In Kapitel 6.1 wurde die Wahl der Betriebsform anhand der berechneten und tabellierten Einsatzgrenzen vorgestellt. Durch die Variation der verschiedenen Standard-Maßnahmen und Parameter ist jedoch eine Vielzahl an Tabellen vorhanden. Die Variation der Einsatzgrenze zeigt gewisse Systematiken gegenüber Maßnahmenarten und Einflussparametern und liegt oftmals im Bereich der Untersuchungs- und Simulationsgenauigkeit.

Darüber hinaus können die nicht monetarisierten Einflussgrößen, die in Kapitel 6.2 beschrieben wurden, den Einsatz von ausgeweiteten Arbeitszeitmodellen begünstigen, erschweren oder sogar ganz verhindern.

In diesem Kapitel wird daher ein vereinfachtes Verfahren zur Wahl der Betriebsform entwickelt, das eine Verbindung aus qualitativer und quantitativer Bewertung darstellt. Die quantitative Bewertung ist dabei so weit zu abstrahieren und zusammenzufassen, dass eine einfache Anwendung ohne das im Anhang dargestellte Tabellenwerk möglich ist.

Die qualitativen Einflussgrößen können in zwei Stufen differenziert werden:

1. Ausschlusskriterien für eine Betriebsform mit Nachtarbeit: Hierunter sind z. B. nicht umsetzbare Forderungen des Immissionsschutzes, der Arbeitszeitgesetze oder der Materialbeschaffung zu verstehen, die in keinem Fall erfüllt wer-

den können und so eine Betriebsform mit Nachtarbeit im Ganzen verhindern.

2. Kriterien, die eine Betriebsform mit Nachtarbeit fördern bzw. behindern. Liegt die Verkehrsbelastung eines Streckenabschnittes nahe an der Einsatzgrenze, können solche Kriterien den Ausschlag für oder gegen eine Betriebsform mit Nachtarbeit liefern. Eine Zusammenstellung der in der Grundlagenrecherche aufgezeigten Kriterien enthält Tabelle 19.

Die weitere Abstraktion der quantitativen Ergebnisse aus Kapitel 5.3 kann anhand der Erkenntnisse der Parametervariation aus Tabelle 15 durchgeführt werden. Hierbei zeigten sich bereits drei verschiedene Gruppen von Standard-Maßnahmen, deren Einsatzgrenzen unterschiedlich auf eine Variation der Strecken- und Nachfrageparameter reagieren:

- Instandsetzungs- und Erhaltungsmaßnahmen, die in der BF III durchgeführt werden, da sie die Sperrung eines Fahrstreifens verlangen (2+1-Verkehrsführung). Zu diesen Maßnahmen gehören die Standardmaßnahmen 3, 7, 8, 10 und 11.
- Instandsetzungs- und Erhaltungsmaßnahmen, die in der BF IVa durchgeführt werden. Diese Gruppe kann weiter differenziert werden in kür-

zere Maßnahmen mit einer Bauzeit von weniger als 50 Werktagen im Planfall (Standard-Maßnahmen 2, 12 und 13) und länger andauernde Maßnahmen mit einer Bauzeit von 50 Tagen oder mehr (Standard-Maßnahmen 1, 4, 5 und 9).

- Ausbaumaßnahmen, die in Betriebsform BF IVa durchgeführt werden (Standard-Maßnahme 6).

Im vereinfachten Verfahren werden die genannten Standard-Maßnahmen in den jeweiligen Gruppen aggregiert und die Abweichungen der Einsatzgrenze bei abweichenden Parametern gemittelt.

Damit können für jede Maßnahmen-Gruppe ausgehend von der mittleren Einsatzgrenze des Basis-szenarios Abschläge oder Zuschläge bei variierenden Strecken- oder Verkehrsparametern angegeben werden. Diese sind in Tabelle 20 angegeben. Die Ab- und Zuschläge ergeben sich durch Mittelung der Ab- und Zuschläge der einzelnen Standard-Maßnahmen einer Gruppe (Tabelle 15) und wurden auf 500 Kfz/d gerundet.

Das aufgezeigte Verfahren wird im Folgenden an einem Praxisbeispiel demonstriert:

Ein vierstreifiger Richtungsquerschnitt soll durch den Tiefeinbau einer neuen Deckschicht instand gesetzt werden. Die Maßnahme entspricht von der angesetzten Bauzeit und den Verkehrsführungsphasen der Standard-Maßnahme 1. Die vorhandenen Strecken- und Verkehrsverhältnisse entsprechen weitgehend dem Basisszenario. Abweichend findet sich auf dem Abschnitt jedoch keine Ferienspitze in der Jahresganglinie und die Längsneigung ist mit durchschnittlich 3 % höher als im Basis-szenario.

Im vereinfachten Verfahren würde sich die Einsatzgrenze zu 65.500 Kfz/d ergeben, indem zur Einsatzgrenze des Basisszenarios (53.500 Kfz/d) ein Zuschlag von 15.500 Kfz/d für die ausgeglichene Jahresganglinie und ein Abschlag von 3.500 Kfz/d für die höhere Längsneigung in Ansatz gebracht werden.

Zum Vergleich: Die exakte Zuordnung der vorhandenen Situation zu den detaillierten Ergebnissen der gesamtwirtschaftlichen Untersuchung in Anhang A 8 ergibt eine Einsatzgrenze von 64.400 Kfz/d.

Liegt die vorhandene durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke weit oberhalb der Einsatzgrenze, ist die Betriebsform IV zu empfehlen, weit unterhalb ist

Kriterium	Begünstigend	Behindernd
Gesetzliche Restriktionen (Arbeitszeitgesetz, Fahrpersonalverordnung, Fahrverbote)		X
Auslastung von Mischwerken	X	
Verfügbarkeit von Dienstleistungen		X
Psychosoziale und gesundheitliche Aspekte: bspw. <ul style="list-style-type: none"> • Tagesrhythmus, • Schadstoff- und Lärmbelastung des Personals) 	X	X
Arbeitssicherheit (in Bezug auf Schutz der Angestellten vor fließendem Verkehr)	X	
Verkehrssicherheit	X	
Ausführungsqualität und Dauerhaftigkeit der Bauverfahren	X	X
Besonders niedrige Arbeitsstellenkapazität (Einengungen an Bauwerken, Anschlussstellen, usw.)	X	
Personalverfügbarkeit auf Auftragnehmer- und Auftraggeberseite		X

Tab. 19: Qualitative Kriterien, die Betriebsformen mit Nachtarbeit begünstigen oder behindern (nach Kapitel 6.2)

	Maßnahme und Betriebsform	Instandsetzung Erhaltung BF III	Instandsetzung Erhaltung BF IVa (d < 50 WT)	Instandsetzung Erhaltung BF IVa (d ≥ 50 WT)	Ausbau BF IVa	
	Zugeordnete Standard-Maßnahmen (siehe Kapitel 3.2, Tabelle 4)	3, 7, 8, 10, 11	2, 12, 13	1, 4, 5, 9	6	
Einsatzgrenze Basisszenario [Kfz/d]	innerhalb von Ballungsräumen SV-Anteil 20 % Jahresganglinie mit Zunahme in den Ferienzeiten Di.-Do. Doppelspitze Längsneigungen < 2 %	35.000	53.500		69.000	
Anpassung Einsatzgrenze durch Abweichung vom Basisszenario [Kfz/d]	außerhalb von Ballungsräumen	-4.000	-5.500		-6.500	
	SV-Anteil 10 % (Zwischenwerte zwischen 10 % und 20 % sind zu interpolieren)	2.500	4.000		4.000	
	ausgeglichene Jahresganglinie, Rückgang in Ferienzeiten	Doppelspitze (Di.-Do.)	-2.000	8.000	15.500	-3.500
		Ausgeprägte Morgen- oder Abendspitze (Di.-Do.)	-6.000	1.500	8.500	-11.500
	Ausgeprägte Morgen- oder Abendspitze (Di.-Do.)	-1.500	-		-2.000	
	Längsneigungen ≥ 2%	-2.500	-3.500		-3.500	

Tab. 20: Einsatzgrenze des Basisszenarios und Modifikationen aufgrund abweichender Parameter in Kfz/d

sie abzulehnen. Liegt die Verkehrsmenge im Bereich der Einsatzgrenze sind weitere qualitative Kriterien aus Tabelle 19 für die Bewertung heranzuziehen.

Die Verknüpfung von qualitativen und quantitativen Einflussgrößen auf die Wahl der Baubetriebsform erfolgt über ein mehrstufiges Verfahren:

1. Identifikation von Ausschlusskriterien für eine Betriebsform mit Nacharbeit,
2. Gesamtwirtschaftliche Bewertung der Einsatzgrenzen ausgehend von einem Basisszenario gemäß Tabelle 20,
3. Qualitative Berücksichtigung zusätzlicher, nicht monetarisierter Einflussfaktoren und Kriterien.

Für das beschriebene Verfahren wurde eine Verfahrensanleitung erstellt, die im Anhang beigefügt ist.

7 Fazit und Ausblick

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden zunächst die maßgebenden Einflussfaktoren auf die Wahl der Betriebsform erarbeitet sowie mögliche Lösungsansätze aufgezeigt und diskutiert. Eine zentrale Rolle spielte dabei die Befragung von Experten aus den Straßenbauverwaltungen der Länder sowie von Bauunternehmen. So konnten Vor- und Nachteile, Chancen und Probleme bei der Durchführung der vier definierten Betriebsformen aus Sicht aller beteiligten Gruppen aufgezeigt werden. Als wesentliche Ergebnisse wurden die Diskrepanz zwischen Betriebsformen in Ausschreibung und der praktischen Durchführung sowie begünstigende und hindernde Faktoren für intensive Betriebsformen identifiziert. Beim bisherigen Vorgehen zur Wahl der Betriebsform konnte die Höhe der Verkehrsbelastung, die auf der Strecke mit einzurichtender Arbeitsstelle vorliegt, als Leitgröße bestimmt werden.

Da nur die Fahrtzeitverluste aus Stauereignissen geeignet monetarisiert werden konnten und diese unmittelbar von der Verkehrsstärke abhängen wurde entschieden, den DTV als Leitgröße beizu-

behalten. In einer gesamtwirtschaftlichen Bewertung wurden die durch eine Bauzeitverkürzung eingesparten volkswirtschaftlichen Kosten den aufzubringenden Baulastträgerkosten für diese Beschleunigung gegenübergestellt. Hierzu wurden 13 Standard-Maßnahmen für Arbeitsstellen längerer Dauer auf Bundesautobahnen definiert und mit Bauzeiten bzw. Baukosten für verschiedene Betriebsformen versorgt.

Die verkehrliche Bewertung zur Ermittlung der Fahrtzeitverlustkosten erfolgte mittels eines Verkehrsanalyse-Systems (entwickelt im Rahmen des FE 01.0174/2011/HRB „Verfahren für die Bewertung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen als Ganzjahresanalyse für unterschiedliche Randbedingungen“).

Aus der Gegenüberstellung von Nutzen und Kosten bei Wechsel zu einer intensiveren Betriebsform konnten schließlich Einsatzgrenzen ermittelt werden, die als DTV-Grenzwert in Abhängigkeit verkehrlicher Randbedingungen vorliegen. Die Einsatzgrenzen geben diejenige Verkehrsbelastung wieder, bei der die eingesparten volkswirtschaftlichen Kosten gerade den zusätzlich aufzubringenden Baukosten entsprechen.

Da die Einsatzgrenzen für verschiedene Verkehrsführungen, Nachfrage- und Streckenparameter sowie Baukosten und Beschleunigungswirkungen mitunter deutlich unterschiedliche Werte annehmen, konnte eine pauschale Empfehlung für einen Einsatzbereich der Betriebsform 4 nicht abgegeben werden. Zur gesamtwirtschaftlich sinnvollen Wahl der Betriebsform bei zukünftigen Arbeitsstellen können jedoch vergleichbare Standard-Maßnahmen als Referenz herangezogen werden (Kapitel 6.1). Somit ist eine erste Abschätzung möglich, ob der Wechsel von Betriebsform 2 zu Betriebsform 4 eine gesamtwirtschaftlich sinnvolle Alternative darstellt.

Zur endgültigen Wahl der Betriebsform sind die zu Beginn ermittelten Einsatzkriterien heranzuziehen. Eine ganzheitliche Betrachtung kann somit eine Aussprache für oder gegen eine Durchführung bzw. Ausschreibung einer Baumaßnahme in Betriebsform 4 zulassen.

Die abgeleiteten Einsatzgrenzen gelten für die definierten Standard-Maßnahmen, die die häufigsten Bauaufgaben auf vierstreifigen Bundesautobahnen abdecken. Weitere und exaktere Einsatzgrenzen sind ggf. durch eine Weiterentwicklung des Bewer-

tungsverfahrens und den Eingangsgrößen zu erreichen: Falls neue Erkenntnisse zu Beschleunigungswirkungen sowie veränderte Baukosten durch eine alternative Betriebsform vorliegen, können die Einsatzgrenzen in einem fortlaufenden Prozess aktualisiert und fortgeschrieben werden. In diesem Zuge ist auch eine Ausweitung auf sechsstreifige Querschnitte einschließlich zusätzlicher Behelfsverkehrsführungen möglich.

Mit Verfügbarkeit des Verkehrsanalyse-Systems wird die verkehrliche Bewertung einer beliebigen Strecke für die gesamte Einrichtungzeit der Arbeitsstelle möglich sein. Die Abbildungen von Kapazitäten, Nachfrageganglinien auf Basis historischer realer Zählzeiten sowie die Berücksichtigung von Anschlussstellen werden dabei eine erhebliche Verbesserung der Prognosegenauigkeit gegenüber dem vorliegenden Verfahren aufweisen. Durch die Bewertung verschiedener baubetrieblicher Szenarien ist auf diesem Wege eine Abschätzung der wirtschaftlichsten Betriebsform möglich.

Mit dem vorliegenden Forschungsergebnis liegen dennoch auch heute schon Richtwerte vor, die in Abhängigkeit der verkehrlichen und baubetrieblichen Randbedingungen einer Arbeitsstelle deren Durchführung in einer bestimmten Betriebsform vorschlagen.

8 Literatur

ADELHEIM: Nachtschicht auf der Startbahn Süd 07R – 25 L Rhein-Main-Flughafen Frankfurt, Carl Ungewitter Trinidad Lake Asphalt GmbH & Co. KG (Hrsg.), <http://www.trinidad-lake-asphalt.de> (25.07.2013), Bremen 2008

ARBZG: Arbeitszeitgesetz, Bundesrepublik Deutschland, Bonn 1994

ARS: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 04/2008: Arbeitsstellen an Bundesautobahnen – Vorgaben zur Bauzeitverkürzung. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (Hrsg.), Bonn 2008

ARS: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 04/2011: Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (Hrsg.), Bonn 2011

- BABISCH, W.: Night Noise Guidelines – Telegramm: Umwelt und Gesundheit – Informationen des Umweltbundesamtes. Berlin 2009
- BIELE, M.-C.: Der Bauzeitenkatalog und seine Anwendung. Vortrag beim Aachener Arbeitsstellen-Symposium, Forschungsvereinigung Straßenwesen, Erd- und Tunnelbau, Aachen 2012
- BMVBS: Bundesautobahn A 8 Augsburg-München, ÖPP-Betriebermodell. 2010
- BMVBS: Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen. Bundesanstalt für Straßenwesen. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, 2011a
- BMVBS: Öffentlich-Private-Partnerschaften am Beispiel des Bundesfernstraßenbaus. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, Bonn 2011b
- BMVBW: Bundesverkehrswegeplan 2003. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn 2003
- BRYDEN, J.; MACE, D.: A Procedure for Assessing and Planning Nighttime Highway Construction and Maintenance. NCHRP Report 475. Washington D.C. 2002
- DÖINGHAUS, P.: Erstellung eines Bauzeitenkatalogs für Baumaßnahmen an Bundesautobahnen. Aachen, 2009
- ESCHENBACH, J.: Schneller und Effizienter Bauen. Umsetzungspotenziale. Vortrag im Rahmen der ADAC-Fachveranstaltung „Effizienter Autobahnbau“ am 18.05.2010, Frankfurt am Main 2010
- EWS: Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Heft 132, Köln 1997
- FINKE, J.: Maßnahmen zur Bauzeitverkürzung in Niedersachsen. Vortrag im Rahmen des Kolloquiums „Wege aus dem Stau“ am 23.08.2011. Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 2011
- FISCHER, L.: Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von Behelfsverkehrsführungen an Autobahnarbeitsstellen unter Berücksichtigung der Querschnittsabmessungen. Dissertation. Bauhaus-Universität Weimar, Weimar 2009
- GEISTEFELDT, J.; LOHOFF, J.: Stausituation auf den Autobahnen in Nordrhein-Westfalen. Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Bochum 2011
- GRAF, M.: Beschleunigtes Bauen – Leitfaden. Bau- und Verkehrsamt des Kantons Zürich, Tiefbauamt. 2010
- HBS: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2001/2005), Ausgabe 2001, Fassung 2005. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Köln 2005
- HBS-Entwurf: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Entwurf 2012 (Stand 12/2012, unveröffentlicht), Köln 2012
- HUPE: Flughafen Dresden – Katalysator für die Region. Vortrag im Rahmen des 133. Wirtschaftsgesprächs in Leipzig-Leutzsch am 24. Oktober 2007, Leipzig 2007
- HVA: Handbuch für die Vergabe und Ausführung von Bauleistungen im Straßen- und Brückenbau HVA B-StB. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn 2010
- KEMPER, D.: Vergleichende Betrachtung der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit von Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Autobahnen bei Tag und Nacht. Dissertation. Institut für Straßenwesen Aachen, RWTH Aachen University, Aachen 2010
- KUNZ, J.: Staureduzierung auf Autobahnen – Bilanz, Handlungsbedarf und Maßnahmen. Vortrag im Rahmen der ADAC/VDA-Fachveranstaltung „Weniger Stau – mehr Mobilität“ am 23.06.2009, Bonn 2009
- RAA: Richtlinien für die Anlage von Autobahnen, Ausgabe 2008. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2008
- RBAP: Richtlinien zur Baubetriebsplanung auf Bundesautobahnen, Ausgabe 1996. Bundesministerium für Verkehr, Bonn 1996
- RICH: Potenziale von „Lean Construction“ im Asphaltstraßenbau am Beispiel einer ausgewählten Baumaßnahme auf der BAB A 1 bei Euskirchen. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Stra-

- ßenwesen der RWTH Aachen (unveröffentlicht), Aachen 2011
- RICHTER, T.; KOCHENDÖRFER, B.: 24-Stunden-Baustellen auf Bundesautobahnen: Verkehrsablauf, Verkehrssicherheit und Wirtschaftlichkeit, Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (Hrsg.), Berlin 2012
- RPE: Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen, Ausgabe 2001, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2001
- RSA: Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen, Ausgabe 1995, 4. überarbeitete Auflage. Bundesministerium für Verkehr, Bonn 1995
- RWS-Entwurf: Richtlinien für Wirtschaftlichkeitsrechnungen an Straßen (RWS). Projekt Nr. 23.0009/2006 „Erarbeitung neuer Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Wirtschaftlichkeitsberechnungen (RAS-W) mit Aktualisierung der Nutzen- und Kostenkomponenten“ im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Entwurf 2012 (Stand 12/2012, unveröffentlicht), Aachen 2012
- SHELLENBERGER, M.: Bautechnische Abhängigkeiten – Auswirkungen auf die Qualität. Vortrag im Rahmen des Kolloquiums „Wege aus dem Stau“ am 23.08.2011. Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 2011
- SILVANUS, M.: Vorgaben des Bundes zur Bauzeitverkürzung. Vortrag im Rahmen der ADAC-Fachveranstaltung „Effizienter Autobahnbau“ am 18.05.2010, Frankfurt/Main 2010
- STRASSEN.NRW: Leitfaden zur Aufstellung von Bauabläufen und Bauzeiten, sowie deren vertragliche Umsetzung. Gelsenkirchen 2011
- VOLKENHOFF, T.: Modellbasierte Ableitung des Einsatzbereiches eines videogestützten Störfall- und Arbeitsstellenmanagements in Arbeitsstellen längerer Dauer auf Bundesautobahnen. Aachener Mitteilungen Straßenwesen, Erd- und Tunnelbau, Heft 61, Aachen 2014
- ZANDER, O.: Tarifsammlung für die Bauwirtschaft 2011/2012, Dieburg 2011
- ZIEGLER, H.; KATHMANN, T.; SCHMITZ, S.; THOMAS, B.: Bereitstellung des Verkehrsmen-
- generüsts für Wirtschaftlichkeitsberechnungen. AP 1 „Verkehrsmengengerüst“ zum Projekt Nr. 23.0009/2006 „Erarbeitung neuer Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Wirtschaftlichkeitsberechnungen (RAS-W) mit Aktualisierung der Nutzen- und Kostenkomponenten“ im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (unveröffentlicht), Aachen 2011

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2013

V 220: Maßnahmen zur Bewältigung der besonderen psychischen Belastung des Straßenbetriebsdienstpersonals – Pilotstudie
Pöpping, Pollack, Müller € 16,00

V 221: Bemessungsverkehrsstärken auf einbahnigen Landstraßen
Arnold, Kluth, Ziegler, Thomas € 18,50

V 222: Aktualisierung des MLuS 02 – Erstellung der RLuS
Düring, Flassak, Nitzsche, Sörgel, Dünnebeil, Rehberger € 19,50

V 223: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2010
Fitschen, Nordmann € 16,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 224: Prüfung und Bewertung von Schutzeinrichtungen der Aufenthaltstufe H4b für den Einsatz auf Brücken – Teil 1 und 2
Bergerhausen, Klostermeier, Klöckner, Kübler € 19,00

V 225: Neue Technik für den Straßenbetriebsdienst – Teil 1: Neue Informations- und Kommunikationstechniken
Teil 2: Autonomes Fahren für den Straßenbetriebsdienst
Holldorb, Häusler, Träger € 21,50

V 226: Bewertungsmodell für die Verkehrssicherheit von Landstraßen
Maier, Berger, Schüller, Heine € 18,00

V 227: Radpotenziale im Stadtverkehr
Baier, Schuckließ, Jachtmann, Diegmann, Mahlau, Gässler € 17,00

V 228: Sicherheitskenngrößen für den Radverkehr
Baier, Göbbels, Klemps-Kohnen € 15,50

V 229: Straßenverkehrszählungen (SVZ) mit mobilen Mess-Systemen
Schmidt, Frenken, Hellebrandt, Regniet, Mahmoudi € 20,50

V 230: Verkehrsadaptive Netzsteuerungen
Hohmann, Giuliani, Wietholt € 16,50

V 231: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2011
Fitschen, Nordmann € 28,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 232: Reflexkörper und Griffigkeitsmittel in Nachstreumittelgemischen für Markierungssysteme
Recknagel, Eichler, Koch, Proske, Huth € 23,50

V 233: Straßenverkehrszählung 2010 – Ergebnisse
Lensing € 16,00

V 234: Straßenverkehrszählung 2010 – Methodik
Lensing € 17,50

2014

V 235: Dynamische Messung der Nachtsichtbarkeit von Fahrbahnmarkierungen bei Nässe
Drewes, Laumer, Sick, Auer, Zehntner € 16,00

V 236: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2012
Fitschen, Nordmann € 28,50
Die Ergebnisdateien sind auch als CD erhältlich oder können außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 237: Monitoring von Grünbrücken – Arbeitshilfe für den Nachweis der Wirksamkeit von Grünbrücken für die Wiedervernetzung im Rahmen der KP II – Maßnahmen
Bund-Länder Arbeitskreis
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden. Der Anhang ist interaktiv. Das heißt er kann ausgefüllt und gespeichert werden.

V 238: Optimierung der Arbeitsprozesse im Straßenbetriebsdienst – Sommerdienst
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00

V 239: Dynamische Messung der Griffigkeit von Fahrbahnmarkierungen
Steinauer, Oeser, Kemper, Schacht, Klein € 16,00

V 240: Minikreisverkehre – Ableitung ihrer Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen
Baier, Leu, Klemps-Kohnen, Reinartz, Maier, Schmotz € 23,50

V 241: Rastanlagen an BAB – Verbesserung der Auslastung und Erhöhung der Kapazität durch Telematiksysteme
Kleine, Lehmann, Lohoff, Rittershaus € 16,50

V 242: Bordsteinkanten mit einheitlicher Bordhöhe und Bodenindikatoren an Überquerungsstellen
Boenke, Grossmann, Piazzolla, Rebstock, Herrnsdorf, Pfeil € 20,00

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 In Vorbereitung

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 in Vorbereitung

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

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