

## Einsatzkriterien für Baubetriebsformen

FA 3.498

Forschungsstelle: RWTH Aachen, Institut für Straßenwesen (isac) (Prof. Dr.-Ing. habil. M. Oeser)

Bearbeiter: Geistefeldt, J. / Kemper, D. / Oeser, M. / Volkenhoff, T. / Göttgens, F. / Hohmann, S.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: September 2015

### 1 Problemstellung und Ausgangslage

Durch steigende Verkehrsleistung sowie zunehmenden Erhaltungs- und Ausbaubedarf auf Bundesautobahnen ist in den kommenden 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 zu minimieren. Eine Möglichkeit zur Erreichung einer reduzierten verkehrlichen Auswirkung stellt die Durchführung der Baumaßnahmen in Betriebsformen, die sich durch höhere tägliche und wöchentliche Arbeitszeiten auszeichnen, dar.

Im Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen sind derzeit vier Betriebsformen definiert:

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)

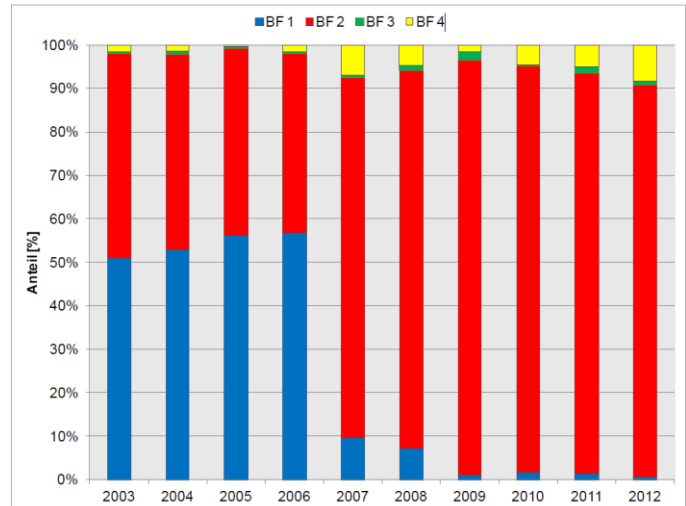
Aktuelle Vorgaben des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur schreiben die Durchführung beziehungsweise Ausschreibung in Betriebsform 2 als Standardfall vor. Bei hochbelasteten Strecken soll die Betriebsform 4 ausgeschrieben werden. Die Betriebsform 1 soll nur in Ausnahmefällen bei geringen Verkehrsbelastungen Anwendung finden. Festgelegte Einsatzgrenzen werden hierbei jedoch nicht genannt, sodass derzeit keine Richtwerte existieren, welche die Entscheidung für die Ausschreibung einer Betriebsform empfehlen.

Die Betriebsformen 2 und 4 können nach den Meldungen zu Baubetriebsplanungen tatsächlich als Regelfälle der Ausschreibungen angesehen werden (Bild 1), eine konsequente Umsetzung der jeweiligen Arbeitszeitmodelle findet in der Praxis hingegen jedoch nur äußerst selten statt.

Die wesentlichen Gründe hierfür konnten in Befragungen und Gesprächen mit Vertretern aus den Straßenbauverwaltungen der Länder sowie aus Bauunternehmen erarbeitet werden: Als Hauptgrund wurde in diesem Kontext die aufwendige Personalplanung aufseiten der Bauunternehmen ausgemacht.

Sowohl die Betriebsform 2 als auch die Betriebsform 4 erfordern zur konsequenten Durchsetzung den Einsatz mehrerer Schichten. Im gesamten Kalenderjahr führen witterungsbedingte Bauunterbrechungen, schwankende Zeiträume mit Tageshel-

ligkeit und nicht kontinuierliche Ausschreibung von Bauleistungen über das gesamte Jahr jedoch zu wechselnden Personalbedarfen, sodass eine durchgehende Beschäftigung des Arbeitsstellenpersonals nicht oder nur sehr schwer möglich ist. Weiterhin stellen auch Arbeitsrecht, Materialressourcen, Immissionsschutzvorgaben, Fahrpersonalverordnungen, erforderliche Sondergenehmigungen und psycho-soziale Aspekte wichtige Einflussfaktoren auf die Wahl der Baubetriebsform dar beziehungsweise können gegen eine Durchführung der Betriebsform 4 über einen längeren Zeitraum sprechen.



**Bild 1: Entwicklung der Betriebsformen in Arbeitsstellen längerer Dauer auf Bundesautobahnen**

Tatsächlich kommen in der Praxis alternative Arbeitszeitmodelle zum Einsatz, die in den meisten Fällen einen Kompromiss zwischen den definierten Betriebsformen und den betriebswirtschaftlichen Interessen darstellen, mit denen die vorgegebenen Ausführungsfristen (ungeachtet von Nachträgen, Behinderungen oder Schlechtwetter) jedoch trotzdem eingehalten werden können.

### 2 Zielsetzung und Vorgehen

Aufgrund der fehlenden Einsatzempfehlung ist es das Ziel, sinnvolle Einsatzgrenzen als Richtwerte für die Wahl der Betriebsform zu ermitteln. Die Abgabe dieser Einsatzempfehlungen soll gesamtwirtschaftlich erfolgen. Dies bedeutet, dass bei der Ermittlung dieser Richtwerte sowohl die Belange der Baukostenträger (Baukosten) als auch die Interessen der Verkehrsteilnehmer (Stau und Fahrtzeitverluste) betrachtet werden müssen. Da Fahrtzeitverluste durch geeignete Kostensätze als monetäre Größen in Abhängigkeit der Verkehrsstärke ausgedrückt werden können und der DTV im Rahmen der Expertengespräche als derzeit wichtigstes Einsatzkriterium identifiziert wurde, sollen die Einsatzgrenzen in Form von Verkehrsstärke-Werten ausgegeben werden. Zusätzliche Kriterien sind nur schwer monetarisierbar und können daher nicht in die gesamtwirtschaftliche Bewertung einfließen, dürfen bei der endgültigen Wahl der Betriebsform trotzdem nicht vernachlässigt werden.

Zur gesamtwirtschaftlichen Bewertung sind die durch eine Bauzeitverkürzung eingesparten Fahrtzeitverluste den für die Be-

schleunigung erforderlichen Baukosten gegenüberzustellen. Da die eingesparten Fahrtzeitverluste als Nutzen in Abhängigkeit der Verkehrsstärke vorliegen, kann auch ein Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) in Abhängigkeit des DTV ausgegeben werden. Erreicht das NKV einen Wert von 1, so stellt der zugehörige DTV-Wert die gesamtwirtschaftlich sinnvolle Einsatzgrenze für die Betriebsform dar, mit der die betrachtete Bauzeitverkürzung zu den angesetzten Mehrkosten erreicht wurde.

### 3 Baubetriebliche Szenarien und verkehrliche Bewertung

Da mit Beschleunigungswirkungen und Kostenänderungen durch den Wechsel der Betriebsform als Eingangsgrößen für das Bewertungsverfahren sinnvoll gewählt werden können, wurden insgesamt dreizehn Standard-Maßnahmen definiert, die in ihren Leistungen einen Großteil der auf Bundesautobahnen durchgeführten Erhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten abdecken und somit das Baugeschehen repräsentieren. Neben verschiedenen Verkehrsführungen wurden dabei Maßnahmen mit Asphaltbauweisen sowie Betonbauweisen berücksichtigt. Zusätzlich wurden auch Maßnahmen aufgenommen, die in reiner Nachtarbeit (BF 3) durchgeführt werden können und somit auch eine Möglichkeit der Reduzierung verkehrlicher Auswirkungen darstellen.

Zu diesen Standard-Maßnahmen war es möglich, bereits abgeschlossene Arbeitsstellen zu finden, die teilweise auch in verschiedenen Betriebsformen durchgeführt wurden. Bauzeiten und Kosten für das Bewertungsverfahren konnten aus diesen abgeschlossenen Arbeitsstellen für alle Bauphasen beziehungsweise Verkehrsführungsphasen der Standard-Maßnahmen abgeschätzt werden. Da für eine Umsetzung der Betriebsform 4 bisher nur sehr wenig Erfahrungswerte bezüglich Beschleunigungswirkung und Kostenänderung gegenüber anderen Betriebsformen vorliegen, mussten sowohl die praktisch durchgeführten Arbeitszeitmodelle als alternative Betriebsformen angesetzt als auch einige Eingangsgrößen durch pauschale Faktoren oder Erfahrungen aus Pilotprojekten geschätzt werden. Für die gesamtwirtschaftliche Bewertung und die Ermittlung von Einsatzgrenzen wurden die praktisch durchgeführten Betriebsformen nach Tabelle 1 angesetzt und den definierten Betriebsformen nach dem Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement zugeordnet.

Nach Ermittlung der relevanten Daten stehen für die Durchführung der Maßnahmen in den verschiedenen Betriebsformen Bauzeiten und Kosten als baubetriebliche Szenarien zur Verfügung. Ergänzt wurden diese Szenarien durch einen optimalen Ausführungszeitraum in Abhängigkeit der Bauzeit und der vorhandenen Jahresganglinie (Tabelle 4). Der optimale Ausführungszeitraum ist charakterisiert durch den Zeitraum während der Bausaison mit den geringsten Nachfrageanteilen des Verkehrs am jährlichen Gesamtverkehr und stellt damit den Zeitraum dar, in dem die geringsten verkehrlichen Auswirkungen zu erwarten sind.

Die verkehrliche Bewertung zur Ermittlung der durch die Arbeitsstellen verursachten Fahrtzeitverluste wurde mittels des im FE 01.0174/2011/HRB "Verfahren für die Bewertung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen als Ganzjahresanalyse für unterschiedliche Randbedingungen" entwickelten Verkehrsanalyse-

systems durchgeführt. Die Ermittlung der Fahrtzeitverluste infolge Staus erfolgt dabei durch ein deterministisches Warteschlangenmodell, welches die Kapazität der Behelfsverkehrsführung der aktuellen Verkehrsnachfrage gegenüberstellt.

**Tabelle 1: Zuordnung der praktisch durchgeführten Betriebsformen zu den Betriebsformen nach dem Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement**

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

Die Aussagen und Einsatzgrenzen, die mit der Berechnung verschiedener Standard-Maßnahmen erarbeitet werden, sollen für möglichst viele zukünftige Arbeitsstellen in Deutschland aussagekräftig sein. Es ist daher unumgänglich, verschiedene verkehrliche Szenarien der Verkehrsnachfrage und der Kapazität zu untersuchen (Tabelle 2 und Tabelle 4), da diese Parameter auch im vorhandenen Netz variabel sind.

**Tabelle 2: Variationen der Einflussgrößen auf die Kapazität**

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

Das Verfahren zur Berechnung der Kapazitätswerte beruht auf den Vorgaben des Leitfadens zum Arbeitsstellenmanagement an Bundesautobahnen sowie den dazugehörigen Ausführungshinweisen. Zur Berechnung der Kapazitätswerte (Tabelle 3) wurden den einzelnen Verkehrsführungen realistische Annahmen für Überleitungen, Fahrstreifenbreiten und Fahrstreifenreduktionen unterstellt. 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 ortsunkundigen Fahrern wurde auf die Lage außerhalb eines Ballungsraums übertragen.

**Tabelle 3: Kapazitäten der Verkehrsführungen (Beispiel iB, ebene Strecke, SV 10 %)**

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.

Die Verkehrsnachfrage wird durch die beiden Parameter Verkehrsstärke sowie Verteilung anhand von Jahres- und Tagesganglinien beschrieben. Die Verkehrsstärke wird als Leitgröße von 20 000 bis 100 000 Kfz/d (bezogen auf den gesamten Querschnitt) variiert. Die Verteilung der Verkehrsnachfrage erfolgt durch typisierte Ganglinien, wobei hier das Gangliniensez der "Richtlinien für Wirtschaftlichkeitsberechnung an Straßen" (Entwurf) verwendet wird. Insgesamt werden vier Kombinationen aus Jahreswochenganglinien und Tagesganglinien für LV und SV ausgewählt und zur weiteren Untersuchung herangezogen (Tabelle 4).

**Tabelle 4: Verwendete Kombinationen typisierter Ganglinien**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2/1/1/3/3 (GLK A)</li> <li>• 1/1/1/3/3 (GLK B)</li> <li>• 1/1/2/2/3 (GLK C)</li> <li>• 2/1/3/2/3 (GLK D)</li> </ul>
<p>Definition Ganglinienkombination:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stelle: Jahres-Wochen-Ganglinientyp LV</li> <li>2. Stelle: Jahres-Wochen-Ganglinientyp SV</li> <li>3. Stelle: Tagesganglinientyp LV Montag</li> <li>4. Stelle: Tagesganglinientyp LV Dienstag bis Donnerstag</li> <li>5. Stelle: Tagesganglinientyp LV Freitag</li> </ol>

Durch Aufstellen der baubetrieblichen Szenarien (Bauzeiten und Baukosten in verschiedenen Betriebsformen) sowie Berechnung und Monetarisierung der Fahrzeitverluste der verkehrlichen Szenarien (mittels Zeitkostensätzen des Entwurfs der "Richtlinien für Wirtschaftlichkeitsberechnung an Straßen") stehen die Eingangsgrößen für das Bewertungsverfahren zur Verfügung, sodass gesamtwirtschaftlich optimierte Einsatzgrenzen für die Durchführung alternativer Betriebsformen ermittelt werden können.

## 4 Untersuchungsergebnisse

Für die zwölf aufgestellten Standard-Maßnahmen können für jedes verkehrliche Szenario die Einsatzgrenzen (DTV-Wert bei NKV = 1) ausgegeben werden. Jede Standard-Maßnahme erhält dadurch 32 verschiedene Einsatzgrenzen, die jeweils für

die angesetzten verkehrlichen Randbedingungen gültig sind (beispielhaft Tabellen 5 und 6).

**Tabelle 5: Gesamtwirtschaftliche Eingangsgrenzen für Standard-Maßnahme 1 (Instandsetzung Deckschicht unter 3+1-Verkehrsführungen) bei Wechsel von BF II auf BF IVa**

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

Es lässt sich feststellen, dass für eine Standard-Maßnahme keine einheitliche Einsatzgrenze pauschal empfohlen werden kann. Hierfür sind zu starke Variationen in Abhängigkeit der verkehrlichen Randbedingungen vorhanden (beispielhaft Bild 2). Vor allem die Verteilung der Verkehrsnachfrage ist dabei entscheidend für die Höhe des DTV-Werts der gesamtwirtschaftlichen Einsatzgrenze. Dies gilt vor allem für die Maßnahmen der Erhaltung. Bei Variationen der übrigen verkehrlichen Parameter sind hingegen in einigen Fällen ähnliche Einsatzgrenzen festzustellen. So stellen sich bei den Kombinationen "hoher SV-Anteil und flache Strecke" (bei gleichzeitiger Beibehaltung der übrigen Parameter) die gleichen Einsatzgrenzen ein, wie bei den Kombinationen "geringerer SV-Anteil und hügelige Strecke".

**Tabelle 6: Gesamtwirtschaftliche Eingangsgrenzen für Standard-Maßnahme 3 (Instandsetzung Deckschicht unter 2+1-Verkehrsführungen) bei Wechsel von BF II auf BF V**

Einsatzgrenzen [Kfz/d]			Streckenparameter			
			s < 2 %		2 % ≤ s ≤ 4 %	
			aB	iB	aB	iB
Nachfrageparameter	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 %	31 200	35 800	29 700	33 500

Die Einsatzgrenzen der Standard-Maßnahmen, die unter 2+1-Verkehrsführungen durchgeführt werden, fallen aufgrund der Fahrstreifenreduktion erwartungsgemäß geringer aus. Hingegen sind die Einsatzgrenzen für Maßnahmen des sechsstreifigen Ausbaus (in den meisten Fällen über 60 000 Kfz/d) gegenüber denen der Erhaltungsmaßnahmen erhöht. Da jedoch bei

Ausbaumaßnahmen davon ausgegangen werden kann, dass mit den vorhandenen Verkehrsstärken die Einsatzgrenzen vierstreifiger Querschnitte erreicht werden, lässt sich schließen, dass eine intensive Durchführung mit durchgehendem Zweischichtbetrieb gesamtwirtschaftlich fast immer vorteilhaft ist.

Insgesamt lassen sich bei der Ermittlung der Einsatzgrenzen drei Maßnahmengruppen feststellen, denen verschieden hohe DTV-Grenzwerte zugeordnet werden können (nach Einsatzgrenzen aufsteigend sortiert):

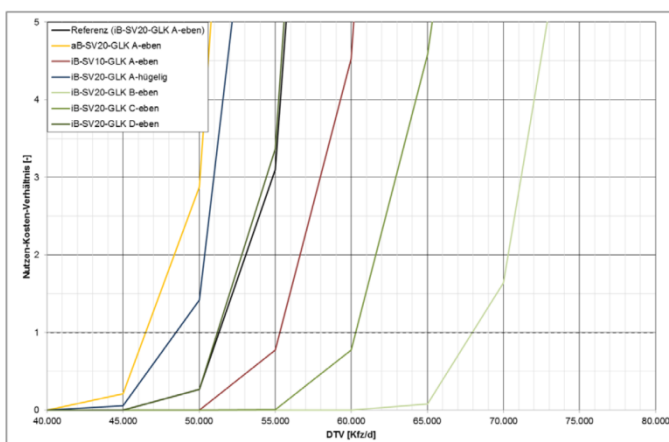
- Instandsetzungsmaßnahmen mit Fahrstreifen-Reduktion
- Erhaltungsmaßnahmen
- Ausbaumaßnahmen

## 5 Fazit und Folgerung für die Praxis

Für zukünftig durchzuführende Maßnahmen auf Bundesautobahnen existieren nach der Analyse der Standard-Maßnahmen Richtwerte, ab welchen Verkehrsstärken die Durchführung in intensiveren Betriebsformen (BF 3 und BF 4) empfohlen werden kann. Zusätzlich können für konkrete Strecken (bekannte verkehrliche Randbedingungen) der Nutzen sowie das Nutzen-Kosten-Verhältnis durch eine Intensivierung der Betriebsform abgeschätzt werden.

Eine Vorauswahl, die auf einer gesamtwirtschaftlichen Bewertung basiert, ist somit analog zu den Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Neubaumaßnahmen auch für zu planende Arbeitsstellen der Erhaltung oder des Ausbaus möglich. Auf diese Weise kann neben den direkt messbaren Mehrkosten auf Seite des Auftraggebers auch der Nutzen für Verkehrsteilnehmer, der aus einer beschleunigten Durchführung der Arbeitsstellen resultiert, in die Entscheidung für eine durchzuführende Betriebsform mit einbezogen werden.

Zur endgültigen Auswahl der Baubetriebsform sind neben den hier erläuterten volkswirtschaftlichen Kriterien zusätzlich die eingangs genannten nicht monetarisierbaren Kriterien zu prüfen und bei einer abschließenden Bewertung mit einzubeziehen.



**Bild 2: Nutzen-Kosten-Verhältnis verschiedener Szenarien für Standard-Maßnahme 1**