
Anhang 2

Verfahren für die Bewertung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen als Ganzjahres- analyse für unterschiedliche Randbedingungen

Berichte der Bundesanstalt
für Straßenwesen
Verkehrstechnik Heft V 377

Anhang 2

Verfahren für die Bewertung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen als Ganzjahres- analyse für unterschiedliche Randbedingungen

Bewertung von Arbeitsstellen unter Verwendung des Verkehrsanalysesystems

von

Justin Geistefeldt, Sandra Hohmann
Lehrstuhl für Verkehrswesen – Planung und Management,
Ruhr Universität Bochum

Markus Oeser, Tobias Volkenhoff
Institut für Straßenwesen Aachen, RWTH Aachen University)

Berichte der Bundesanstalt
für Straßenwesen
Verkehrstechnik Heft V 377

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Stand der Baubetriebsplanung auf Autobahnen.....	3
2.1	Ablauf und Beteiligte der Baubetriebsplanung.....	3
2.2	Vorgaben des Bundes und der Länder.....	5
2.3	Maßnahmen und Strategien zur Planung von Arbeitsstellen	6
2.4	Verfahren zur Bewertung verkehrlicher Auswirkungen	8
3	Arbeitsstellenbewertung mit dem Verkehrsanalyzesystem.....	14
3.1	Ziel und Vorgehen	14
3.2	Berechnungsmodell der verkehrlichen Bewertung.....	15
3.3	Bewertungselemente im Arbeitsstellenkontext.....	17
3.4	Bewertungselemente im Streckenzugkontext	19
3.5	Bewertungselemente im Netzkontext	20
3.6	Beurteilung der Bewertungsgrößen.....	21
3.7	Bewertung von Vollsperrungen und AkD	22
3.8	Beispielbewertung	23
4	Wissenschaftliche Anwendung des Verkehrsanalyzesystems.....	25
4.1	Ziel und Vorgehen	25
4.2	Eingangsgrößen	26
4.3	Bewertungskenngrößen.....	27
	Literatur	27
	Anhang	29

1 Einleitung

Arbeitsstellen bedeuten häufig einen erheblichen Eingriff in den Verkehrsablauf und stellen in vielen Fällen Engpässe im Autobahnnetz dar. Der „Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen“ ersetzt als Grundlage der Baubetriebsplanung die bislang genutzten Richtlinien zur Baubetriebsplanung auf Bundesautobahnen (RBAP, BMV, 1996) und wurde durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung mit dem ARS 04/2011 (BMVBS, 2011a) eingeführt. Die darin geforderte Bewertung der verkehrlichen Auswirkungen von Arbeitsstellen soll künftig mit Hilfe eines bundesweit einheitlichen Verfahrens EDV-gestützt umgesetzt werden.

Im Rahmen des Projektes FE 01.0174/2011/HRB „Verfahren für die Bewertung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen als Ganzjahresanalyse für unterschiedliche Randbedingungen“ wurde für dieses Verkehrsanalyzesystem ein gesamtheitliches Bewertungskonzept entwickelt, welches die Einschätzung unterschiedlicher baulicher und betrieblicher Szenarien ermöglicht. Die Gesamtbewertung einer Arbeitsstelle setzt sich danach aus einer volkswirtschaftlichen und einer regelbasierten Bewertung zusammen.

Für die Bewertung der verkehrlichen Auswirkungen von Arbeitsstellen wurde aufbauend auf einer vergleichenden Analyse unterschiedlicher Modellansätze ein geeignetes Verkehrsflussmodell ausgewählt und kalibriert. Dafür wurden Messungen und Simulationen durchgeführt, welche den Modellrechnungen gegenübergestellt wurden. Das Prinzip der Ganzjahresanalyse ermöglicht dabei eine deutlich präzisere Nachbildung des Verkehrsablaufs über einen beliebig langen Zeitraum anstelle einer Bewertung in einer einzelnen Bemessungsstunde. Neben dem Kriterium der arbeitsstellenbedingten Fahrtzeitverluste wird bei der volkswirtschaftlichen Bewertung auch die Verkehrssicherheit anhand von Unfallkostenraten beurteilt.

Für die regelbasierte Bewertung werden die im „Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen“ gemachten Vorgaben zur Arbeitsstellengestaltung (Verkehrsführung, Querschnittsgestaltung, Maßnahmen der Verkehrsregelung etc.) automatisiert geprüft.

Die Teilergebnisse der Bewertung werden zusammengefasst und mit Hilfe eines dreistufigen Ampelsystems dargestellt. Mit dem Verkehrsanalyzesystem kann somit auf Bundes- und Länderebene beurteilt werden, ob eine geplante Arbeitsstelle den Vorgaben entspricht und ob die verkehrlichen Auswirkungen unter den gegebenen

Randbedingungen akzeptabel sind. Darüber hinaus können vom Anwender Variantenvergleiche einzelner Arbeitsstellen durchgeführt und Projekte zeitlich optimiert werden.

Im vorliegenden Dokument wird die Arbeitsstellenbewertung mit dem Verkehrsanalyzesystem vorgestellt sowie an Beispielrechnungen nachvollzogen. Darüber hinaus werden Angaben zu benötigten Eingangsdaten gemacht.

2 Stand der Baubetriebsplanung auf Autobahnen

Die Entwicklung eines Bewertungssystems zur Baubetriebsplanung muss auf den derzeit geltenden Vorgaben basieren und die vorhandenen Strukturen der Straßenbauverwaltung berücksichtigen. Im Folgenden wird daher der Prozess der Baubetriebsplanung detailliert vorgestellt. Die Analyse beruht zum einen auf Literaturquellen, zum anderen wurde eine Befragung der Prozessverantwortlichen in den Bundesländern durchgeführt. In drei Bundesländern wurden persönliche Gespräche durchgeführt, die verbleibenden Bundesländer wurden über einen Fragebogen beteiligt, der in Anhang A dargestellt ist. In Summe liegen Informationen aus 13 Bundesländern vor, die im Weiteren vorgestellt werden.

2.1 Ablauf und Beteiligte der Baubetriebsplanung

Eingriffe in den Verkehrsraum durch Arbeitsstellen können einerseits durch Neubau- bzw. Ausbaumaßnahmen und andererseits durch Erhaltungsmaßnahmen notwendig werden.

Der Planungsprozess von Neu- und Ausbaumaßnahmen im Bundesfernstraßenbau erstreckt sich über zahlreiche Einzelschritte. Grundsätzlich können bis zur Baureife fünf aufeinander folgende Planungsphasen unterschieden werden:

- Bedarfsplanung
- Linienbestimmung
- Entwurfsplanung
- Planfeststellungsverfahren
- Ausführungsplanung

Das Planfeststellungsverfahren begründet sich auf §17 Fernstraßengesetz (FStrG): „Bundesstraßen dürfen nur gebaut oder verändert werden, wenn der Plan vorher festgestellt ist.“ Neben dem Plan-

feststellungsbeschluss ist allerdings auch die finanzielle Sicherung des Projektvolumens über den Bundeshaushalt in Form eines Straßenbauplans (§3 Straßenbaufinanzierungsgesetz (StrFinG)) erforderlich. Liegen die planerische und die finanzielle Freigabe vor, kann die Straßenbauverwaltung mit der Einleitung der Ausführungsplanung und damit mit der Planung des Ausführungszeitraumes beginnen.

Die bauliche Erhaltung von Straßen beinhaltet die Instandhaltung, die Instandsetzung und die Erneuerung der Straßenoberfläche und -befestigung. Der Bedarf für Erhaltungsmaßnahmen wird über eine turnusmäßig durchgeführte Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) ermittelt. Über eine Abwägung unter Berücksichtigung von verschiedenen Schadensbildern, Zukunftsprognosen, Erhaltungsmaßnahmen und Erhaltungsstrategien sowie von Budgetbegrenzungen wird ein kurz- bis mittelfristiges Erhaltungsprogramm erarbeitet und beschlossen. Der Neu-, Aus- und Umbau sowie die bauliche Erhaltung von Straßen machen überwiegend Arbeitsstellen nötig, die länger als einen Kalendertag durchgehend und ortsfest aufrecht erhalten werden (Bild 2-1). Diese werden nach den Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen (RSA, BMV, 1995) als Arbeitsstellen längerer Dauer (AID) bezeichnet.

Die Verwaltung der Bundesfernstraßen, die u. a. Neu-, Ausbau und Erhaltung umfasst, wird nach Art. 90 Abs. 2 Grundgesetz (GG) von den Ländern im Auftrag des Bundes durchgeführt. Die Auf-

Erhaltung	Betriebliche Erhaltung	Kontrolle	Arbeitsstellen kürzerer Dauer
		Betriebliche Unterhaltung	
	Bauliche Erhaltung	Bauliche Unterhaltung	Überwiegend Arbeitsstellen längerer Dauer
		Instandsetzung	
		Erneuerung	
	Aus- und Umbau		
Neubau			

Bild 2-1: Bau und Erhaltung von Bundesfernstraßen

stellung und Koordinierung von Bauprogrammen sowie die Planung von Eingriffen in den Verkehrsraum ist in vielen Ländern durch unterschiedliche Zuständigkeiten und Organisationsabläufe gekennzeichnet. Generell ist nach §45 (2) Straßenverkehrsordnung (StVO) die Straßenbaubehörde für die Verkehrsregelung im Rahmen eigener Baumaßnahmen zuständig. Die Straßenverkehrsbehörde besitzt jedoch nach §45 (1) StVO einen Eingriffsvorbehalt bei allen StVO-Maßnahmen der Straßenbaubehörden. Die Zuordnung und Organisation von Straßenverkehrs- und Straßenbaubehörde ist in den einzelnen Ländern unterschiedlich geregelt. Bild 2-2 zeigt die verschiedenen Organisationsformen der Straßenbaubehörden.

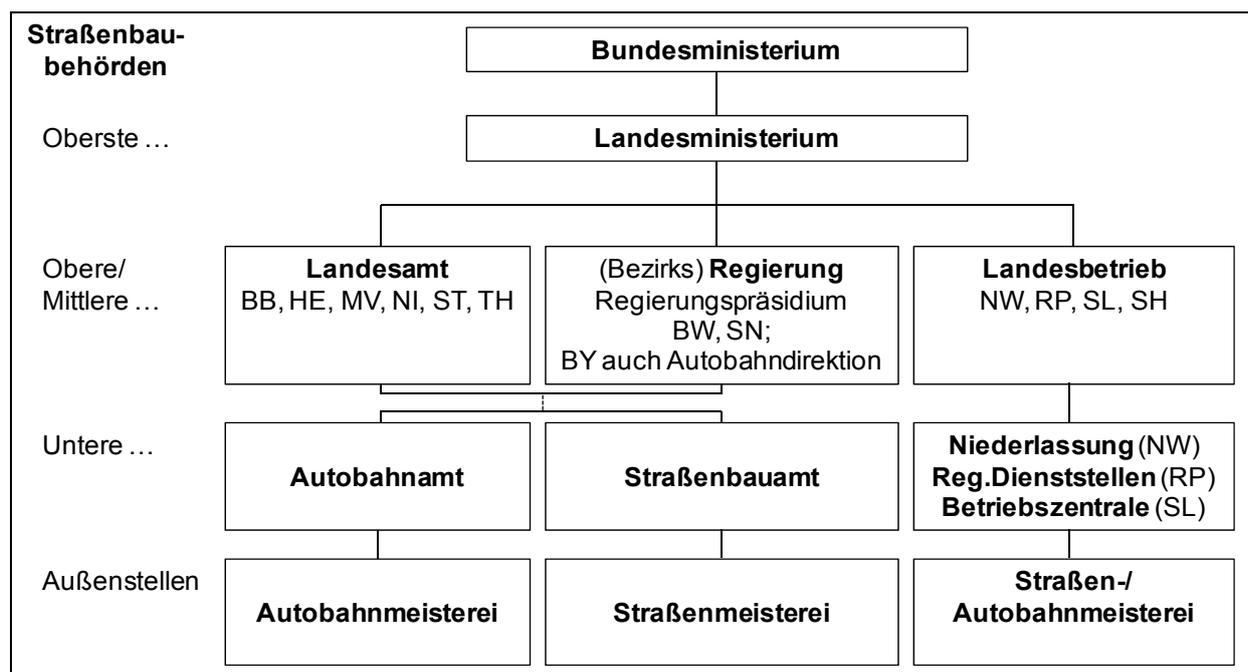


Bild 2-2: Organisation der Straßenbauverwaltungen der Länder (nach BMV, 2004)

Die Aufstellung der Baubetriebsplanung wird im Folgenden am Beispiel des Landes Nordrhein-Westfalen nachvollzogen. Die Autobahnniederlassungen Hamm und Krefeld sowie die Regionalniederlassungen erstellen ihre jeweiligen Bauprogramme (Erhaltungs-, Aus- und Neubaumaßnahmen). Durch die Abteilung MPM (Multi-Projektmanagement) des Betriebssitzes werden in den jährlichen Bauprogrammbesprechungen der voraussichtliche Verfügungsrahmen grob festgelegt und die Bauprogramme diesbezüglich angepasst. Die Planung, Ausschreibung und Durchführung erfolgt durch die jeweiligen Niederlassungen, ggf. unter Mitwirkung des Betriebssitzes.

Bereits in dieser Phase findet eine verkehrliche Optimierung von Maßnahmen unter Berücksichtigung von netzweiten Effekten, Maßnahmenreihungen und Bauverfahren statt. Die Niederlassungen sind damit auch für die Eingabe der Daten zur Baubetriebsmeldung verantwortlich. Im Betriebssitz wird die Baubetriebsplanung koordiniert und die Baubetriebsmeldungen werden zusammengeführt. Zuletzt erfolgt die Meldung der Baubetriebsplanung an den Bund. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung erteilte in der Vergangenheit einen Gesehenvermerk, der jedoch mit dem ARS 04/2011 (BMVBS, 2011a) in eine Prüfung im Einzelfall umgewandelt wurde.

Als Erkenntnis aus der Länderumfrage ist festzuhalten, dass das am Beispiel Nordrhein-Westfalen erläuterte Vorgehen exemplarisch für den größten Teil der Bundesländer ist. Die Festlegung der Zeiträume für Arbeitsstellen längerer Dauer erfolgt zumeist in der unteren Straßenbaubehörde (Niederlassung, Straßenbauamt, usw.). Die verkehrliche Bewertung und die Koordination verschiedener Maßnahmen werden i. d. R. nicht durch die planende Organisationseinheit, sondern durch eine übergeordnete Einheit zumeist in der oberen Straßenbaubehörde durchgeführt. Diese Einheit erstellt auch die Unterlagen zur Baubetriebsplanung und übermittelt diese an das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Teilweise findet auf Ebene der obersten Baubehörde eine Prüfung der Daten statt.

2.2 Vorgaben des Bundes und der Länder

Für die Baubetriebsplanung von Arbeitsstellen längerer Dauer auf Bundesfernstraßen existieren Vorgaben, die im Jahr 2011 durch eine Bund/ Länder-Arbeitsgruppe unter Leitung der Bundesanstalt für Straßenwesen im „Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen“

(BMVBS, 2011a) aktualisiert und zentral dokumentiert wurden.

Der Leitfaden Arbeitsstellenmanagement ersetzt die bislang genutzten Richtlinien zur Baubetriebsplanung auf Bundesautobahnen (RBAP, BMV, 1996) und die Regelungen zur Bauzeitverkürzung auf Bundesautobahnen (ARS 04/2008, BMVBW, 2008) und wurde durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung mit dem ARS 04/2011 (BMVBS, 2011a) eingeführt. Die Bundesländer führen derzeit den Leitfaden auf Länderebene ein und geben ihn zur Anwendung vor. Zum Stand der Befragung (Juni/Juli 2012) war der Leitfaden lediglich in einem Bundesland noch nicht eingeführt. Über den Leitfaden hinaus geben die Länder teilweise ergänzende Regelungen heraus. Diese betreffen jedoch überwiegend die Schätzung von Bauzeiten oder die Erstellung und Anwendung von Sperrzeitenkatalogen. Die Vorgaben der Baubetriebsplanung bzgl. der Planung von Arbeitsstellen längerer Dauer und deren verkehrlicher Bewertung gelten in allen Bundesländern unverändert.

Im Leitfaden sind Vorgaben zur „Umsetzung eines wirksamen Arbeitsstellenmanagements auf Bundesautobahnen zur weitgehenden Bereitstellung des Verkehrsraums bei gleichzeitiger Wirtschaftlichkeit der durchzuführenden Arbeiten“ enthalten (ARS 04/2011).

Im Einzelnen finden sich Hinweise zum Arbeitsstellenmanagement

- im Leitfaden selbst,
- in den fortlaufend aktualisierten Ausführungshinweisen zum Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen (BMVBS, 2011a) und
- in den Hinweisen auf ergänzende Regelungen im einführenden ARS 04/2011.

Der Begriff „Arbeitsstellenmanagement“ wird nach BMVBS (2011a) definiert als „alle Tätigkeiten bei der Planung von Arbeitsstellen, der Ausschreibung, Vergabe und Genehmigung der Arbeiten, dem Einrichten, Durchführen und Räumen von Arbeitsstellen einschließlich der Verkehrsführung und Verkehrsbeeinflussung bei Arbeitsstellen sowie die begleitende Information der Verkehrsteilnehmer über die Auswirkungen von Arbeitsstellen.“

Im Bereich der Planung von Arbeitsstellen werden der Straßenbauverwaltung verschiedene Maßnahmen und Strategien zur optimierten Auswahl von Verkehrsführung und Ausführungszeitraum sowie zur Koordination verschiedener Arbeitsstellen an die Hand gegeben. Der Vergleich der

Ausführungsvarianten wird mittels einer Bewertung der verkehrlichen Auswirkungen durchgeführt. Für eine Vorabschätzung der verkehrlichen Auswirkungen wurden streckenspezifische Sperrzeitenkataloge entwickelt, die Ausschlusszeiten für Arbeitsstellen kürzerer Dauer vorgeben. Für eine detaillierte Schätzung soll in Zukunft das im vorliegenden Forschungsvorhaben zu entwickelnde IT-gestützte Bewertungsverfahren zum Einsatz kommen. Für die Übergangszeit wird in den Ausführungshinweisen zum Leitfaden Arbeitsstellenmanagement (BMVBS, 2011b) eine leicht modifizierte Version des Verfahrens nach RBAP (BMV, 1996) angeboten.

Die Planungsdaten der Arbeitsstelle inklusive der Ergebnisse der verkehrlichen Bewertung sind für alle Arbeitsstellen längerer Dauer mit Arbeiten an vier oder mehr Kalendertagen an das BMVBS zu melden (ARS 04/2011). Das Schnittstellenformat wird durch das Arbeitsstellen-Listenblatt in den Ausführungshinweisen (BMVBS, 2011b) definiert. Die Meldung der Arbeitsstellen erfolgt spätestens zwei Monate vor Veröffentlichung der Ausschreibung, umfasst alle bereits geplanten Maßnahmen der nächsten zwölf Monate und ist mindestens quartalsweise an das BMVBS zu übermitteln (ARS 04/2011).

Die Baubetriebsmeldung wird über das Arbeitsstellen-Listenblatt abgewickelt (BMVBS, 2011a). Dieses enthält derzeit insgesamt 33 Informationen zu folgenden Parametern:

- Identifikation der Maßnahme,
- Anfangspunkt,
- Endpunkt,
- umliegende Anschlussstellen,
- Bauzeitraum,
- Parameter der Arbeitsstelle (Verkehrsführung, zul. Höchstgeschwindigkeit, Anzahl der Fahrstreifen, Art der Maßnahme, Betriebsform, DTV),
- Ergebnisse der verkehrlichen Bewertung.

Wird eine Arbeitsstelle in mehrere Bauabschnitte oder Verkehrsführungsphasen aufgeteilt, so müssen mehrere Meldungen angelegt werden. Über das Arbeitsstellen-Listenblatt hinaus werden weitere Informationen in einem Ergänzungsblatt übermittelt. Die Informationen betreffen die Dauer der Baumaßnahme und die eingesetzten Maßnahmen zur Bauzeitverkürzung. Das Informationsblatt dient der retrospektiven Auswertung, während der Planungsphase ist es jedoch schon mit geschätzten/geplanten Werten zu füllen.

2.3 Maßnahmen und Strategien zur Planung von Arbeitsstellen

Im Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen werden verschiedene Maßnahmen vorgestellt, deren Anwendung zur Optimierung von Einzelmaßnahmen und zur netzweiten Koordinierung empfohlen wird. Wird mittels des verkehrlichen Bewertungsverfahrens festgestellt, dass die Arbeitsstelle voraussichtlich Kapazitätsüberschreitungen und damit Stauereignisse auslösen wird, so sind die Anwendbarkeit der beschriebenen Maßnahmen zu prüfen und die zu erwartenden Auswirkungen auf den Verkehrsablauf zu quantifizieren.

In der Länderabfrage sollte festgestellt werden, ob neben der verkehrlichen Bewertung auch weitere Kriterien für die Beurteilung einer Arbeitsstelle herangezogen werden. Dabei zeigte sich, dass sich neun von 13 Ländern an den Grenzwerten des Bundes für die verkehrliche Bewertung orientieren. Noch häufiger (in jeweils zehn von 13 Ländern) werden kritische Arbeitsstellen anhand von räumlichen Verdichtungen in Karten oder anhand von zeitlichen Verdichtungen in Balkenplänen identifiziert. In keinem Bundesland existieren hingegen eigene – von der Vorgabe des Bundes abweichende – Grenzwerte für das Ergebnis der verkehrlichen Bewertung.

Im Weiteren werden die Maßnahmen gemäß dem Leitfaden Arbeitsstellenmanagement beschrieben (BMVBS, 2011a). Der Fokus der Beschreibung liegt dabei auf Maßnahmen für Arbeitsstellen längerer Dauer und ihren Auswirkungen auf den Verkehrsablauf. Für die Optimierung einer einzelnen Baumaßnahme sind folgende Maßnahmen in Betracht zu ziehen:

- **Verkehrsführung:** Die Festlegung der Verkehrsführung determiniert bei gegebenen befestigten Fahrbahnbreiten (einschließlich einer möglichen provisorischen Verbreiterung) die Fahrstreifenanzahl in der Arbeitsstelle und die Behelfsfahrstreifenbreite. Diese haben direkten Einfluss auf die Arbeitsstellenkapazität. Darüber hinaus kann die Bauzeit bei verschiedenen Verkehrsführungen unterschiedlich ausfallen; bei einer Freihaltung einer gesamten Richtungsfahrbahn (z. B. mit 4+0-Verkehrsführung) ist mit kürzeren Bauzeiten zu rechnen.
- **Betriebsform:** Die Betriebsform definiert die Summe der täglichen Arbeitszeit und damit die Gesamtbauzeit. Daneben kann auch ausschließlich Nachtarbeit angeordnet werden. In diesem Fall steht über Tag eine erhöhte

Arbeitsstellenkapazität zur Verfügung. In Betracht zu ziehen ist auch eine konzentrierte Durchführung der Arbeitsstelle am Wochenende.

- Ausführungszeitraum: Anhand der Jahresganglinie der Verkehrsnachfrage kann die Gesamtbauzeit in der Art verschoben werden, dass die verkehrlichen Auswirkungen möglichst minimal werden. Einrichtungs-, Umrüstungs- und Abbauzeitraum sollten nicht mit Spitzenverkehrstagen zusammenfallen.
- Vollsperrung: Die Vollsperrung einer Fahrbahn zur hochkonzentrierten Durchführung einer Baumaßnahme hat erheblichen Einfluss auf die Bauzeit. Es ist jedoch zu prüfen, ob die Alternativrouten in diesem Zeitraum über eine ausreichende Kapazität verfügen.

Zur Koordination der verschiedenen Baumaßnahmen im Netz werden nach BMVBS (2011a) folgende Maßnahmen empfohlen:

- Strategische Arbeitsstellenplanung: Arbeitsstellen sind so zu planen, dass alternative Routen in Netzmaschen freizuhalten sind. Dazu sind Abstimmungen mit benachbarten Bundesländern vorzunehmen.
- Wahl der Arbeitsstellenlänge und Arbeitsstellenabstände: Die Zusammenfassung verschiedener Baumaßnahmen zu einer Arbeitsstelle (bis max. 12 km) bzw. die Aneinanderreihung mehrerer Arbeitsstellen (mit mindestens 5 km Abstand) stellt eine Möglichkeit dar, die verkehrlichen Einschränkungen auf einem Netzabschnitt zu konzentrieren.

Im Rahmen der Länderbefragung wurde erhoben, welche Maßnahmen des Leitfadens in den jeweiligen Bundesländern eingesetzt werden. Die Anzahl der Nennungen ist in Bild 2-3 dargestellt.

Es zeigt sich, dass im Wesentlichen mit der Verschiebung des Ausführungszeitraums und mit Veränderung von Verkehrsführung und Betriebsform operiert wird. Die weiteren Maßnahmen werden überwiegend in Ländern mit verdichteten Netzen und hohen Verkehrsbelastungen eingesetzt. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die im Leitfaden vorgeschlagenen Maßnahmen angewendet werden, wenn die verkehrlichen Auswirkungen dies notwendig erscheinen lassen. Einen Sonderfall bildet das Freihalten von Alternativrouten. Dieses wird in allen Bundesländern praktiziert, in denen Netzmaschen vorhanden sind.

Über die im Leitfaden genannten „Wochenendmaßnahmen“ hinaus gibt es weitere Ansätze in den Ländern, die ebenfalls das Ziel haben, zu Spitzenzeiten erhöhte Arbeitsstellenkapazitäten zur Verfügung zu stellen. Hier ist z. B. eine temporäre 2+1-Verkehrsführung zu nennen, bei der ein Fahrstreifen jeweils zur Morgen- bzw. Abendspitze in der stärker belasteten Richtung freigegeben wird (BEYER, 2012). Ein anderer Ansatz ist die Schaffung zusätzlichen Arbeitsraums, indem im Rahmen von Nachtbaustellen ein Fahrstreifen dem Verkehr entzogen wird (z. B. STRASSEN.NRW, 2011).

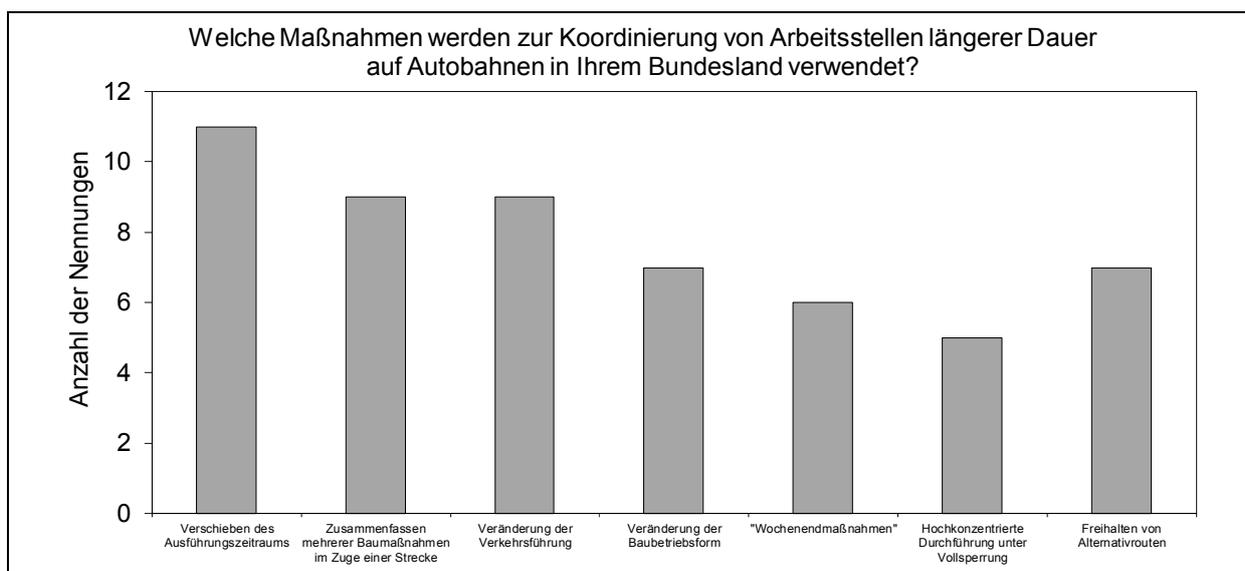


Bild 2-3: Angewendete Maßnahmen zur Koordinierung von Arbeitsstellen längerer Dauer auf Autobahnen (13 befragte Bundesländer, Mehrfachnennungen möglich)

2.4 Verfahren zur Bewertung verkehrlicher Auswirkungen

Die Bewertung der verkehrlichen Auswirkungen von Arbeitsstellen wird zumeist im Rahmen des Baustellenmanagements oder in Wirkungsanalysen durchgeführt. Es existieren Ansätze zur Modellierung von Arbeitsstellen längerer und kürzerer Dauer, die sich im Wesentlichen durch die Eingangsdaten (Verkehrsnachfrage, Kapazität, usw.) und eher selten durch die Modelle zur Staube-rechnung unterscheiden. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, ein Bewertungsverfahren für die verkehrlichen Auswirkungen von AID ≥ 4 Tagen zu entwickeln. Dennoch werden in der Grundlagenanalyse auch AkD betrachtet, um möglicherweise übertragbare Erkenntnisse zu erlangen. Die verkehrlichen Auswirkungen werden zeitlich zumeist weit vor dem Eingriff in den Verkehrsraum berechnet. Abzugrenzen sind die hier beschriebenen Verfahren daher von den Steuerungs-algorithmen der kollektiven Verkehrsbeeinflussung, die unter Verwendung von Online-Daten z. B. Fahrtzeitverluste schätzen.

Das derzeit aktuelle Verfahren zur erforderlichen Berechnung der verkehrlichen Auswirkungen im Rahmen der Baubetriebsplanung ist in den Ausführungshinweisen zum Leitfaden Arbeitsstellenmanagement (BMVBS, 2011b) beschrieben. Es basiert auf der aktualisierten Methodik der RBAP (BMV, 1996). Das Verfahren ist ein Handrechenverfahren, das in einem Formblatt bearbeitet werden kann. Die Berechnung der verkehrlichen Aus-

wirkungen findet durch einen Vergleich der Verkehrsnachfrage in der Spitzenstunde mit der Arbeitsstellenkapazität für einen Normalwerktag (Dienstag bis Donnerstag) und für den Spitzentag der Woche statt. Die maßgebenden Verkehrsnachfragewerte sollen richtungsgetreunt aus Referenzganglinien geschätzt werden. Für die Spitzenstunde muss auch der zugehörige Schwerverkehrsanteil b_{SV} ermittelt werden.

Unter Berücksichtigung eines längsneigungsabhängigen Geländefaktors f_G , dessen Wertebereich zwischen 1,5 und 2,5 liegt, erfolgt eine Umrechnung in die Verkehrsnachfrage q_{PE} .

$$q_{PE} = q \cdot \left(1 + \frac{b_{SV}}{100} \cdot (f_G - 1) \right) \quad (2-1)$$

mit:

- q_{PE} = Verkehrsnachfrage in der Spitzenstunde [Pkw-E/h]
- q = Verkehrsnachfrage in der Spitzenstunde [Kfz/h]
- b_{SV} = Schwerverkehrsanteil [%]
- f_G = Geländefaktor [-]

Zur Berechnung der Kapazität werden auf eine fahrstreifenbreitenbezogene Grundkapazität Reduktionsfaktoren für eine Überleitung (ÜL), eine Fahrstreifenreduktion (RFS) und einen hohen Anteil ortsunkundiger Fahrer (OU) angesetzt.

Die Gesamtkapazität C_{PE} des Querschnitts ergibt sich durch Multiplikation der fahrstreifenbezogenen

	Reduktionsfaktor	Kapazität $C_{PE,FS}$ [Pkw-E/h/FS]	
		$b_{FS,Lkw} \geq 3,25$ m oder $b_{FS,Lkw} \geq 2,75$ m	$2,75$ m > $b_{FS,Lkw} \geq 2,50$ m
Grundwerte der Kapazität in Abhängigkeit von der Fahrstreifenbreite	1,00	1830	1720
Reduzierung der Kapazität durch:			
ÜL oder RFS	0,95	1740	1630
ÜL und RFS	0,95·0,95	1650	1550
OU	0,9	1640	1550
OU und ÜL / OU und RFS	0,9·0,95	1560	1470
OU und ÜL und RFS	0,9·0,95·0,95	1480	1400
mit ÜL Überleitung auf die Gegenfahrbahn			
RFS Reduktion der Anzahl der Fahrstreifen vor der Arbeitsstelle			
OU Ortsunkundige, d. h. der geschätzte Anteil des berufsbedingten Verkehrs liegt unter 50%			

Tab. 2-1: Richtwerte für die Ermittlung der Kapazität eines Fahrstreifens an Arbeitsstellen unter verschiedenen Randbedingungen (BMVBS, 2011a)

Kapazität $C_{PE,FS}$ mit der Anzahl der Fahrstreifen. Die aus dem Vergleich von Verkehrsnachfrage und Kapazität auf einen Fahrstreifen normierte Differenz S_{Diff} [Pkw-E/h/FS] stellt die Beurteilungskenngröße für die verkehrlichen Auswirkungen dar.

$$S_{Diff} = \frac{(q_{PE} - C_{PE})}{n_{FS}} \quad (2-2)$$

mit:

S_{Diff} = Differenz zwischen Verkehrsnachfrage und Kapazität [Pkw-E/h/FS]

q_{PE} = Verkehrsnachfrage in der Spitzenstunde [Pkw-E/h]

C_{PE} = Kapazität [Pkw-E/h]

n_{FS} = Anzahl der Fahrstreifen [-]

Ist S_{Diff} kleiner als -100 Pkw-E/h/FS, so werden keine verkehrlichen Auswirkungen erwartet und es sind keine Maßnahmen erforderlich. Liegt S_{Diff} zwischen -100 und 200 Pkw-E/h/FS, so ist von einer geringen Staugefahr auszugehen. In diesem Fall reicht als Maßnahme eine Medien-Information aus. Übersteigt S_{Diff} einen Wert von 200 Pkw-E/h/FS, werden starke Verkehrsbehinderungen prognostiziert. Hier müssen alternative Ausführungsvarianten geprüft und dargestellt werden.

Das Verfahren nach BMVBS (2011b) hat durch die getroffenen Vereinfachungen den Nachteil, dass die Bewertung auf der Verkehrsnachfrage einer einzigen Stunde basiert. Darüber hinaus stellt S_{Diff} eine Kenngröße dar, die im Gegensatz zu Größen wie Fahrtzeitverlust, Staudauer oder Staulänge nur schwer verständlich ist. Zudem können viele im Arbeitsstellenmanagement eingesetzte Optimierungsmaßnahmen mit dem Verfahren nicht überprüft werden.

Im Rahmen der Baubetriebsmeldung sind die Berechnungsergebnisse des Verfahrens dem BMVI zu übermitteln. Daher wird das Verfahren in allen Bundesländern angewendet. In zwei Ländern findet die Berechnung manuell statt, in einem Land wird eine Berechnung mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms (Microsoft Excel) durchgeführt. Sieben Länder setzen die Software DSB-KB5 (Fa. Heller) ein, die den Prozess der Baubetriebsplanung EDV-technisch umsetzt. Drei Länder (BY, HE, NW) haben eigene Baustellenmanagementsysteme im Einsatz, in denen z. B. Netz- und Verkehrsdaten hinterlegt sind. Diese bieten teilweise neben der Berechnung von S_{Diff} auch weitere Staukenngrößen zur Bewertung an. In acht der befragten Bundesländer wird das Verfahren zur verkehrlichen Bewertung auch dazu genutzt, Ausführungsvarianten zu vergleichen.

Das Land Hessen setzt bereits seit 2003 ein Baustellenmanagementsystem ein, das 2011 zum Slotmanagementsystem weiterentwickelt wurde (RIEGELHUTH, 2012). Die verkehrliche Bewertung beruht im Kern auf dem Verfahren, das zunächst für Tagesbaustellen entwickelt wurde (KIRSCHFINK und RIEGELHUTH, 2003). Die Abbildung der Verkehrsnachfrage erfolgt anhand der Auswertung von historischen Ganglinien, die für einzelne Tagesgruppen, aber auch für spezielle Tage (z. B. Messetage) abgelegt und fortgeschrieben werden. Die Zuordnung erfolgt über einen laufend gepflegten Ereigniskalender.

Die verwendeten Kapazitäten und das Staumodell wurden von BECKMANN und ZACKOR (2001) übernommen. Das von BECKMANN und ZACKOR verwendete Staumodell stellt ein deterministisches Warteschlangenmodell dar. Durch die Bilanzierung von Verkehrsnachfrage und Kapazität wird eine Warteschlange am Ende des betrachteten Intervalls berechnet und im Mittel auf alle Fahrzeuge des Intervalls umgelegt. Mit Hilfe der mittleren Warteschlange im betrachteten Intervall kann die mittlere Wartezeit eines einzelnen Fahrzeugs berechnet werden:

$$t_{W,m} = \frac{M_{S,m}}{C_B} \quad (2-3)$$

mit:

$t_{W,m}$ = Mittlere Wartezeit pro Fahrzeug im betrachteten Intervall [h]

$M_{S,m}$ = Mittlere Warteschlange im betrachteten Intervall [Kfz]

C_B = Kapazität des Baustellenengpasses [Kfz/h]

Die Summe der Wartezeiten je Fahrzeug ergibt die Verlustzeit des Fahrzeugkollektivs. Staulängen können mit dem von BECKMANN und ZACKOR (2001) beschriebenen Modell über einen Bezug zur Verkehrsdichte im Stau berechnet werden:

$$L_{S,m} = \frac{M_{S,m}}{k} \quad (2-4)$$

mit:

$L_{S,m}$ = Mittlere Rückstaulänge im betrachteten Intervall [km]

$M_{S,m}$ = Mittlere Warteschlange im betrachteten Intervall [Kfz]

k = Verkehrsdichte im Stau [Kfz/km]

Als Kenngrößen für die Auswirkungen einer Baustelle auf den Verkehrsablauf wurden im hessischen Baustellenmanagementsystem zunächst die maximale Staulänge, die maximale Verlustzeit und die Summe aller Fahrzeugstunden im Stau be-

rechnet. Verkehrsnachfrage und Kapazität können durch Zuordnung von „Risikostufen“ in unterschiedlichem Maße veranschlagt werden. Die entwickelte Software ermöglicht die Prüfung der verkehrlichen Auswirkungen von verschiedenen Szenarien, in denen Ausführungszeitpunkt und -dauer variiert werden können (vgl. Bild 2-4).

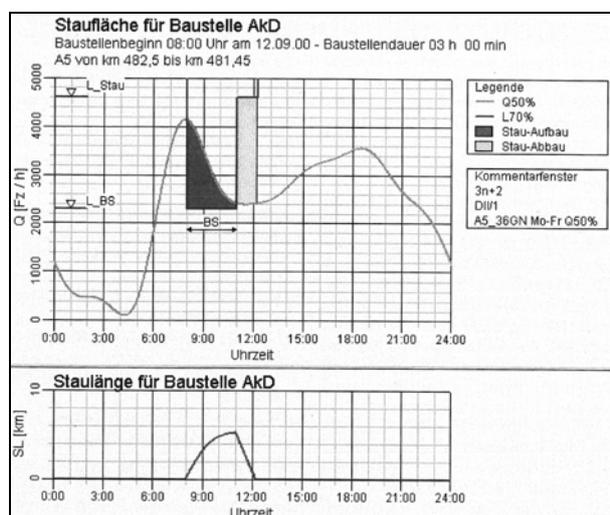


Bild 2-4: Ergebnisanzeige Baustellenmanagement Hessen (KIRSCHFINK und RIEGELHUTH, 2003)

Die Weiterentwicklung zum Slotmanagementsystem vereint die Bearbeitung von Arbeitsstellen kürzerer und längerer Dauer hinsichtlich Baustellenplanung, -koordination, -genehmigung und -information (RIEGELHUTH, 2012). Das Slotmanagement berechnet anhand des o.g. Verfahrens die volkswirtschaftlichen Kosten aus Fahrtzeitverlusten infolge einer geplanten Maßnahme. Diese Kenngröße gilt als Vergleichsgröße zwischen Ausführungsvarianten und sollte idealerweise bei Null liegen. Netzmaschen werden definiert, indem jedem Streckenabschnitt korrespondierende Ausschlussstrecken zugewiesen werden. Befinden sich auf diesen Ausschlussstrecken bereits AID oder AkD zum gleichen Zeitpunkt, wird dem Anwender der Slot verweigert, eine Eingabe ist also gar nicht möglich. Der Genehmigungsprozess ist größtenteils im Slotmanagement-Tool automatisiert abgebildet. Dies führt z. B. dazu, dass im Falle von Fahrstreifenreduktionen, Ein- und Ausfahrten ohne Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsstreifen, Abständen zwischen Arbeitsstellen < 5 km, Geschwindigkeitsbeschränkungen < 80 km/h, Sperrungen von Autobahnen bzw. Fahrbeziehungen, Anhalten des Verkehrs, Arbeitsstellen mit einer Länge > 9 km sowie Breite der Hauptfahrstreifen < 3,25 m automatisch die Zustimmung der Verkehrsbehörde erforderlich wird.

In Nordrhein-Westfalen wird derzeit das Baustelleninformationssystem NWBIS aufgebaut (HINKEL, 2012). Ein Prototyp ist bereits im Einsatz. In dem System findet die Datenerfassung, -haltung und -auswertung für Arbeitsstellen kürzerer und längerer Dauer statt. Das System greift automatisch auf Netzdaten und perspektivisch auch auf Verkehrsdaten der Verkehrszentrale zurück. Für Arbeitsstellen längerer Dauer wird die verkehrliche Bewertung nach BMVBS (2011b) durchgeführt. Im Falle von Arbeitsstellen kürzerer Dauer wird ein so genanntes „vereinfachtes Verfahren“ angewendet:

$$f = \frac{(\max q_{\text{regulär}} - \max q_{\text{Baustelle}})}{\max q_{\text{Baustelle}}} \cdot 60 \text{ [min]} \quad (2-5)$$

mit:

$\max q_{\text{regulär}}$ = maximale stündliche Verkehrsstärke im Zeitraum der AkD [Kfz/h]
 $\max q_{\text{Baustelle}}$ = Kapazität der Baustelle [Kfz/h]

Das „vereinfachte Verfahren“ entspricht damit einem deterministischen Warteschlangenmodell mit deterministischen Eingangsgrößen, das die Auswirkungen einer Überlastung auf die nächsten Intervalle nicht berücksichtigt. Die verwendeten Arbeitsstellenkapazitäten sind tabellarisch abgelegt und nach Fahrstreifenzahl, Verkehrsführung, Ballungsraumkriterium und Helligkeit differenziert.

Im NWBIS stehen dem Anwender zahlreiche Hilfsmittel zur Verfügung, die zur Baustellenkoordination eingesetzt werden können. Neben Zeitplänen in Form von Balkenplänen ist hier die Netzkarte zu nennen (Bild 2-5), mit deren Hilfe eine visuelle Überprüfung der Freihaltung von Netzmaschen stattfindet.

Das Baustelleninformationssystem, das derzeit im Land Bayern eingesetzt wird, ist ein Instrument zur besseren Ablaufplanung von Arbeitsstellen kürzerer und längerer Dauer. Anhand einer Kartendarstellung können Arbeitsstellen lokalisiert und visualisiert werden. Darüber hinaus dient das System als Dokumentation von Arbeitsstellen im Rahmen eines Sperrbuchs. Die Berechnung der verkehrlichen Auswirkungen findet unter Verwendung des Verfahrens nach RBAP (BMV, 1996) statt. In Teilen des Netzes ist eine Koppelung von Baustelleninformationssystem und Verkehrsdatenerfassung vorhanden, so dass DTV-Werte und Ganglinien der jeweiligen Streckenabschnitte als Eingangsdaten in die verkehrliche Bewertung verwendet werden können.

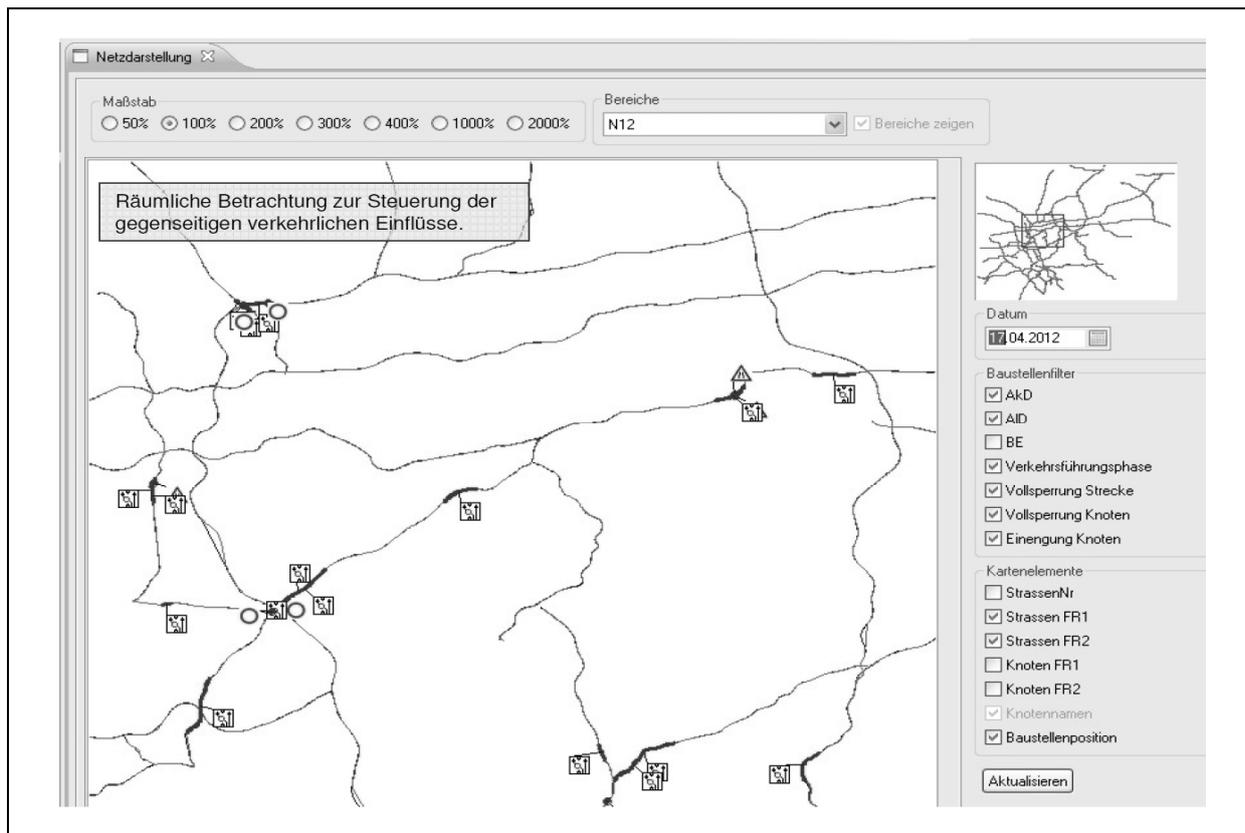


Bild 2-5: Netzmaschendarstellung im NWBIS (Hinkel, 2012)

In der Forschung werden seit längerem IT-gestützte Verfahren zur Schätzung der Stauwirkung von Arbeitsstellen verwendet, die eine Bewertung auf Basis längerer Zeiträume ermöglichen. Zur Abbildung der Verkehrsnachfrage werden typisierte oder reale Verkehrsstärkeganglinien oder Dauerlinien verwendet.

BOLTE und POLLMANN (1984) beschreiben einen Ansatz zur Schätzung von Auswirkungen von Baustellen auf den Verkehrsablauf durch ein deterministisches Kontinuumsmodell, in dem die Stauentwicklung durch Stoß- und Stauwellen abgebildet wird. Das Modell nutzt typisierte Nachfrageganglinien und Kapazitäten, die je nach Arbeitsstellengestaltung mit Reduktionsfaktoren belegt wurden, in Stunden-Intervallen. Zum Vergleich verschiedener Ausführungsvarianten wurden die Zeitverluste in Kfz-h sowie deren monetäre Bewertung den Betriebskosten gegenübergestellt.

RESSEL (1994) entwickelte zwei Ansätze zur Einschätzung der verkehrlichen Auswirkungen von Arbeitsstellen. Zum einen wird ein probabilistisches Warteschlangenmodell beschrieben, das auf betaverteilten Zeitlückenverteilungen basiert. Die Eingangsdaten der Ankunftsverteilung werden damit zufällig variiert. Zum anderen wird unter Verwendung eines deterministischen Warteschlangen-

modells ein Bewertungsmodell aufgebaut, das als Kenngrößen der Stauentwicklung Rückstaulängen, Zeitverluste und den zusätzlichen Kraftstoffverbrauch in beliebigen Intervallgrößen ausgibt. Die verwendeten Kapazitäten wurden von RESSEL (1994) in einer empirischen Untersuchung für verschiedene Verkehrsführungen bestimmt.

BECKMANN und ZACKOR (2001) erarbeiteten eine Softwarelösung (SAB – Stauprognose an Autobahnbaustellen) unter Anwendung eines deterministischen Kontinuumsmodells in Stunden-Intervallen. Die Verkehrsnachfrage wird in Form von historischen DTV-Werten und typisierten Ganglinien (Mittel- und Langfristprognose) oder aktuellen Realdaten (Kurzfristprognose) eingebracht. Für die Kapazität wird ein modifiziertes Verfahren nach RBAP (BMV, 1996) bereitgestellt, das über dieses hinaus den Einfluss von kurzen Steigungsstrecken, Urlaubsverkehr, widrigen Witterungsbedingungen und dem Schwerverkehranteil berücksichtigt. Das Verfahren zur Kapazitätsermittlung wurde anhand von empirischen Untersuchungen von Arbeitsstellen längerer und kürzerer Dauer kalibriert und validiert. Die Bewertungsgrößen sind Staulänge, Staudauer und Zeitverlust (vgl. Bild 2-6).

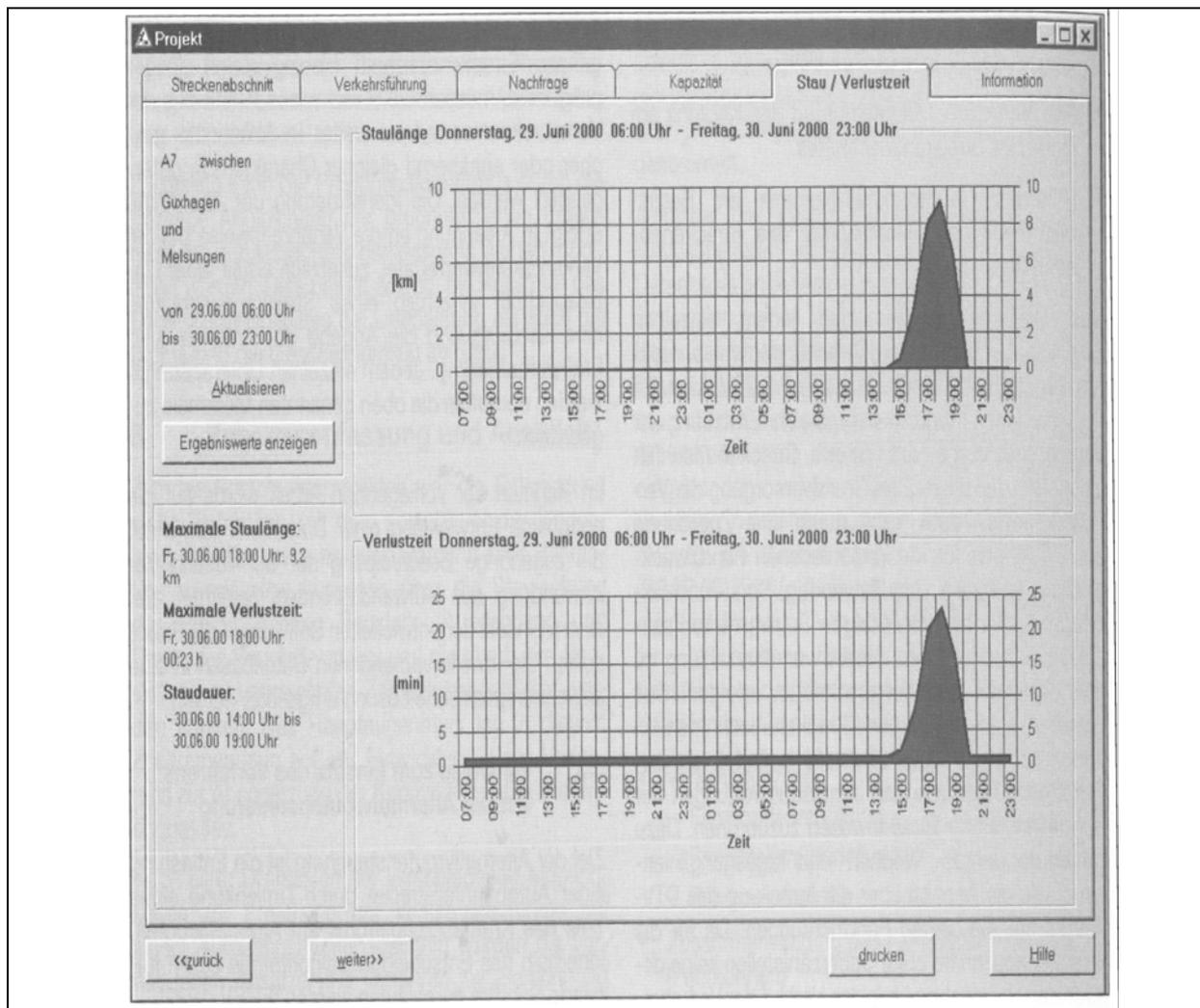


Bild 2-6: Ergebnisanzeige SAB (BECKMANN und ZACKOR, 2001)

OBERSUNDERMEIER und OTTO (2003) entwickelten aufbauend auf der Software von BECKMANN und ZACKOR (2001) die Software QuantAS, mit der eine bundesweite Schätzung der Fahrzeitverluste an Arbeitsstellen für die Jahre 1998 und 2000 erfolgte. Neben den Zeitverlusten durch Überlastungen werden hier auch Zeitverluste durch Geschwindigkeitsbeschränkungen im Arbeitsstellenbereich berechnet. Die Referenzgeschwindigkeit wird hierfür zu 130 km/h angenommen. Das bestehende Berechnungsmodell wurde in einigen Punkten verfeinert. So wurden die typisierten Nachfrageganglinien von PINKOFSKY (2002) durch eine Unterscheidung von Sommer-DTV und Winter-DTV differenziert (Verhältnis 1:0,9). Darüber hinaus werden zufällige Nachfrageschwankungen durch eine Verrauschung der Nachfrage mit einem Variationskoeffizient von 10 % abgebildet. Der Schwerverkehrsanteil, der aus den Ganglinien von PINKOFSKY (2002) nicht hervorgeht, wird dadurch nachgebildet, dass am

Wochenende ein SV-Anteil von 5 % unterstellt wird. Der SV-Anteil an Wochentagen ergibt sich dann zu:

$$SVA_{Mo-Fr} = \frac{7 \cdot SVA_{Mittel} - 2 \cdot SVA_{Sa,So}}{5} \quad (2-6)$$

mit:

- SVA_{Mo-Fr} = SV-Anteil an Wochentagen [%]
- SVA_{Mittel} = mittlerer SV-Anteil aus Zählungen [%]
- $SVA_{Sa,So}$ = SV-Anteil am Wochenende, hier = 5 [%]

Des Weiteren wird bei der Modellierung der Verkehrsnachfrage von OBERSUNDERMEIER und OTTO (2003) davon ausgegangen, dass im Falle eines Stauereignisses Verkehrsverlagerungen auftreten, die abhängig von der aktuellen Staulänge sind. Unterschieden werden Verlagerungsfunktionen für Arbeitsstellen kürzerer und längerer Dauer (Bild 2-7), die im Rahmen einer Erstversorgung mit Parametern belegt wurden. Eine empirische Überprüfung der Verlagerungen konnte

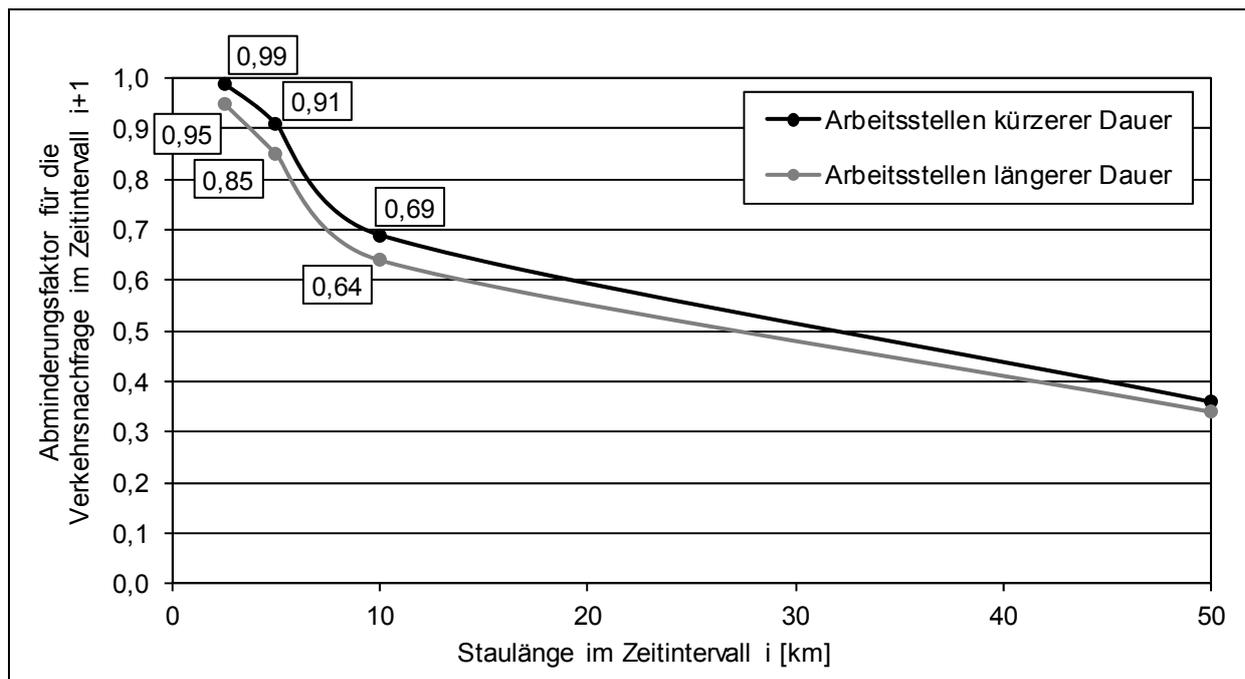


Bild 2-7: Verlagerung der Verkehrsnachfrage in Abhängigkeit von der Staulänge (OBER-SUNDERMEIER und OTTO, 2003)

im Projekt nicht durchgeführt werden, eine Sensitivitätsanalyse ergab jedoch eine hohe Ergebnisrelevanz der Verlagerungsfunktion.

Im Ergebnis stellt die Software QuantAS Fahrtzeitverluste differenziert nach Fahrzeugtypen und Wochentagen bzw. Feiertagen zur Verfügung, die mit entsprechenden Kostensätzen belegt werden können, um die volkswirtschaftlichen Kosten von Arbeitsstellen zu ermitteln.

Zur generellen Abschätzung der Vorteilhaftigkeit von innovativen Ansätzen in der Planung und Umsetzung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer entwickelten ROOS et al. (2006) das Programm SAB 3.0, welches auf den Analysen von OBER-SUNDERMEIER und OTTO (2003) bzw. der Software QuantAS aufbaut. Die Nachfragemodellierung erfolgte anhand typisierter Ganglinien. Der Einfluss stochastischer Schwankungen auf die Berechnungsergebnisse wurde geprüft und ergab sich als nicht relevant. Zur Bestimmung der Kapazitäten wurden umfangreiche empirische Untersuchungen durchgeführt, die mittels mikroskopischer Verkehrsflusssimulationen erweitert werden konnten. Auf eine stochastische Betrachtung wurde verzichtet. Für die Staumodellierung wurde das bereits beschriebene deterministische Kontinuumsmodell von OBER-SUNDERMEIER und OTTO (2003) verwendet. Die Analyse unterschiedlicher Betriebsszenarien fand in 5-Minuten-Intervallen über eine typisierte Woche statt.

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Stauwarnanlagen wurde die Software WiStWA von FELDGES und KATZLER (2011) entwickelt. Die Software ermöglicht die Berechnung der zu erwartenden Rückstaulängen, Gesamtstaudauern und Zeitverluste. Darauf aufbauend wird mit einer empirisch ermittelten „Stauunfallrate“ die Anzahl der staubedingten Unfälle errechnet. Mit Hilfe einer monetären Bewertung werden Unfall- und Zeitkosten im Fall mit/ohne Stauwarnanlage erzeugt. Der so berechnete Nutzen kann den Kosten einer Stauwarnanlage gegenübergestellt werden. Für die verkehrliche Bewertung und Berechnung der Stauengrößen wird von FELDGES und KATZLER (2011) die Methodik nach OBER-SUNDERMEIER und OTTO (2003) verwendet.

In der Untersuchung von BRILON und ZURLINDEN (2003) wurde das makroskopische Simulationsprogramm KAPASIM entwickelt, welches für die Bewertung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen nach dem Prinzip der Ganzjahresanalyse konzipiert ist. Das Modell basiert auf einer Gegenüberstellung von stochastischen Ganglinien der Verkehrsnachfrage und der Kapazität in 5-Minuten-Intervallen. Dabei werden sowohl systematische als auch zufällige Einflüsse auf die Verkehrsnachfrage und die Kapazität nachgebildet. Die Bewertung des Verkehrsablaufs erfolgt in KAPASIM durch ein deterministisches Warteschlangenmodell. Für beliebige, längere Zeiträume können mit dem Programm KAPASIM folgende,

den Verkehrsablauf beschreibende Bewertungskriterien geschätzt werden:

- Anzahl der Staus,
- Dauer der Staus,
- Anzahl oder Anteil der betroffenen Verkehrsteilnehmer (getrennt nach Pkw/ Lkw),
- Summe der Zeitverluste durch Staus,
- volkswirtschaftliche Bewertung der Zeitverluste.

Dabei können temporäre Kapazitätsabminderungen aufgrund von Unfällen, Pannen, Witterungsbedingungen sowie Arbeitsstellen berücksichtigt werden. Die Kapazität von Arbeitsstellen wird dabei durch Abminderungsfaktoren in Abhängigkeit vom Ausmaß der Fahrbahnverengung in der Arbeitsstelle und dem Vorhandensein einer Überleitung auf die Gegenfahrbahn ermittelt. Der Einfluss temporärer Kapazitätsabminderungen auf die oben genannten Bewertungskriterien kann durch mit/ohne-Rechnungen ermittelt werden. Das Programm wurde in mehreren Projekten (u. a. BRILON et al., 2006) für die Anwendung in den Ländern Hessen, Saarland und Nordrhein-Westfalen weiterentwickelt und ist durch die Nachbildung des Einflusses von Arbeitsstellen auch im Baustellenmanagement einsetzbar.

3 Arbeitsstellenbewertung mit dem Verkehrsanalyssystem

3.1 Ziel und Vorgehen

Im Rahmen der Baubetriebsplanung des Bundes stellt die Bewertung der verkehrlichen Auswirkungen das wichtigste Bewertungskriterium einer Arbeitsstelle dar. Über dieses hinaus können jedoch auch andere Kriterien (z. B. das Freihalten von Alternativrouten) maßgebend werden. Alle bewertungsrelevanten Kriterien sollen daher in einem gesamtheitlichen Bewertungsverfahren zusammengefasst werden. Zur Ableitung eines Bewertungssystems war es zunächst erforderlich, die Anforderungen der späteren Nutzer (Bund und Länder) festzustellen. Dies erfolgte über eine Länderumfrage und in Expertengesprächen. So konnten zahlreiche Rahmenbedingungen festgehalten werden, die für die Umsetzung in ein Bewertungssystem relevant sind. Dies waren im Einzelnen:

- Alle Koordinationsmaßnahmen, die im Leitfaden Arbeitsstellenmanagement beschrieben sind, sollen in ihrer Wirkung im Bewertungsverfahren abgebildet werden. Dazu zählen:

- Zeitliche Verschiebung des Ausführungszeitraums,
- Veränderung der Verkehrsführung,
- Veränderung der Baubetriebsform,
- Veränderung der Fahrstreifenbreiten,
- Arbeiten unter Vollsperrung,
- „Wochenendmaßnahmen“,
- Freihalten von Alternativrouten,
- Alternierende Freigabe von Fahrstreifen (tags/ nachts, Morgen-/ Abendspitze, werktags/ Wochenende).

- Mit dem Bewertungsverfahren sollen alternative Ausführungsvarianten geprüft werden können und die Bewertungsergebnisse einander gegenübergestellt werden. Nutzer der Prüfung dieser relativen Vorteilhaftigkeit sind vornehmlich die Länder.
- Das Bewertungsverfahren soll Kennwerte liefern, die zur Beurteilung einer absoluten Vorteilhaftigkeit der Arbeitsstelle (Vergleich mit Grenzwerten) herangezogen werden können. Im Ergebnis können Bund und Länder beurteilen, ob die Ausführungsvariante einer Arbeitsstelle aus verkehrlichen Gesichtspunkten zulässig ist, oder ob weitere Alternativen geprüft werden müssen.
- Zu jeder Arbeitsstelle soll im Ergebnis nur eine Bewertung vorliegen, d. h. mögliche Teilergebnisse sind in einer Gesamtbewertung zusammenzufassen.
- Das Bewertungsverfahren der Baubetriebsplanung muss nachvollziehbar und wiederholbar sein. Dies bedeutet, dass alle Regeln, Grenzwerte usw. offen dokumentiert sein müssen.
- Bislang manuell ausgeführte Arbeitsgänge sollen in Zukunft automatisch abgebildet werden. Dies betrifft die Plausibilisierung der Baubetriebsmeldungen und die Überprüfung der Vorgaben, die mit dem Leitfaden Arbeitsstellenmanagement gemacht werden.
- Das Verfahren sollte so konzipiert werden, dass es auf allen Ebenen der Baubetriebsplanung von der ersten Planung in der ausführenden Niederlassung bis zur Genehmigung im BMVI nutzbar ist.

Aufbauend auf den Anforderungen der späteren Nutzer wurde ein Bewertungssystem konzipiert, das die Auswirkungen einer Arbeitsstelle auf den Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit übersichtlich und nachvollziehbar quantifiziert. Die Be-

wertung einer Arbeitsstelle findet auf drei Ebenen statt, die jeweils einen unterschiedlichen räumlichen Bezug aufweisen. Diese Unterscheidung ermöglicht die Ableitung von Handlungsfeldern bei nicht ausreichenden Bewertungen:

- **Arbeitsstellenkontext:** Diese Betrachtungsebene bezieht sich ausschließlich auf die einzelne Arbeitsstelle mit ihren Parametern. Um die Bewertung zu verbessern, sollten vorrangig diese Parameter (Zeitraum, Länge, Verkehrsführung, Fahrstreifenbreiten, Betriebsform, zul. Höchstgeschwindigkeit) angepasst werden.
- **Streckenzugkontext:** In dieser Ebene wird ein ganzer Streckenzug mit allen darin liegenden Arbeitsstellen bewertet. Verbesserungen der Bewertung können im Wesentlichen durch Koordination der Maßnahmen in einem Streckenzug untereinander (Verschiebung des Ausführungszeitraums) und verbesserte Staffelung (Längen/ Abstände) erzielt werden.
- **Netzkontext:** Im Netzbezug wird geprüft, inwieweit eine geplante Arbeitsstelle mit anderen Arbeitsstellen auf Alternativrouten in Netzmaschen verträglich ist. Die Vermeidung einer negativen Bewertung kann durch zeitliche und räumliche Verschiebungen von einzelnen Arbeitsstellen erfolgen.

Zu jeder Bewertungsebene gibt es zwei Bewertungselemente. Mit dem ersten Bewertungselement werden aufbauend auf dem Verkehrsmodell, das im Hauptteil des Forschungsprojekts FE 01.0174/2011/HRB kalibriert und validiert wurde, die volkswirtschaftlichen Auswirkungen von Überlastungen aufgrund einer Arbeitsstelle ermittelt. Hierbei ist eine Bewertung der Fahrtzeitverluste im Arbeitsstellen- und im Streckenzugkontext vorgesehen. Eine verkehrliche Bewertung auf der Netzebene erfolgt nicht, da die im Verkehrsanalyzesystem vorhandenen Netz- und Verkehrsdaten keine dynamische Umlegung von Verkehrsströmen ermöglichen. Die Bewertung der Verkehrssicherheit bezieht sich ausschließlich auf den Arbeitsstellenkontext, da bislang keine Wechselwirkungen zwischen Arbeitsstellen im Streckenzug- oder Netzkontext festgestellt werden konnten. Die volkswirtschaftliche Bewertung ermöglicht damit den Vergleich von Arbeitsstellen sowohl unter Aspekten des Verkehrsablaufs als auch der Verkehrssicherheit.

Das zweite Bewertungselement umfasst die Abbildung von festen Regeln mittels logischer Verknüpfungen. Die abzurufenden Regeln stammen aus den Vorgaben zur Baubetriebsplanung, die durch das BMVBS eingeführt wurden.

Die Bewertungen der einzelnen Komponenten erfolgen zunächst innerhalb der Bewertungsebenen und werden daran anschließend zu einer Gesamtbewertung zusammengeführt.

Bild 3-1 zeigt den Aufbau des Bewertungsverfahrens. Der beschriebene Bewertungsvorgang wird für beide Richtungsfahrbahnen einer Arbeitsstelle separat durchgeführt.

Im Anhang B sind der Ablauf der volkswirtschaftlichen Bewertung und die Abfolge der Regelprüfung für alle Bewertungsebenen in einem Schaubild dargestellt. Die dafür benötigten Eingangsdaten erfordern eine Anpassung und Erweiterung des Arbeitsstellen-Listenblattes (siehe Anhang D bis F).

3.2 Berechnungsmodell der verkehrlichen Bewertung

Für die verkehrliche Bewertung einer Arbeitsstelle werden überlastungsbedingte Zeitverluste mit Hilfe eines deterministischen Warteschlangenmodells mit deterministischen Eingangsgrößen in Stundenintervallen ermittelt. Zeitverluste durch Geschwindigkeitsdifferenzen im fließenden Verkehr werden nicht berücksichtigt. Die Zeitverluste werden mithilfe von Zeitkostensätzen monetarisiert. Die Ergebnisse können sowohl als Gesamtsumme als auch als gemittelter Wert (z. B. pro Tag oder Fahrzeug) angegeben werden. Als weitere Kenngrößen können die maximale räumliche Ausbreitung des Staus, die Staudauer, Kosten aus Kraftstoffverbrauch und Abgasemissionen sowie (aus Unfallkostenraten) Unfallkosten berechnet werden.

Eingangsgröße Verkehrsnachfrage

Bei Strecken ohne regelmäßige Überlastungen entspricht die gemessene Ganglinie der Verkehrsstärke der Verkehrsnachfrage. Bei Strecken mit regelmäßigen Überlastungen wird die abfließende Verkehrsstärke durch die Kapazität der Verkehrsanlage begrenzt. Dadurch kommt es zu einer zeitlichen Verlagerung des Verkehrs und die gemessene Ganglinie der Verkehrsstärke entspricht nicht zwingend der tatsächlichen Verkehrsnachfrage. Allerdings ist es auch in diesen Fällen als Näherung ausreichend, die im Zustand ohne Arbeitsstelle gemessene Ganglinie der Verkehrsstärke für die Berechnung der überlastungsbedingten Zeitverluste zu verwenden, da durch das Verkehrsanalyzesystem nur die zusätzlich durch eine Arbeitsstelle verursachten Zeitverluste ermittelt werden sollen.

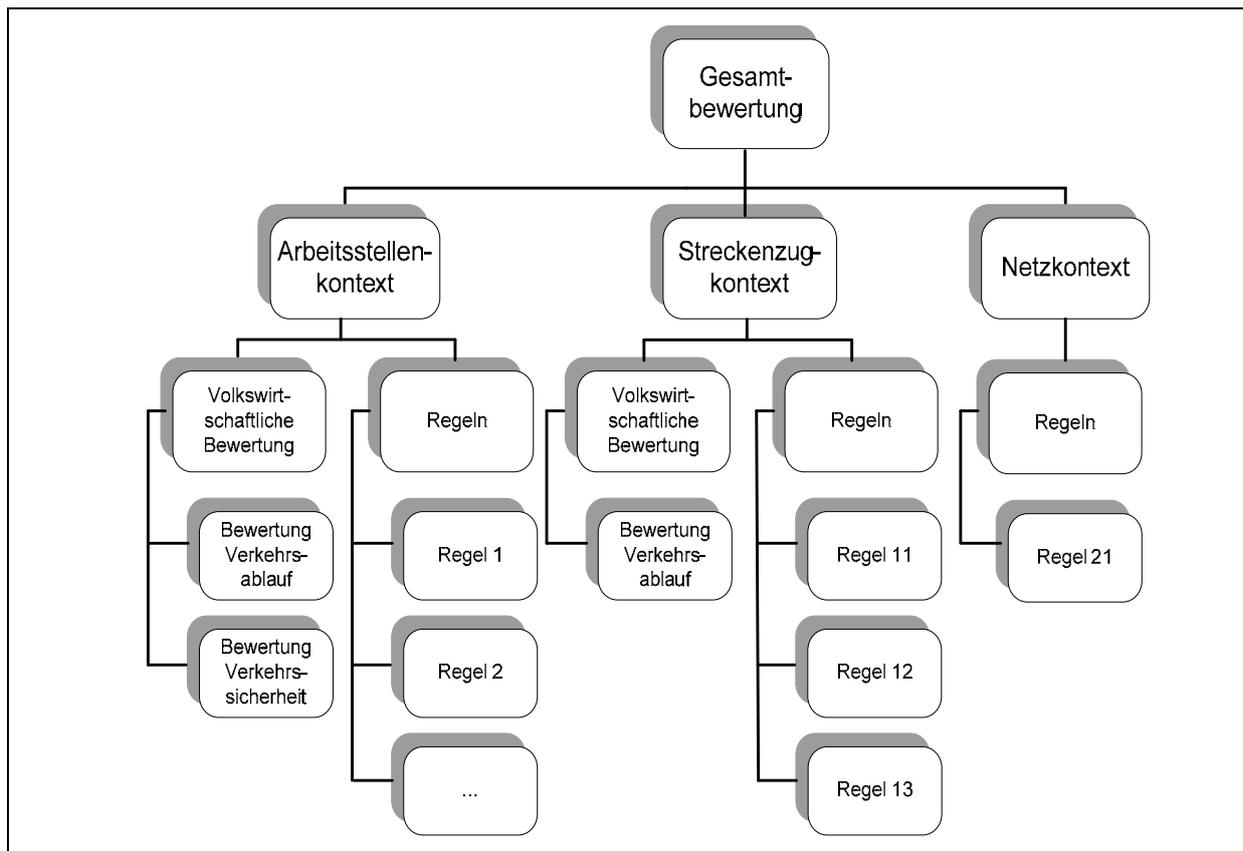


Bild 3-1: Konzeptioneller Aufbau des Bewertungsverfahrens zur Baubetriebsplanung

Für die Nachbildung der Verkehrsnachfrage im Verkehrsanalysesystem stehen grundsätzlich drei Varianten zur Auswahl, die je nach Benutzer und Anwendung angeboten werden:

- Angabe des DTV-Wertes mit Ganglinientyp (manuell),
- Verwendung einer eingelesenen Ganglinie der Verkehrsstärke bzw. -nachfrage des Kfz- und des Schwerverkehrs (manuell),
- Verwendung einer Ganglinie der Kfz-Verkehrsstärke und des Schwerverkehrs aus Ganglinienbibliothek (automatisch durch Eingabe der Strecken- bzw. Arbeitsstellenparameter).

Liegen keine empirischen Ganglinien vor, kann der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) mit festen Typganglinien überlagert werden. Erforderlich dafür ist eine Einschätzung hinsichtlich der Zuordnung zu den zur Verfügung stehenden Ganglinientypen. Diese Zuordnung findet für jede Dauerzählstelle der BAST im Zuge der Auswertung von Verkehrsdaten aus den Dauerzählstellen statt. Im Rahmen der Erarbeitung der zukünftigen Richtlinien für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (RWS, BMVBS, 2012) als Fortschreibung

der EWS (FGSV, 1997) wurden aktuelle Typganglinien erarbeitet. Diese umfassen kombinierte Jahres-Wochen-Ganglinientypen (365 Anteilswerte) und Tagesganglinientypen (24 Anteilswerte). Die Ganglinien sind sowohl für den Leicht- als auch für den Schwerverkehr im System hinterlegt.

Für den Fall, dass Lücken in der Versorgung der Ganglinien auftreten, selbst erhobene Daten vorliegen oder eigene Streckendefinitionen gerechnet werden sollen, besteht die Möglichkeit, eigene Ganglinien der Verkehrsnachfrage in Stundenintervallen einzulesen.

Die im Verkehrsanalysesystem implementierte Ganglinienbibliothek stellt Ganglinien der Verkehrsstärke und des Schwerverkehrs für jeden Abschnitt des deutschen Autobahnnetzes zur Verfügung. Bei der Analyse einer Strecke mit mehreren Arbeitsstellen ergibt sich der Zufluss zur stromabwärts gelegenen Arbeitsstelle aus dem Abfluss der stromaufwärts gelegenen Arbeitsstelle. Falls sich zwischen den betrachteten Arbeitsstellen Anschlussstellen befinden, ist die Kenntnis der Ganglinien der Verkehrsstärke der Aus- und Einfahrten erforderlich. Dafür wird ein Verfahren verwendet, mit dem aus den Ganglinien der Verkehrsstärke auf der Hauptfahrbahn die Verkehrsstärke in den Aus- und Einfahrten geschätzt wird.

Eingangsgröße Kapazität

Für die Erfassung der Kapazität stehen grundsätzlich zwei Varianten zur Auswahl, die je nach Benutzer und Anwendung angeboten werden:

- Eingabe eines empirisch ermittelten Kapazitätswerts in Stunden-Intervallen (manuell),
- Verwendung der Kapazitäten nach HBS (automatisch durch Eingabe der Strecken- bzw. Arbeitsstellenparameter).

Sofern empirisch ermittelte Kapazitätswerte in Stunden-Intervallen vorliegen, können diese verwendet werden. Zur Erzeugung einer Kapazitätsganglinie einer Strecke ohne eigene empirisch ermittelte Werte ist die Grundkapazität in Stunden-Intervallen nach HBS zu ermitteln. Aus dem hinterlegten Netzmodell werden die benötigten Parameter zur Bestimmung der Kapazität entnommen.

Als Kapazitätswerte werden für die freie Strecke die Werte nach der Entwurfsfassung des zukünftigen HBS (FGSV, 2012) verwendet. Diese werden in Abhängigkeit von den maßgebenden Streckenparametern und dem Schwerverkehrsanteil im Modell in eine Ganglinie in Stunden-Intervallen umgerechnet. Für Arbeitsstellen werden die derzeit im Forschungsprojekt FE 01.0176/2011/HRB „Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit an Arbeitsstellen auf Autobahnen unter unterschiedlichen Randbedingungen“ ermittelten Kapazitätswerte für unterschiedliche Typen von Arbeitsstellen verwendet. Diese sind analog zum HBS abhängig von verschiedenen streckengeometrischen und verkehrlichen Randbedingungen. Dabei wird auch ein Algorithmus entwickelt, der aus Längsneigungsdaten im Einflussbereich einer Arbeitsstelle die maßgebende Steigung zur Ermittlung der anzusetzenden Kapazität bestimmt.

Über die Grundkapazitäten und Arbeitsstellenkapazitäten hinaus kann die Modellierung von Kapazitätsabminderungen von Interesse sein. Auf die Berücksichtigung der Auswirkungen von Störfällen wird im Rahmen der Baubetriebsplanung jedoch verzichtet.

3.3 Bewertungselemente im Arbeitsstellenkontext

Die Bewertung im Arbeitsstellenkontext besteht aus der Ermittlung der volkswirtschaftlichen Kosten der Arbeitsstelle und der Überprüfung der Einhaltung von festgelegten Regeln.

Volkswirtschaftliche Bewertung

Die volkswirtschaftliche Bewertung besteht aus der Berechnung der arbeitsstellenbedingten Fahrtzeitkosten sowie der zusätzlichen Unfallkosten, die durch die Arbeitsstelle hervorgerufen werden. Die Kenngröße wird in Geldeinheiten [€] angegeben.

Bewertung des Verkehrsablaufs

Das Ergebnis der verkehrlichen Bewertung ist der durch die Arbeitsstelle bedingte zusätzliche Fahrtzeitverlust in Kfz-Stunden. Dieser ergibt sich durch die Differenzbildung der Fahrtzeitverluste des betrachteten Streckenabschnitts ohne Arbeitsstelle zum Planfall mit Arbeitsstelle. Die Berechnung der Zeitkosten erfordert eine Differenzierung der Fahrtzeitverluste nach Tagesgruppen (Werktag sowie Sonn- und Feiertag) und nach Fahrzeuggruppen (Leichtverkehr und Schwerverkehr). Die Summe der zusätzlichen arbeitsstellenbedingten Fahrtzeiten in den verschiedenen Klassen wird mit den Zeitkostensätzen der zukünftigen RWS (BMVBS, 2012) belegt. Darüber hinaus werden der Kraftstoffverbrauch und die Abgasemissionsmenge nach dem Verfahren der zukünftigen RWS ermittelt.

Bewertung der Verkehrssicherheit

Die zusätzlichen Unfallkosten, die eine Arbeitsstelle hervorruft, werden ebenfalls durch Differenzbildung zwischen der Ausgangsstrecke und dem Arbeitsstellenszenario ermittelt. Die Unfallkosten berechnen sich als Produkt der Unfallkostenrate und der Fahrleistung. Die Unfallkostenraten werden als Summe angegeben für alle Unfälle der Unfallkategorien 1 bis 6 und umfassen damit:

- Unfälle mit Getöteten oder Schwerverletzten U(SP),
- Unfälle mit Leichtverletzten U(LV),
- Schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden U(SS),
- Sonstige Unfälle mit Sachschaden U(LS).

Unfallkostenraten für Arbeitsstellen längerer Dauer werden derzeit im Forschungsprojekt FE 01.0176/2011/HRB „Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit an Arbeitsstellen auf Autobahnen unter unterschiedlichen Randbedingungen“ erarbeitet. Diese sind nach derzeitigem Kenntnisstand bspw. von der Anzahl der Fahrstreifen, der Verkehrsführung, den Fahrstreifenbreiten, einer Fahrstreifenreduktion, der Geschwindigkeitsbeschränkung und der Anzahl der innerhalb der Arbeitsstelle liegenden Behelfsanschlussstellen abhängig. Weitere potentielle Einflussgrößen sind in Anhang F dargestellt.

Für freie Strecken außerhalb von Arbeitsstellen längerer Dauer können die Unfallkostenraten aus den zukünftigen RWS (BMVBS, 2012) verwendet werden. Die Fahrleistung kann anhand des Zeitraums der Arbeitsstelle und der Arbeitsstellenlänge aus den Nachfrageganglinien berechnet werden. Das Bewertungsergebnis der Verkehrssicherheit stellt die Differenz der Unfallkosten im Fall mit und ohne Arbeitsstelle dar.

Regelbasierte Bewertung

Im Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement an Bundesautobahnen, den dazugehörigen Ausführungshinweisen und dem einführenden Rundschreiben ARS 04/2011 werden Vorgaben zur Arbeitsstellengestaltung gemacht, die im Verkehrsanalysesystem automatisiert abgeprüft werden. Wenn im Leitfaden ein Bezug zu einem IT-gestützten Bewertungsverfahren oder der Begriff „staugefährdet“ verwendet wurde, fand eine Anpassung des Regeltextes statt, indem direkt auf die verkehrliche Bewertung Bezug genommen wird. Darüber hinaus wurden einzelne Regeln eingeführt, mit denen die vorgenommene Planung auf Plausibilität geprüft werden kann.

Regel 1: Fahrstreifenbreite

„Die Mindestbreite von Behelfsfahrstreifen enthält Tabelle D-1 [der RSA (BMV, 1995)]: Mindestbreite von Behelfsfahrstreifen in Abhängigkeit von der Länge der Arbeitsstelle.“

Die Richtlinien zur Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA, BMV, 1995) machen Vorgaben zur Gestaltung und Ausführung von Arbeitssicherungen und werden derzeit durch den AK 3.5.4 der FGSV fortgeschrieben. Für das Bewertungsverfahren wird vorgeschlagen, bzgl. der Tabelle D-1 auf den Stand der Fortschreibung zu-

rückzugreifen (Tab. 3-1). Der Unterschied zwischen alter und neuer Vorgabe besteht im Wesentlichen darin, dass als Regelbreite für auf 2,10 m Fahrzeugbreite beschränkte Fahrstreifen 2,60 m Fahrstreifenbreite angesetzt werden. Die Beschränkung auf 2,00 m Fahrzeugbreite bei einer Fahrstreifenbreite von 2,50 m ist jedoch weiterhin möglich (siehe Fußnote 1).

Steht nur ein Fahrstreifen in einer Fahrtrichtung zur Verfügung, so ist auf diesem eine Fahrstreifenbreite von mindestens 3,25 m einzuhalten (Fußnote 2). Die Hauptfahrstreifenbreiten können minimal auf 3,00 m begrenzt werden, wenn kein Fahrstreifenanbau bzw. keine Verbreiterung möglich ist (Fußnote 3). Die Anmerkung der Fußnote 4 betrifft die vorübergehende Verengung der Fahrstreifenbreite im Arbeitsbereich. Da diese nicht im Rahmen der Baubetriebsplanung einzuschätzen ist, wird die Fußnote nicht im Regelkatalog abgebildet.

Regel 2: Arbeitsstellenlänge

„Arbeitsstellenlängen von mehr als 12 km sollen vermieden werden.“

Derzeit ist nach BMVBS (2011b) eine maximale Arbeitsstellenlänge von 12 km zulässig. Dieser Wert wurde festgelegt, um den Verkehrsteilnehmer nur in begrenztem Rahmen der schwierigen Fahraufgabe in Arbeitsstellen auszusetzen. In den RBAP (BMV, 1996) war hierfür ein Grenzwert von 15 km festgelegt. Eine Überschreitung dieser Grenzwerte ist nur unter besonderen Vorkehrungen (z. B. breite Fahrstreifen) akzeptabel.

Regel 3: Einrichtungszeitpunkt

„Eine Einrichtung, Umrüstung, oder ein Abbau der Arbeitsstelle ist nicht zulässig, wenn in diesen Zeiträumen eine zusätzliche Staubelastung entsteht.“

Fahrzeugbreite	Länge der Arbeitsstelle [km]		
	bis zu 6	mehr als 6 bis zu 9	mehr als 9
Beschränkung auf bis zu 2,1 m (Z 264) ¹	2,60 m (3,25 m) ²	3,00 m (3,25 m) ²	
unbeschränkt			3,25 m (3,00 m) ^{3,4}

1) Ist eine Fahrstreifenbreite von 2,60 m nicht zu realisieren, sind ausnahmsweise Fahrstreifenbreiten von 2,50 m vorzusehen mit einer Beschränkung auf 2,00 m (Z 264)

2) Bei einer Verkehrsführung mit nur 1 Behelfsfahrstreifen für eine Fahrtrichtung auf der Gegenfahrbahn; ggf. muss vorher ausgebaut oder verbreitert werden (vgl. 3+1-, 3+0- und 4+2-Verkehrsführungen in Tabelle D-3.)

3) Durch einen entsprechenden vorherigen Fahrbahnanbau bzw. eine Verbreiterung ist eine Behelfsfahrstreifenbreite von 3,25 m anzustreben. Ist dies nicht möglich, sind die Bankette ausreichend zu befestigen.

4) Im Bereich z. B. von Fertigmern darf die Fahrstreifenbreite vorübergehend und auf eine geringe Streckenlänge auf dieses Maß eingengt werden.

Tab. 3-1: Tabelle D-1 nach Fortschreibung RSA (Stand: 13.04.2012)

Mit dieser Regel soll vermieden werden, dass Einrichtungs-, Umrüstungs- oder Abbautage mit i. d. R. größeren Querschnittseinschränkungen auf Tage mit erhöhten Verkehrsbelastungen (z. B. Hauptreisetage) gelegt werden. Zur Prüfung dieser Regel können im Verkehrsanalyzesystem Phasen einer Arbeitsstelle als Einrichtungs-, Umrüstungs- oder Abbauphasen gekennzeichnet werden. Anschließend wird geprüft, ob diese Tage mit zuvor in einem Kalender definierten Ausschlussstagen (z. B. Hauptreisetagen) zusammenfallen. Einrichtung, Umrüstung oder Abbau der Arbeitsstelle an diesen Tagen führen zu einer negativen Bewertung.

Regel 4: Fahrstreifenreduktionen

„Im Bereich von Arbeitsstellen ist grundsätzlich die vorhandene Anzahl der Fahrstreifen zu erhalten. In Ausnahmefällen kann von dieser Regelung abgewichen werden, wenn kein Stau zu erwarten ist.“

Die Reduktion von Fahrstreifen im Zuge von bereits stauanfälligen Arbeitsstellen kann sehr hohe Fahrtzeitverluste auslösen. Wenn die Verkehrsbelastungen keine Stauereignisse erwarten lassen, kann eine Reduktion von Fahrstreifen erfolgen. Daher wird in dieser Regel der Bezug zur verkehrlichen Bewertung hergestellt.

Regel 5: Betriebsform

„Arbeitsstellen längerer Dauer sind grundsätzlich mindestens in der Betriebsform 2 zu planen. Die Betriebsform 1 kann nur im Einzelfall zur Anwendung kommen, wenn keine arbeitsstellenbedingten Staus entstehen. Die Betriebsformen 3 oder 4 sollten zur Anwendung kommen, wenn das Ergebnis der verkehrlichen Bewertung einen Grenzwert überschreitet.“

Mit dieser Regel wird geprüft, ob die gewählte Baubetriebsform grundsätzlich mit dem zu erwartenden Stauaufkommen der Arbeitsstelle korrespondiert. Hier wird ebenfalls der Bezug zur verkehrlichen Bewertung hergestellt. Für jede Baubetriebsform wird ein von der zu erwartenden Staubelastung abhängiger Einsatzbereich erarbeitet. Die Erarbeitung findet derzeit im Forschungsprojekt FE 03.498/2012/CRB „Aufstellung von Einsatzkriterien für die Wahl von Baubetriebsformen für Arbeitsstellen längerer Dauer“ statt.

Regel 6: Fahrbahnbreite/ Verkehrsführung

„Die Summe aus den auf einer Richtungsfahrbahn angeordneten Fahrstreifenbreiten (inkl. Mittel-trennung) darf die vorhandene befestigte Breite (inkl. provisorischer Verbreiterungen) nicht überschreiten.“

Diese Regel stellt eine Plausibilitätsprüfung bzgl. der Flächenaufteilung dar. Aus einer Verletzung können ggf. Eingabefehler erkannt oder Optimierungspotentiale bzgl. nicht vollständig ausgenutzter Fahrbahnbreiten abgeleitet werden. Die Plausibilitätsprüfung erstreckt sich ausschließlich auf Richtungsfahrbahnen, die vom Arbeitsbereich nicht betroffen sind, sondern vollständig dem Verkehr zur Verfügung gestellt werden.

Regel 7: Geschwindigkeit

„Arbeitsstellen an Autobahnen sind gemäß der RSA grundsätzlich so zu planen und zu gestalten, dass sie mit einer Geschwindigkeit von 80 km/h sicher befahren werden können. Dies gilt auch für Verschwenkungsbereiche, Einziehungsbereiche und Überleitungen auf Richtungsfahrbahnen (Mittelstreifenüberfahrten).“

Die zulässige Geschwindigkeit sollte nach RSA (BMV, 1995) in einer Arbeitsstelle in der Regel bei 80 km/h liegen. Nach SCHÖNBORN und SCHULTE (1999) kommt eine dauerhafte Beschilderung auf 60 km/h im Bereich geringer Fahrstreifenbreiten (Hauptfahrstreifen < 3,25 m), im Falle schlechter Fahrbahnoberflächen und hoher Längsneigungen (> 4 %) in Frage. Eine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 40 km/h kann nur in Ausnahmefällen erfolgen. Die Bewertung der Prüfung berücksichtigt, dass eine zul. Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h unter den o. g. Randbedingungen regelmäßig angeordnet wird, eine zul. Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h jedoch eine seltene Ausnahme darstellt.

3.4 Bewertungselemente im Streckenzugkontext

Die streckenbezogenen Wirkungen werden ebenfalls über eine volkswirtschaftliche und eine regelbasierte Bewertung ermittelt. Die Bewertung der streckenbezogenen Wirkungen beziehen sich immer auf alle zum Zeitpunkt der Berechnung vorliegenden Arbeitsstellen, deren Status offiziell (d. h. Status Beantragung, Genehmigung, Planung, Ausführung) ist. Für die Untersuchung von Ausführungsalternativen (d. h. Status Erprobung/ Alternativenvergleich) kann der Bearbeiter auswählen, welche Arbeitsstellen für die streckenbezogene Berechnung berücksichtigt werden sollen.

Volkswirtschaftliche Bewertung

Ergebnis der volkswirtschaftlichen Bewertung der Arbeitsstelle im Streckenzugkontext ist die monetarisierte Bewertung der arbeitsstellenbedingten Fahrtzeitverluste. Eine Bewertung der Verkehrs-

sicherheit findet im Streckenzugkontext nicht statt, da nach derzeitigem Kenntnisstand keine Wechselwirkungen zwischen einzelnen Arbeitsstellen auftreten. Die verkehrliche Bewertung im Streckenzugkontext unterscheidet sich von der arbeitsstellenbezogenen Bewertung durch die Verwendung einer streckenbezogenen Nachfragemodellierung. Durch die Modellierung kann es im Falle von gestaffelten Arbeitsstellen dazu kommen, dass bei Überlastung an der jeweils ersten Arbeitsstelle in der betrachteten Fahrtrichtung (Engpass) die nachfolgenden Arbeitsstellen mit einer verminderten Verkehrsnachfrage belastet werden, die der Abflusskapazität des überlasteten Engpasses entspricht. In diesem Fall kann eine negative Bewertung der verkehrlichen Auswirkungen im Arbeitsstellenkontext abgemindert oder ganz aufgehoben werden.

Regelbasierte Bewertung

Im Zuge der Bewertung im Streckenzugkontext werden ebenfalls Regeln geprüft, die die Interaktion zwischen Arbeitsstellen beschreiben.

Regel 11: Abstand zwischen Arbeitsstellen

„Der Abstand zwischen zwei Arbeitsstellen längerer Dauer soll mindestens 5 km betragen.“

Die Regel stellt sicher, dass zwischen zwei Arbeitsstellen immer eine Beruhigungsstrecke vorhanden ist, in der sich die Fahrer von der anspruchsvollen Fahraufgabe in der Arbeitsstelle erholen können. Eine übergeordnete Koordination durch diese Regel ist insbesondere im Grenzbereich von Zuständigkeiten erforderlich.

Regel 12: Fahrstreifenbreite in gestaffelten Baustellen

„Beträgt der Abstand zwischen zwei Arbeitsstellen weniger als 10 km, sollte bei der Festlegung der Behelfsfahrstreifenbreite nach den RSA von der Summe der Arbeitsstellenlängen ausgegangen werden.“

Diese Regel berücksichtigt, dass bei einer Staffe- lung von mehreren Baustellen hintereinander auf dem Überholfahrstreifen eine größere Breite als in einer Einzelbaustelle zur Verfügung steht.

Regel 13: Überstauung stromaufwärts gelegener Knotenpunkte/ Anschlussstellen

„Die Arbeitsstelle ist so zu planen, dass eine Über- stauung stromaufwärts liegender Knotenpunkte und Anschlussstellen vermieden wird.“

Die Regel soll sicherstellen, dass die Stauer- eignisse in einer Arbeitsstelle längerer Dauer in der Art begrenzt werden, dass keine Auswirkungen auf verknüpfte Straßen entstehen. Da vergleichbar zum Bemessungsverfahren von Aufstellstreifen in extremen Ausnahmesituationen Überlastungen ak- zeptiert werden können, wird für die Prüfung der Regel nicht die maximale Länge aller einzelnen Stauereignisse angesetzt, sondern das 95. Per- zentil. Die Regel stammt nicht aus dem Leitfaden Arbeitsstellenmanagement (BMVBS, 2011a), son- dern stellt eine ergänzende Plausibilitätsbedingung und damit eine Hilfe für den Planer dar.

3.5 Bewertungselemente im Netzkon- text

Die netzbezogenen Wirkungen von Arbeitsstellen werden ausschließlich über die Prüfung einer Regel bewertet. Die Bewertung bezieht sich immer auf alle zum Zeitpunkt der Berechnung vorlie- genden Arbeitsstellen, deren Status offiziell (d. h. Status Beantragung, Genehmigung, Planung, Ausführung) ist. Für die Untersuchung von Aus- führungsalternativen (d. h. Status Erprobung/ Alter- nativenvergleich) kann der Bearbeiter auswählen, welche Arbeitsstellen für die netzbezogene Bewertung berücksichtigt werden sollen.

Regelbasierte Bewertung

Regel 21: Freihalten von Alternativrouten

„Wenn auf einer Originalstrecke mindestens eine Arbeitsstelle liegt, die arbeitsstellenbedingte Stau- ereignisse hervorruft, dann dürfen auf der Aus- schlussstrecke keine bzw. nur Arbeitsstellen liegen, die selber keinen arbeitsstellenbedingten Stau hervorrufen. Wenn auf einer Originalstrecke nur Arbeitsstellen ohne arbeitsstellenbedingte Stauereignisse auftreten, dann dürfen auf der Ausschlussstrecke Arbeitsstellen mit arbeits- stellenbedingten Stauereignissen liegen.“

Jede Strecke, auf der eine Arbeitsstelle vorhanden ist, schließt demnach Arbeitsstellen, die Stauerig- nisse auslösen, auf anderen Strecken in derselben Netzmasche aus. Die für die Baubetriebsplanung relevanten Netzmaschen wurden im Rahmen der Länderumfrage abgefragt und in ein einheitliches Format gebracht. Die Streckenabschnitte werden unter Nennung der BAB-Nummer und der Knoten- punktnamen nach AVERZ (2006) fahrtrichtungs- getrennt aufbereitet. Ein Beispiel zeigt Tab. 3-2.

Originalstrecke			Ausschlussstrecke		
Abschnitt und Richtung			Abschnitt und Richtung		
BAB	von	nach	BAB	von	nach
A 44	Kreuz Aachen	Dreieck Jackerath	A 4	Kreuz Aachen	Kreuz Kerpen
			A 61	Kreuz Kerpen	Dreieck Jackerath
A 44	Dreieck Jackerath	Kreuz Aachen	A 4	Kreuz Kerpen	Kreuz Aachen
			A 61	Dreieck Jackerath	Kreuz Kerpen
A 4	Kreuz Aachen	Kreuz Kerpen	A 44	Kreuz Aachen	Dreieck Jackerath
			A 61	Dreieck Jackerath	Kreuz Kerpen
A 4	Kreuz Kerpen	Kreuz Aachen	A 44	Dreieck Jackerath	Kreuz Aachen
			A 61	Kreuz Kerpen	Dreieck Jackerath
A 61	Kreuz Kerpen	Dreieck Jackerath	A 4	Kreuz Kerpen	Kreuz Aachen
			A 44	Kreuz Aachen	Dreieck Jackerath
A 61	Dreieck Jackerath	Kreuz Kerpen	A 4	Kreuz Aachen	Kreuz Kerpen
			A 44	Dreieck Jackerath	Kreuz Aachen

Tab. 3-2: Definition der Ausschlussstrecken in Netzmaschen: Beispiel A 4 – A 44 – A 61

3.6 Beurteilung der Bewertungsgrößen

Die Kenngrößen, die als Bewertungsindikatoren dienen, werden in einem weiteren Schritt in ein einheitliches Bewertungsmaß überführt, um die Synthese zu einer Gesamtbewertung durchzuführen. Die Ergebnisse der volkswirtschaftlichen Bewertung liegen in Form einer metrischen Skala mit Nullpunkt vor. Die Ergebnisse der Regelbewertung folgen einer Nominalskala mit den Ausprägungen „Regel erfüllt“ und „Regel nicht erfüllt“. Durch Bildung von Teilkriterien innerhalb einer Regel ist auch die Ausprägung „Regel in Teilen erfüllt“ möglich.

Ein einheitliches Bewertungsmaß muss die Skalierung aller einfließenden Kenngrößen vereinen. Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Ergebnisskalen bietet sich als Gesamtbewertung für eine Arbeitsstelle ein Ampelsystem mit drei Kategorien an. Die drei Kategorien sind so definiert, dass sie dem Bewertenden den Handlungsbedarf aufzeigen:

- Grün: Die Arbeitsstellenplanung entspricht in allen Punkten den Vorgaben. Es besteht kein Handlungsbedarf. Es werden keine Rückfragen durch das BMVI erfolgen.
- Gelb: Die Arbeitsstellenplanung entspricht den Vorgaben, es ist jedoch Optimierungspotential vorhanden. Entsprechende Erläuterungen sind ggf. hinzuzufügen. Bei Bedarf werden Rückfragen durch das BMVI erfolgen.
- Rot: Die Arbeitsstellenplanung verstößt gegen die Vorgaben. Es ist eine Prüfung von alter-

nativen Ausführungsvarianten erforderlich. Es ist eine Begründung erforderlich, warum die Arbeitsstelle in dieser Form durchgeführt werden soll.

Die auf der metrischen Skala vorliegende Bewertung des Verkehrsablaufs muss anhand von Schwellenwerten in die drei Klassen eingestuft werden. Bezüglich der aufgestellten Regeln muss festgelegt werden, in welche Kategorie eine Regelverletzung fällt bzw. ob Zwischenstufen gebildet werden. Alle Schwellenwerte sind parametrierbar und können an zukünftige Vorgaben angepasst werden. Am Beispiel der Regel 1 wird die Ableitung der Ampelbewertung demonstriert. Die Bewertung der Fahrstreifenbreiten findet wie folgt statt:

- Grün: Die Breiten aller Fahrstreifen erfüllen die in Tab. D-1 der RSA angegebenen Mindestwerte ohne Nutzung der Fußnoten.
- Gelb: Die Breite mindestens eines Fahrstreifens entspricht nur unter Nutzung der Fußnoten nach Tab. D-1 der RSA der Mindestbreite.
- Rot: Die Breite mindestens eines Fahrstreifens unterschreitet die in Tab. D-1 der RSA angegebenen Mindestbreiten auch unter Einbeziehung der Fußnoten.

Im Ergebnis steht für alle 13 Bewertungskenngrößen (drei volkswirtschaftliche Bewertungen und elf Regeln) eine Bewertung im Ampelsystem zur Verfügung.

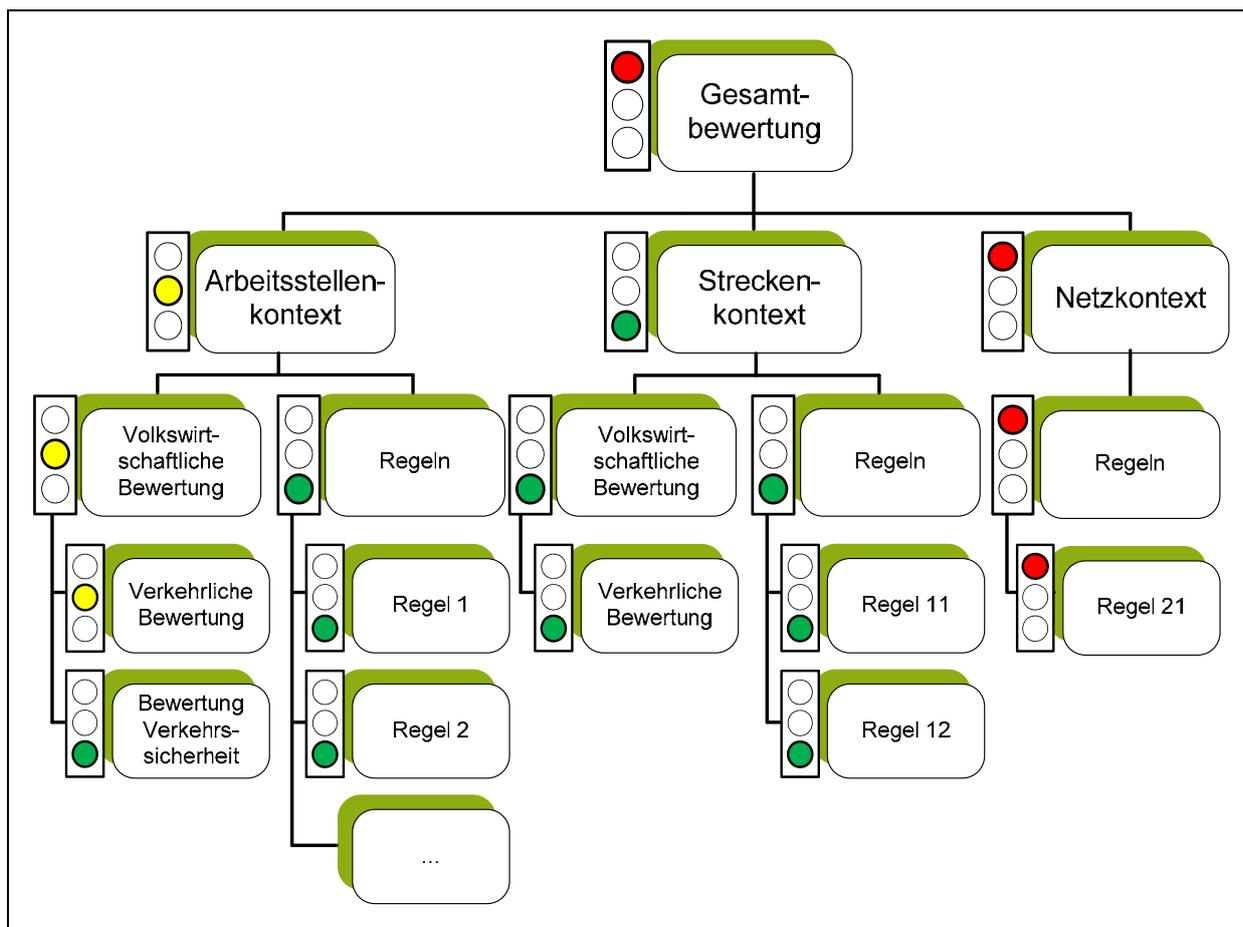


Bild 3-2: Schematische Darstellung der Bildung einer Gesamtbewertung am Beispiel für Arbeitsstellen längerer Dauer

Gesamtbewertung

Die Ampel-Bewertungen der Kenngrößen müssen mit einem geeigneten Verfahren zu einer Bewertung des jeweiligen Indikators, der Betrachtungsebene und zuletzt zu einer Gesamtbewertung zusammengefasst werden. Maßgebend ist hierbei, dass die jeweils schlechteste Teilbewertung die Bewertung der übergeordneten Ebene bestimmt. Ein Beispiel ist in Bild 3-2 gegeben.

Das BMVI kann im Rahmen der Baubetriebsplanung anhand der Gesamtbewertung beurteilen, ob eine Maßnahme den aufgestellten Kriterien entspricht. Werden die Vorgaben der Baubetriebsplanung nicht erfüllt, kann anhand der Kommentare der Länder der Abwägungsprozess nachvollzogen werden. Die Summe aus Bewertung und Erläuterung liefert die Entscheidungsgrundlage für weitergehende Maßnahmen oder Rückfragen an die Länder. Die Bundesländer sollen das Bewertungsverfahren für die Prüfung von Ausführungsalternativen verwenden können. Dabei ist die Ampelbewertung allein nicht ausreichend, da sich z. B. auch zwei völlig unkritische Planungen in den volkswirtschaftlichen Kosten unterscheiden

können. Darüber hinaus kann auch die volkswirtschaftlich vorteilhafteste Variante negative strecken- oder netzweite Auswirkungen haben. Aus diesen Gründen werden für die Variantenbewertung die volkswirtschaftlichen Kosten differenziert ausgewiesen. Bezüglich der Ampelbewertung ist zunächst nur das Gesamtergebnis für den Nutzer sichtbar. Bei Bedarf kann jedoch das gesamte Bewertungssystem inklusive aller Einzelbewertungen und deren Zusammenführung nachvollzogen werden.

3.7 Bewertung von Vollsperrungen und AkD

Neben Arbeitsstellen längerer Dauer mit einer Gesamtdauer von mehr als vier Tagen sind im Rahmen der Baubetriebsplanung auch Vollsperrungen meldepflichtig. Diese sollen ebenfalls mit dem Bewertungsverfahren evaluiert werden. Da das verwendete Überlastungsmodell keine Verkehrsverlagerungen modelliert, wird auf die Berechnung der Fahrtzeitverluste im Fall von Vollsperrungen verzichtet. Von den festgelegten Re-

geln wird zum einen die Regel 21 „Freihalten von Alternativrouten“ im Netzkontext geprüft. Zum anderen ist bei Vollsperrungen Regel 5 modifiziert zu prüfen. Wenn Richtungsfahrbahnen gesperrt werden, ist immer die Baubetriebsform 4 zu wählen (grüne Ampel). Andere Baubetriebsformen führen zu einer negativen (roten) Ampelbewertung.

Das Bewertungsverfahren ist grundsätzlich auch auf Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD) übertragbar. Maßgebender Grundsatz bei Arbeitsstellen kürzerer Dauer sollte sein, dass diese keine bzw. möglichst geringe Stauereignisse auslösen. Im Gegensatz zu AID ist bei AkD die Verkehrsführung, dargestellt durch den Regelplan nach RSA (BMV, 1995), in den meisten Fällen durch die auszuführende Tätigkeit definiert. Es ergibt sich somit selten die Möglichkeit, die Verkehrsführung, die Fahrstreifenbreite oder weitere Parameter der AkD zu verändern. Daher ist die Verschiebung des Ausführungszeitraums der AkD das am häufigsten genutzte Mittel zur Optimierung der verkehrlichen Auswirkungen. Die Bewertung der volkswirtschaftlichen Kosten aus Fahrtzeitverlusten stellt daher die zentrale Bewertungskenngröße für eine AkD dar. Volkswirtschaftliche Kosten aus dem Unfallgeschehen können bei AkD nur informativ ausgewiesen werden, da diese i. d. R. aufgrund fehlender Handlungsalternativen nicht durch den Planer der Tagesbaustelle verändert werden können. Um streckenbezogene Effekte, wie z. B. das Bauen im „Windschatten“ einer AID, berücksichtigen zu können, wird ebenfalls eine streckenbezogene Bewertung der volkswirtschaftlichen Kosten vorgenommen. Netzweite Effekte können über eine Anwendung der Regel 21 aus dem Regelkatalog der AID überprüft werden. In der Summe ergibt sich ein vereinfachtes Schema zur Bewertung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer mit dem Ampelsystem. Die Schwellenwerte für die Festlegung der Ampelbewertung in der Bewertung des Verkehrsablaufs sind prinzipiell in der gleichen Weise zu gliedern wie für die Bewertung von AID, sie müssen jedoch separat parametrierbar sein.

3.8 Beispielbewertung

Im Folgenden soll das beschriebene automatische Prüfverfahren mit Berechnung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen sowie der Überprüfung der Regeln anhand eines Beispiels nachvollzogen werden. Die fiktive Maßnahme besteht in der Erneuerung der Deckschicht einer Richtungsfahrbahn über zwei Kilometer in sieben Tagen (vgl. Tab. 3-3).

Volkswirtschaftliche Bewertung

Die Maßnahme soll in einer 4s+0-Behelfsverkehrsführung abgewickelt werden, um die gesamte Richtungsfahrbahn als Baufeld zur Verfügung zu haben. Durch die beengten Fahrstreifen und die notwendigen Überleitungen sinkt die Kapazität der Arbeitsstelle gegenüber der freien Strecke ab. Anhand der Verortung der Maßnahme werden aus dem Verkehrsanalyzesystem automatisiert die Streckenparameter, die Kapazität und die Verkehrsnachfrageganglinie über den Bauzeitraum aus den hinterlegten Datenbanken bestimmt und die volkswirtschaftlichen Auswirkungen berechnet.

Tab. 3-4 zeigt die monetär bewerteten volkswirtschaftlichen Auswirkungen. In Fahrtrichtung 1 entstehen Fahrtzeitverluste von 2.530 €/d bzw. 17.710 € über die gesamte Bauphase. Diese Fahrtzeitverluste übersteigen eine Geringfügigkeitsgrenze, sind jedoch nicht so erheblich, dass die Durchführung der Arbeitsstelle unter diesen Umständen unzulässig wäre. Daher werden die verkehrlichen Auswirkungen mit einer gelben Ampel bewertet. Neben der Beispiel-Arbeitsstelle befinden sich keine weiteren Arbeitsstellen auf dem Streckenabschnitt. Daher ergeben sich im Streckenzugkontext keine Synergieeffekte. Es wird ebenfalls eine gelbe Ampelbewertung vergeben. In Fahrtrichtung 2 entsteht durch abweichende Nachfrageverhältnisse und eine leicht höhere Kapazität (aufgrund fehlender Überleitungen) kein Stau. Daher wird hier mit einer grünen Ampel bewertet.

Regelbasierte Bewertung

Die Prüfung der Regeln ergibt für Fahrtrichtung 1 im Arbeitsstellenkontext eine gelbe Ampelbewertung. Diese ist auf gelbe Bewertungen in Regel 1 und 7 zurückzuführen. Die Fahrstreifenbreiten der Arbeitsstelle sind zulässig, nutzen aber eine Ausnahmeregelung aus (2,50 m Breite der Überholfahrstreifen). Die zul. Geschwindigkeit von 60 km/h ist ebenfalls zulässig, sollte aber eigentlich vermieden werden. Die verbleibenden Regeln werden eingehalten, so dass hier grüne Ampelbewertungen vergeben wurden. Im Streckenzug- und im Netzkontext sind keine Interaktionen von der zu bewertenden Arbeitsstelle mit weiteren Arbeitsstellen vorhanden, so dass hier für die Prüfung der Regeln ausschließlich grüne Ampelbewertungen vorliegen.

Gesamtbewertung

Durch das hierarchisch aufgebaute Bewertungssystem ergibt sich im Arbeitsstellen- und im Streckenzugkontext eine gelbe Bewertung, die auch das Gesamtergebnis darstellt (vgl. Bild 3-3). Die Be-

Bezeichnung	Beispiel	Bezeichnung	Beispiel
Identifikation der Maßnahme		Angaben zur Maßnahme	
Land	AA	Verkehrsführung	4s+0
BAB	777	V Zul. FR 1	60
Arbeitsstellen-ID	ABCDE-12345	V Zul. FR 2	60
Anfangspunkt der Maßnahme (Verkehrsführung)		V Zul. Innenbereich FR1	60
von Netzknoten	8704037	V Zul. Innenbereich FR2	60
nach Netzknoten	8804044	Fahrstr. Bau FR 1	2
Station A	0,00	Fahrstr. Bau FR 2	2
von Betr.-km	34,65	Fahrstr. Normal – Baubereich FR 1	2
Endpunkt der Maßnahme (Verkehrsführung)		Fahrstr. Normal – Baubereich FR 2	2
von Netzknoten	8704037	Fahrstr. Vorlauf FR 1	2
nach Netzknoten	8804044	Fahrstr. Vorlauf FR 2	2
Station E	2,35	Art der Maßnahme	E1
nach Betr.-km	37,00	Betriebsform	BF2
Länge	2,35	Regelplan	DII/2
Zwischen Anschlussstelle		Breite HFS1	3,25
Zwischen AS A	A-Stadt	Breite ÜFS1-1	2,50
BAB Knotennummer A	2713	Breite HFS2	3,25
und AS E	B-Stadt	Breite ÜFS2-1	2,50
BAB Knotennummer B	2714	Befestigte Breite Normal FR1	12,00
Bauzeitraum (= Beginn/Ende der Verkehrsführung)		Befestigte Breite Normal FR2	12,00
Beginn	08.04.2012	Provisorische Verbreiterung FR 1	0,00
Ende	15.04.2012	Provisorische Verbreiterung FR 2	0,00
Dauer	7	Breite Mitteltrennung	0,50
		Beschr. Fahrzeugbreite ÜFS1-1	2,00
		Beschr. Fahrzeugbreite ÜFS2-1	2,00

Tab. 3-3: Beispiel einer Baumaßnahme im Arbeitsstellen-Listenblatt

	Arbeitsstellenkontext			Streckenzugkontext	Gesamt
	Verkehrsa-blauf Zeitkosten [€/d]	Verkehrsa-blauf Zeitkosten [€/Phase]	Verkehrsa-sicherheit Unfallkosten [€]	Verkehrsa-blauf Zeitkosten [€]	Ampel- bewertung
Fahrtrichtung 1					
Beispielmaßnahme	2.530	17.710	5.000	17.710	gelb
Fahrtrichtung 2					
Beispielmaßnahme	0	0	5.000	0	grün

Tab. 3-4: Beispielhafte Ergebnisanzeige für die Bewertung von Ausführungsvarianten

wertung in Fahrtrichtung 2 sieht im Punkt der Prüfregeln vergleichbar aus, lediglich die volkswirtschaftliche Bewertung im Arbeitsstellen- und im Streckenkontext fällt positiv aus (grüne Ampel).

Zusammenfassend kann abgeleitet werden, dass die bewertete Arbeitsstelle in der vorgesehenen Form durchgeführt werden kann. Anhand des Bewertungsschemas kann jedoch auch gezielt Optimierungspotential abgeleitet werden. Diese Opti-

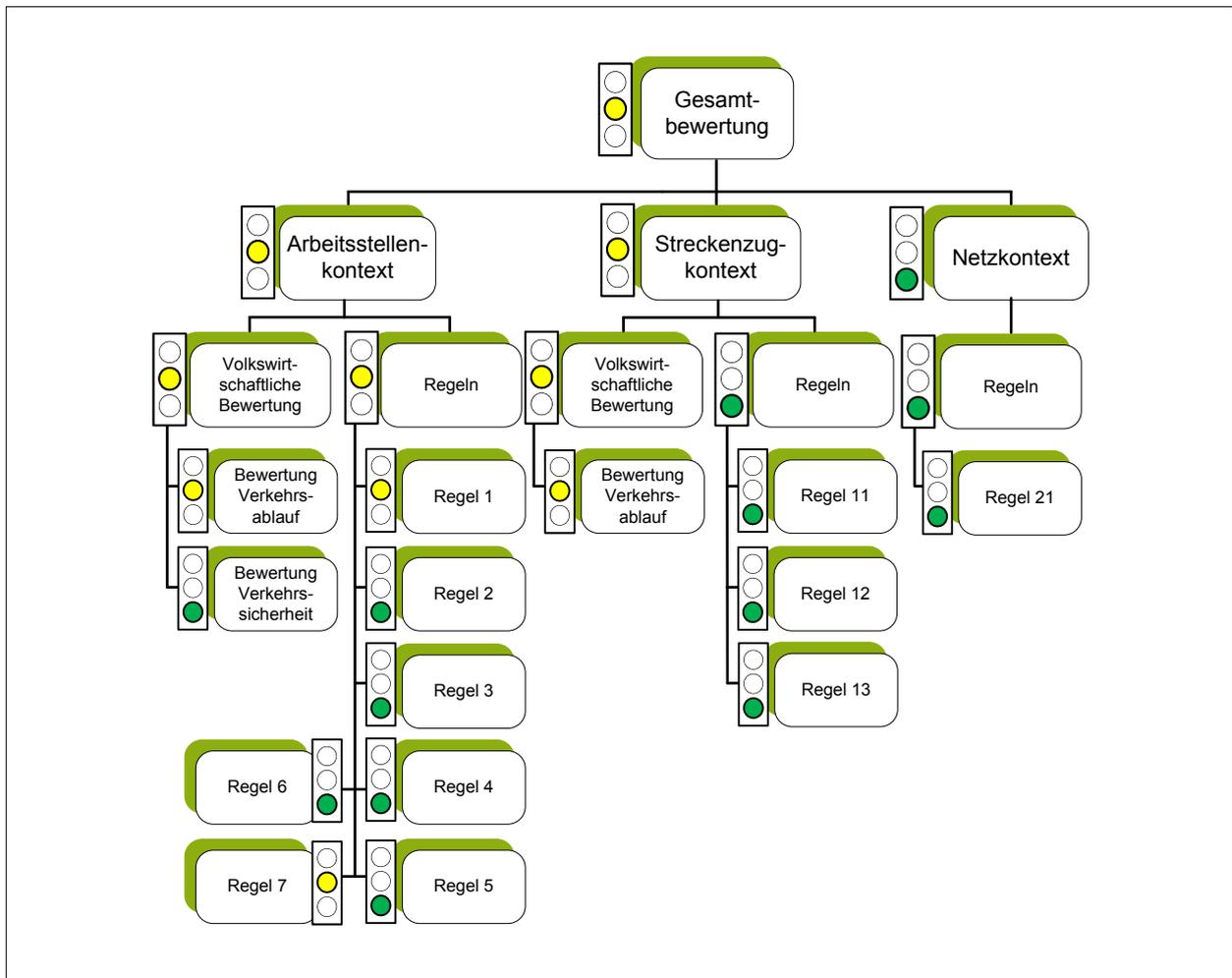


Bild 3-3: Bewertungsschema der Baumaßnahme (Fahrtrichtung 1)

mierungen sind unter Berücksichtigung aller Einflussgrößen auf den Bauablauf (z. B. Bauzeiten und Kosten) zu entwickeln. Im vorliegenden Fall würde eine provisorische Verbreiterung der Fahrbahn aufgrund der kurzen Baustellendauer und der hohen Kosten keine Option darstellen, die volkswirtschaftlichen Auswirkungen zu senken. Eine überlegenswerte Alternative wäre jedoch die Verwendung einer schmalen Mitteltrennung von 30 cm im Gegenverkehrsbereich, um damit beiden Überholfahrstreifen jeweils 10 cm mehr Raum zu geben.

4 Wissenschaftliche Anwendung des Verkehrsanalysesystems

4.1 Ziel und Vorgehen

Das Verkehrsanalysesystem wird vorrangig als Bewertungsverfahren für die Baubetriebsplanung entwickelt. Darüber hinaus kann das Modell für die Berechnung der verkehrlichen Bewertung auch für die Analyse wissenschaftlicher und verkehrsplanerischer Fragestellungen eingesetzt werden. Darin soll zum einen die Betrachtung von einzelnen Strecken von Autobahnen und zum anderen die Betrachtung eines gesamten Streckenzugs ermöglicht werden. Da in das System vorerst kein Umlegungsmodell implementiert wird, ist eine netzbezogene Anwendung nicht möglich.

Für eine wissenschaftliche Analyse ist es erforderlich, den Verkehrsablauf über einen längeren Zeitraum zu untersuchen. Die Anwendung der

Ganzjahresanalyse ermöglicht die Betrachtung beliebig langer Zeiträume.

Für den Anwendungsfall der Baubetriebsplanung wird ein deterministisches Warteschlangensystem mit deterministischen Eingangsgrößen verwendet. Für wissenschaftliche Fragestellungen sind jedoch umfangreichere Berechnungsvarianten denkbar.

Anders als bei der Baubetriebsplanung ist für den wissenschaftlichen Anwendungsfall eine kürzere Intervalldauer von 5 Minuten vorgesehen. Da die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse nicht gewährleistet sein muss, sind sowohl die Verwendung stochastischer Eingangsgrößen als auch die Berücksichtigung von Unfällen, Pannen und Witterungsbedingungen möglich. Für die Bestimmung statistisch aussagekräftiger Mittelwerte ist dabei eine große Anzahl von Berechnungswiederholungen erforderlich. Darüber hinaus soll auch die rein deterministische Betrachtung in Stunden-Intervallen möglich sein.

4.2 Eingangsgrößen

Verkehrsnachfrage

Für die Nachbildung der Verkehrsnachfrage können Ganglinien des Kfz- und des Schwerverkehrs sowohl in Stunden- als auch in 5-Minuten-Intervallen manuell in das System eingegeben werden.

Eine automatisierte Umrechnung der Stundenwerte der Verkehrsnachfrage in stochastische 5-Minuten-Werte erfolgt innerhalb des Systems.

Kapazität

Im Verkehrsanalyzesystem können sowohl die Kapazitäten einer Strecke als auch die temporären Abminderungen der Kapazität (z. B. durch Unfälle, Pannen und Witterungsbedingungen) auf unterschiedliche Weise eingesetzt werden.

Sofern entsprechende Untersuchungen vorliegen, können sowohl empirisch ermittelte Kapazitätswerte in Stunden-Intervallen als auch für die stochastischen 5-Minuten-Werte empirisch ermittelte Parameter der Weibull-Kapazitätsverteilung verwendet werden. Die näherungsweise Ableitung stochastischer 5-Minuten-Werte aus Stunden-Intervallen erfolgt innerhalb des Systems.

Über die Grundkapazitäten und Arbeitsstellenkapazitäten hinaus kann die Modellierung von Kapazitätsabminderungen von Interesse sein. Auf die Berücksichtigung der Auswirkungen von Störfällen wurde im Rahmen der Baubetriebsplanung verzichtet. Im wissenschaftlichen Anwendungsfall können jedoch unterschiedliche Einflüsse zuge-

schaltet werden. Temporäre Kapazitätsabminderungen (z. B. durch Unfälle, Pannen und Witterungsbedingungen) können pauschal oder zufällig in die Berechnung eingestreut werden. Hierzu werden Störfallszenarien definiert, die durch den Nutzer beliebig kombinierbar sind. Es müssen zwei Typen von Szenarien unterschieden werden: Regelmäßige und zufällige Reduktionen der Kapazitätsganglinie.

Für regelmäßige Reduktionen der Kapazitätsganglinie müssen Zeitbereiche festgelegt werden, in denen diese auftreten. Diese Zeitbereiche können z. B. folgende Unterscheidungen abbilden:

- Tag/ Nacht (bzw. tageshelle Stunden)
- Werktage/ Sonn- und Feiertage
- Winter/ Sommer

In jedem Zeitintervall, das durch diese Definition erfasst wird, wird eine pauschale Kapazitätsreduktion angesetzt.

Für zufällige Kapazitätsreduktionen wird zunächst die Gesamtanzahl der Zufallsereignisse berechnet. Diese kann als

- pauschaler Wert (z. B. Störfälle im Untersuchungszeitraum),
- pauschaler, zeitabhängiger Wert (z. B. Hindernisse auf der Fahrbahn pro Jahr),
- fahrleistungsbezogene Rate (z. B. Unfall- oder Pannennraten) oder
- zeitabhängige Häufigkeitsfunktion (z. B. Häufigkeit für ein Regenereignis differenziert nach Monaten)

angegeben werden und ist entsprechend auf den Analysezeitraum umzurechnen.

In einem weiteren Schritt muss der Startzeitpunkt eines jeden Ereignisses zufällig einem Intervall zugewiesen werden. Hierzu sind folgende Verteilungsfunktionen für einen Zufallsgenerator vorzusehen:

- Wahrscheinlichkeitsverteilung mit von der Verkehrsstärke abhängigem Erwartungswert zur Modellierung von Pannen und Unfällen,
- Gleichverteilung als Wahrscheinlichkeitsverteilung zur Modellierung von Witterungsereignissen.

Die Dauer und die Höhe einer Kapazitätseinschränkung sind je Störfalltyp zu definieren. Dabei können mehrere Phasen mit verschiedenen Dauern und Ausmaßen der Kapazitätseinschränkungen aneinander anschließen (z. B. bei Unfällen).

Die in Lage, Dauer und Ausmaß errechneten Kapazitätsreduktionen werden in die bereits bestehende Kapazitätsganglinie eingebracht.

Im Rahmen von Einzelfallanalysen muss es dem Anwender möglich sein, einzelne Störfälle an bestimmten Zeitpunkten im Jahr zu definieren und deren Ausmaß anzugeben. Dies kann z. B. zur Einschätzung von Stauauswirkungen durch Unfälle dienen.

Modellparameter

Neben den Komponenten Verkehrsnachfrage und Kapazität können auch die relevanten Modellparameter (z. B. Capacity Drop) vom Anwender variiert werden. Alternative Werte können abweichend zum hinterlegten Standardparametersatz verwendet werden.

4.3 Bewertungskenngrößen

Mit Hilfe des deterministischen Warteschlangenmodells werden lediglich überlastungsbedingte Fahrtzeitverluste bestimmt. Für wissenschaftliche Untersuchungen wird ein erweitertes Verfahren verwendet, das zusätzlich auch Zeitverluste im fließenden Verkehr berücksichtigt. Neben den überlastungsbedingten Zeitverlusten werden dabei die Fahrtzeiten im fließenden Verkehr durch ein Verkehrsflussmodell, dessen Parameter in Abhängigkeit von der (stochastisch variablen) Kapazität angepasst werden, berechnet.

Die Berechnung der Unfallkenngrößen im Anwendungsfall Baubetriebsplanung beschränkt sich auf die Berechnung der Unfallkosten über Unfallkostenraten. In der wissenschaftlichen Anwendung kann eine tiefergehende Erklärung des Unfallgeschehens von Interesse sein. Daher muss hier neben der Versorgung der Unfallkostenraten auch eine Versorgung von Unfallraten und Unfallkostensätzen möglich sein. Diese sollten getrennt für die Unfallkategorien 1, 2, 3, 4 + 6 und 5 vorliegen.

Für eine zusammenfassende Bewertung findet in der wissenschaftlichen Anwendung eine Berechnung der volkswirtschaftlichen Kosten (Fahrtzeitkosten, Kraftstoffverbrauch, Abgasemissionen und Unfallkosten) statt. Die Monetarisierung erfolgt anhand von Kostensätzen, die eine Konsistenz der Berechnungsergebnisse mit den zukünftigen RWS sicherstellen.

Die Bewertungskenngrößen werden dem Anwender als Gesamtsumme und als Ganglinie über den Bewertungszeitraum angezeigt.

Literatur

- AVERZ: Kühnen, M.: Autobahnverzeichnis 2006. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V154, Bergisch Gladbach, 2006.
- BECKMANN, A.; ZACKOR, H.: Untersuchung und Eichung von Verfahren zur aktuellen Abschätzung von Staudauer und Staulängen infolge von Tages- und Dauerbaustellen auf Autobahnen. Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Verkehrstechnik, Heft 808, Bonn, 2001.
- BEYER, G.: Breite Fahrzeuge, schmale Behelfsfahrbahnen – Intelligente Lösungen zum sicheren Verkehrsablauf in Baustellen. Vortrag auf dem Aachener Arbeitsstellen-Symposium am 23.02.2012, Aachen, 2012.
- BMV: Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA). Ausgabe 1995, Bundesministerium für Verkehr (Hrsg.), Bonn, 1995.
- BMV: Richtlinien zur Baubetriebsplanung auf Bundesautobahnen (RBAP). Bundesministerium für Verkehr (Hrsg.), Bonn, 1996.
- BMV: Bundesfernstraßen – Planen, Bauen und Betreiben. Bundesrechnungshof (Hrsg.), Schriftenreihe des Bundesbeauftragten für Wirtschaftlichkeit in der Verwaltung, Band 11, Bonn, 2004.
- BMVBS: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 04/2011 (ARS 04/2011): Arbeitsstellen an Straßen – Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen. Az: StB 11/7123.7/1299927, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.), Bonn, 2011a.
- BMVBS: Ausführungshinweise zum Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen. Version Mai 2011, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), Bonn, 2011b.
- BMVBS: Entwurfsfassung der Richtlinien für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (RWS) im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.). Stand: 06/2012 (unveröffentlicht).
- BMVBW: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 04/2008 (ARS 04/2008): Arbeitsstellen an Bundesautobahnen – Vorgaben zur Bauzeitverkürzung. Az: S11/7123.7/2/824616, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.), Bonn, 2008.

- BOLTE, F.; POLLMANN, P.: Staubrechnung zur Planung und Terminierung von Straßenbauarbeiten. Straßenverkehrstechnik, Heft 4/1984, S. 121-127, Kirschbaumverlag, Bonn, 1984.
- BRILON, W.; ZURLINDEN, H.: Überlastungswahrscheinlichkeiten und Verkehrsleistung als Bemessungskriterium für Straßenverkehrsanlagen. Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 870, Bonn, 2003.
- BRILON, W.; GEISTEFELDT, J.; REGLER, M.: Entwicklung von Zielgrößen für die Verkehrsbeeinflussung auf Bundesfernstraßen in Hessen. Schlussbericht im Auftrag des Hessischen Landesamts für Straßen- und Verkehrswesen – Verkehrszentrale Hessen, Lehrstuhl für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum, 2006.
- FELDGES, M.; KATZLER, R.: Tool zur Abschätzung von Rückstaus und Wirtschaftlichkeit von Stauwarnanlagen (StWA) – Dokumentation. Studie im Auftrag des Landes Baden-Württemberg (unveröffentlicht), Aachen 2011.
- FGSV: Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen EWS (Aktualisierung der RAS-W '86), Ausgabe 1997, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Köln 1997.
- FGSV: Entwurfssfassung des zukünftigen Kapitel A3 des Handbuchs für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), 2012.
- HINKEL, J.: Verkehrliche Betrachtung von Arbeitsstellen auf BAB am Beispiel von NRW. Vortrag auf dem Aachener Arbeitsstellen-Symposium am 23.02.2012, Aachen, 2012.
- KIRSCHFINK, H.; RIEGELHUTH, G.: Umfassendes Baustellenmanagement in Hessen. Straße und Autobahn, Heft 11/2003, 2003.
- OBER-SUNDERMEIER, A.; OTTO, C.: Quantifizierung staubedingter Reisezeitverluste auf Bundesautobahnen – Störungsursache: Arbeitsstellen. Schlussbericht zum FE 01.153/2000/CRB der Bundesanstalt für Straßenwesen (unveröffentlicht), Hannover, 2003.
- PINKOFSKY, L.: Ganglinientypen. Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 99, Bergisch-Gladbach, 2002.
- RESSEL, W.: Untersuchungen zum Verkehrsablauf im Bereich der Leistungsfähigkeit an Baustellen auf Autobahnen. Informationen Verkehrsplanung und Straßenwesen, Heft 37, München, 1994.
- RIEGELHUTH, G.: Baustellenmanagement Hessen – Erfahrungen und Perspektiven. Vortrag auf dem Aachener Arbeitsstellen-Symposium am 23.02.2012, Aachen, 2012.
- ROOS, R.; HESS, R.; NORKAUER, A.; ZIMMERMANN, M.; ZACKOR, H.; OTTO, J.: Planung und Organisation von Arbeitsstellen kürzerer Dauer an Bundesautobahnen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe Verkehrstechnik, Heft V143, Bergisch Gladbach, 2006.
- SCHÖNBORN, H. D.; SCHULTE, W.: RSA- Handbuch, Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen, Band 1: RSA mit Kommentar. 2. Auflage, Kirschbaum Verlag, Bonn, 1999.
- STRASSEN.NRW: Kölner Ring A1: Teilspernung Anschlussstelle Lövenich bis September. Pressemitteilung des Landesbetriebs Straßenbau NRW vom 18.07.2011, Gelsenkirchen, 2011.

Anhang

- Anhang A: Fragebogen der Länderumfrage zum Baustellenmanagement
- Anhang B: Schaubild „Arbeitsstellenbewertung mit dem Verkehrsanalyzesystem“
- Anhang C: Schaubild „Wissenschaftliche Anwendung des Verkehrsanalyzesystems“
- Anhang D: Arbeitsstellen-Listenblatt - Teil „Identifikation und Verortung“
- Anhang E: Arbeitsstellen-Listenblatt - Teil „Angaben zur Maßnahme (1)“
- Anhang F: Arbeitsstellen-Listenblatt - Teil „Angaben zur Maßnahme (2)“

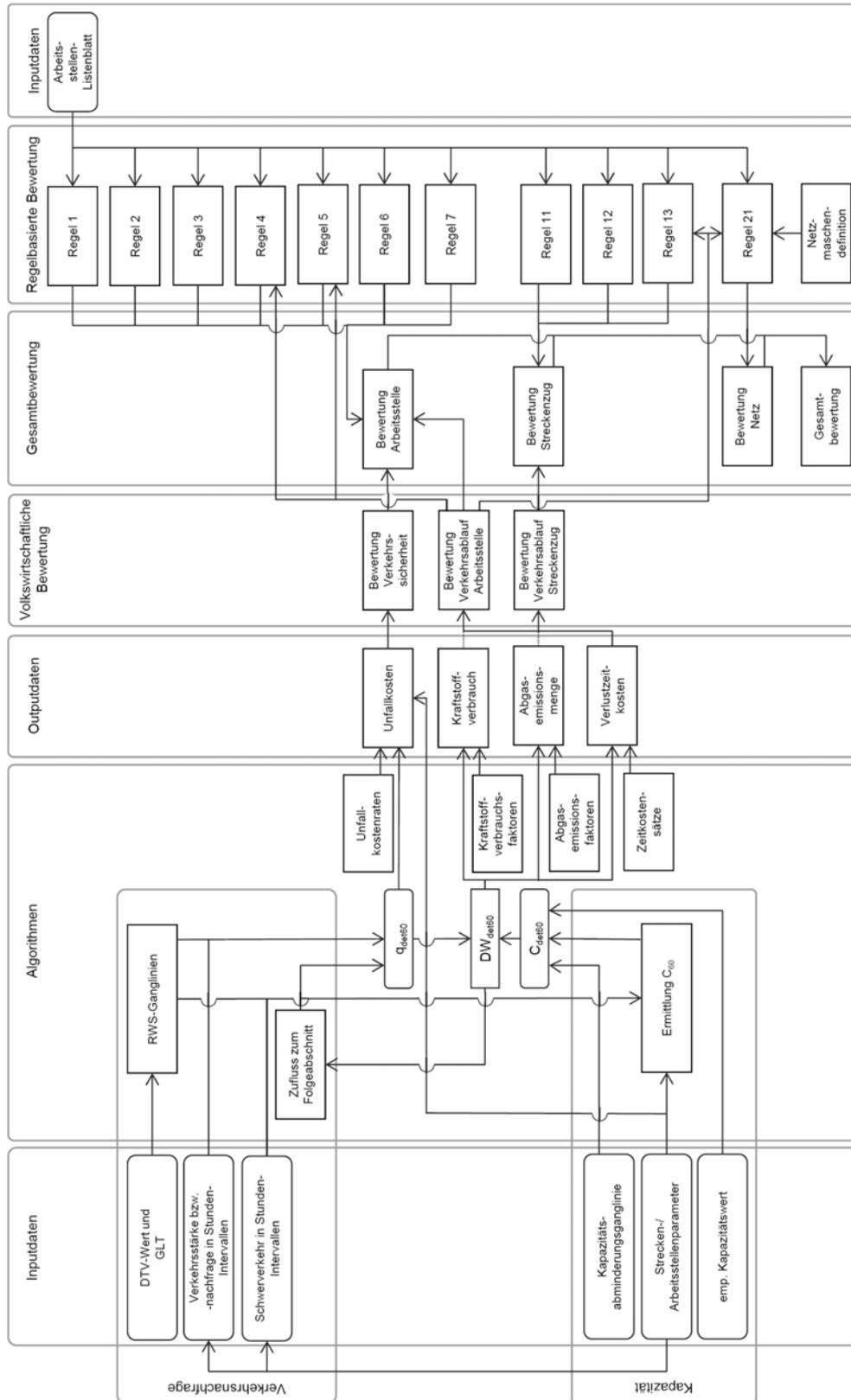
Anhang A: Fragebogen der Länderumfrage zum Baustellenmanagement

Fragenkatalog:

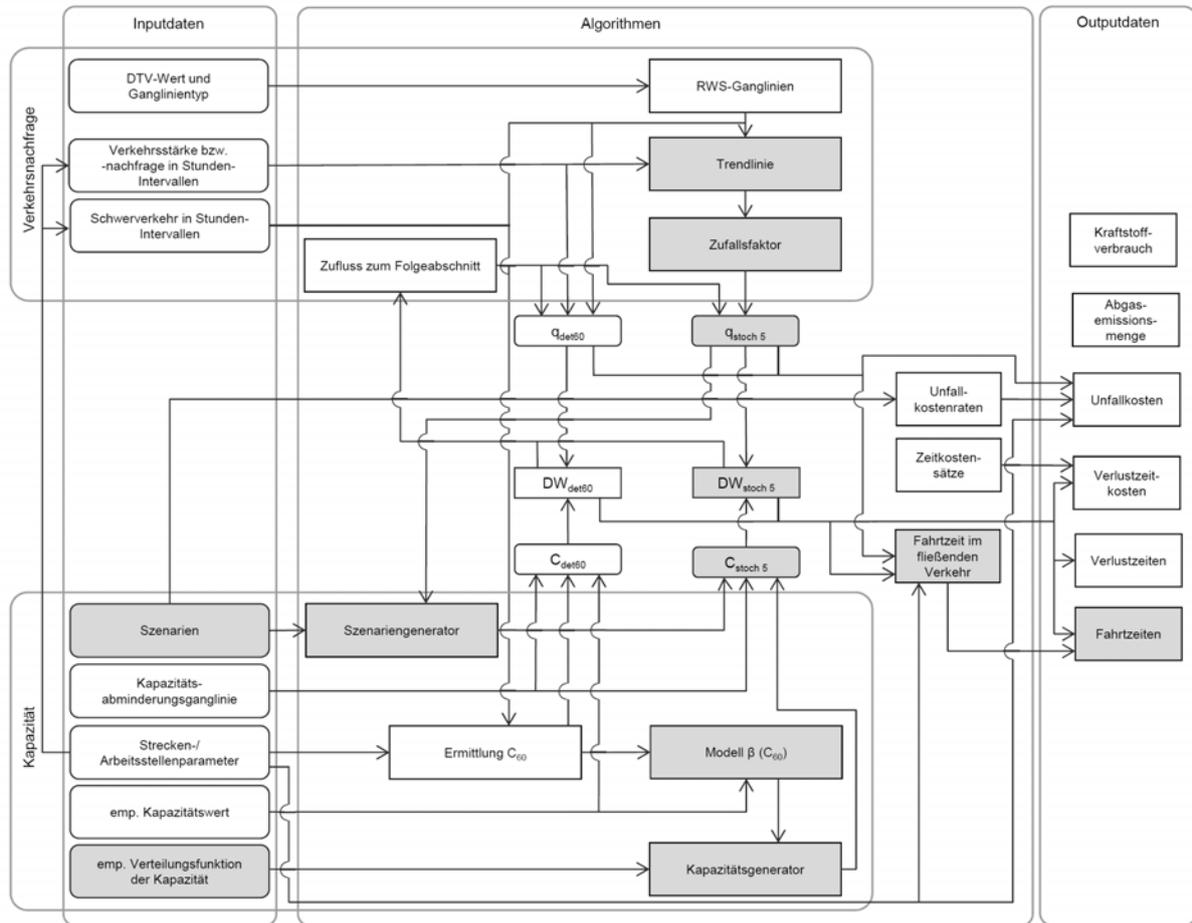
1. Wurde der Leitfaden zum Arbeitsstellenmanagement auf Bundesautobahnen in Ihrem Bundesland eingeführt und zur Anwendung empfohlen?
2. Wie ist das Verfahren der Baubetriebsplanung in Ihrem Land organisiert? Wer (welche Ebene) plant den Ausführungszeitraum einer Baumaßnahme?
3. Durch wen wird die Berechnung der verkehrlichen Auswirkungen im Rahmen der Baubetriebsplanung ausgeführt?
Durch wen findet eine mögliche Koordinierung der Baumaßnahmen statt?
4. Wird die Berechnung der verkehrlichen Auswirkungen nach RBAP bzw. Leitfaden Arbeitsstellenmanagement mit einer Software durchgeführt? Wenn ja, mit welcher?
5. Welche Kriterien führen im Rahmen der Baubetriebsplanung zu einer Umplanung/Koordinierung von Baumaßnahmen?
 - Überschreitung der Grenzwerte für S_{Diff} nach Leitfaden Arbeitsstellenmanagement
 - Überschreitung länderintern festgelegter Grenzwerte für S_{Diff}
 - Räumliche Verdichtung von Arbeitsstellen
 - Zeitliche Verdichtung von Arbeitsstellen
6. Welche Maßnahmen werden zur Koordination von Arbeitsstellen längerer Dauer auf Autobahnen in Ihrem Bundesland verwendet?
 - keine
 - Verschieben des Ausführungszeitraums
 - Zusammenfassen mehrerer Baumaßnahmen im Zuge einer Strecke
 - Veränderung der Verkehrsführung
 - Veränderung der Baubetriebsform
 - „Wochenendmaßnahmen“
 - Hochkonzentrierte Durchführung unter Vollsperrung
 - Freihalten von Alternativrouten
7. Wird das Verfahren zur Berechnung verkehrlicher Auswirkungen zum Vergleich unterschiedlicher Ausführungsszenarien (z. B. Verkehrsführungen, Zeiträume) genutzt?
8. Welche Hilfsmittel stehen für die Planer in Ihrem Land zur Verfügung, die Zeitfenster von Arbeitsstellen festlegen?
 - keine
 - Ferienkalender
 - Transitstreckenverzeichnis
 - Ereigniskalender
 - Staugefährdungsklassen
9. Durch welche Stelle wird die Baubetriebsmeldung an den Bund erzeugt?

10. Woraus beziehen Sie die für die verkehrliche Bewertung notwendigen Angaben zum Streckennetz (Breite der befestigten Fahrbahn, Anzahl Fahrstreifen (Bau/normal), Längsneigung, weitere)?
11. Woraus beziehen Sie die für die verkehrliche Bewertung notwendigen Verkehrsdaten?
12. Sind in Ihrem Bundesland Netzmaschen definiert, in denen Alternativrouten zu bestehenden Arbeitsstellen von weiteren Arbeitsstellen freizuhalten sind? (Falls eine Dokumentation (Karte/Tabelle) vorliegt, bitte beifügen)

Anhang B: Schaubild „Arbeitsstellenbewertung mit dem Verkehrsanalysesystem“



Anhang C: Schaubild „Wissenschaftliche Anwendung des Verkehrs- analysesystems“



Hinweis:

Module, die bei der wissenschaftlichen Anwendung des Verkehrs- analysesystems zusätzlich zur Verfügung stehen, sind grau hinterlegt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auf die Verknüpfung der Module „Kraftstoffverbrauch“ und „Abgasemissionsmenge“ und auf den Bereich „Regelbasierte Bewertung“ verzichtet. Diese Module stehen analog zu Anhang B zur Verfügung.

Anhang D: Arbeitsstellen-Listenblatt - Teil „Identifikation und Verortung“

Nr. heute	Bezeichnung	Erläuterung
1	Land	Kürzel Bundesland
2	BAB	BAB-Nr.
3	Arbeitsstellen-ID	Eindeutige Identifikationsnummer
Anfangspunkt der Maßnahme (Verkehrsführung)		
4	von Netzknoten	Nach ASB
5	nach Netzknoten	Nach ASB
6	Station A	Nach ASB
7	von Betr.-km	Nach ASB
Endpunkt der Maßnahme (Verkehrsführung)		
8	von Netzknoten	Nach ASB
9	nach Netzknoten	Nach ASB
10	Station E	Nach ASB
11	nach Betr.-km	Nach ASB
12	Länge	Berechnet aus Feld 7 und 8 bzw. 6 und 10
Zwischen Anschlussstelle		
13	Zwischen AS A	Nach AVERZ
14	BAB Knotennummer A	Nach AVERZ
15	und AS E	Nach AVERZ
16	BAB Knotennummer B	Nach AVERZ
Bauzeitraum (= Beginn/Ende der Verkehrsführung)		
17	Beginn	Datum, Uhrzeit
18	Ende	Datum, Uhrzeit
19	Dauer	Berechnet aus Feld 17 und 18

Anhang E: Arbeitsstellen-Listenblatt - Teil „Angaben zur Maßnahme (1)“

Angaben zur Maßnahme		
20	Verkehrsführung	
n.v.	V Zul. FR 1	Minimale zul. Geschwindigkeit im Baustellenbereich in der FR 1
n.v.	V Zul. FR 2	Minimale zul. Geschwindigkeit im Baustellenbereich in der FR 2
n.v.	V Zul. Innenbereich FR1	Zul. Geschwindigkeit im Baustellenbereich FR 1 (überwiegender Anteil)
n.v.	V Zul. Innenbereich FR2	Zul. Geschwindigkeit im Baustellenbereich FR 2 (überwiegender Anteil)
n.v.	Fahrstr. Bau FR 1	Anzahl der Fahrstreifen im Bauzustand in FR 1
n.v.	Fahrstr. Bau FR 2	Anzahl der Fahrstreifen im Bauzustand in FR 2
n.v.	Fahrstr. Normal – Baubereich FR 1	Anzahl der Fahrstreifen im Baubereich vor Einrichtung der Baustelle in FR 1
n.v.	Fahrstr. Normal – Baubereich FR 2	Anzahl der Fahrstreifen im Baubereich vor Einrichtung der Baustelle in FR 2
n.v.	Fahrstr. Vorlauf FR 1	Anzahl der Fahrstreifen im Vorlauf zur Baustelle in FR 1
n.v.	Fahrstr. Vorlauf FR 2	Anzahl der Fahrstreifen im Vorlauf zur Baustelle in FR 2
24	Art der Maßnahme	Nach Vorgabe
25	Betriebsform	Auswahl nach Vorgabe
n.v.	Regelplan	Angabe des verwendeten Regelplans nach RSA
n.v.	Breite HFS1	Breite des Hauptfahrstreifens in FR 1
n.v.	Breite ÜFS1-1	Breite des ersten Überholfahrstreifens in FR 1
n.v.	Breite ÜFS1-2	Breite des zweiten Überholfahrstreifens in FR 1
n.v.	Breite ÜFS1-3	Breite des dritten Überholfahrstreifens in FR 1
n.v.	Breite HFS2	Breite des Hauptfahrstreifens in FR 2
n.v.	Breite ÜFS2-1	Breite des ersten Überholfahrstreifens in FR 2
n.v.	Breite ÜFS2-2	Breite des zweiten Überholfahrstreifens in FR 2
n.v.	Breite ÜFS2-3	Breite des dritten Überholfahrstreifens in FR 2
n.v.	Befestigte Breite Normal FR1	Befestigte Breite vor Einrichtung Baustelle FR 1
n.v.	Befestigte Breite Normal FR2	Befestigte Breite vor Einrichtung Baustelle FR 2
n.v.	Provisorische Verbreiterung FR 1	Ggf. Breite einer prov. Verbreiterung in FR 1
n.v.	Provisorische Verbreiterung FR 2	Ggf. Breite einer prov. Verbreiterung in FR 2
n.v.	Breite Mitteltrennung	Ggf. Breite der Mitteltrennung
n.v.	Beschränkung Fahrzeugbreite ÜFS1-1	Beschränkte Breite
n.v.	Beschränkung Fahrzeugbreite ÜFS1-2	Beschränkte Breite
n.v.	Beschränkung Fahrzeugbreite ÜFS1-3	Beschränkte Breite
n.v.	Beschränkung Fahrzeugbreite ÜFS2-1	Beschränkte Breite
n.v.	Beschränkung Fahrzeugbreite ÜFS2-2	Beschränkte Breite
n.v.	Beschränkung Fahrzeugbreite ÜFS2-3	Beschränkte Breite
Ergänzungsblatt		
7	Anzahl Samstage	
8	Arbeitszeit wöchentlich	
9	Nebenangebote	
10	funktionale Leistungsbeschreibung	
11	Beschleunigungsvergütung	

Anhang F: Arbeitsstellen-Listenblatt - Teil „Angaben zur Maßnahme (2)“

Dieser Teil enthält Parameter der Arbeitsstelle, die – abhängig von den Forschungsergebnissen aus den laufenden Forschungsprojekten FE 01.0176/2011/HRB und FE 03.478/2011/OGB – zur Berechnung der Kapazitäten und Sicherheitskennwerten der Arbeitsstellen herangezogen werden. Es ist daher derzeit nicht absehbar, ob alle Parameter der folgenden Liste in Zukunft übermittelt werden müssen oder ob sich dies nur auf einzelne Parameter beschränkt.

Nr. heute	Bezeichnung	Erläuterung
n.v.	Verschwenkung	Verschwenkung von Fahrstreifen innerhalb einer Verkehrsführung
n.v.	V Zul. Überleitung FR1	Zul. Geschwindigkeit in der Überleitung FR 1
n.v.	V Zul. Überleitung FR2	Zul. Geschwindigkeit in der Überleitung FR 2
n.v.	V Zul. Rückleitung FR1	Zul. Geschwindigkeit in der Rückleitung FR 1
n.v.	V Zul. Rückleitung FR2	Zul. Geschwindigkeit in der Rückleitung FR 2
n.v.	Gegenverkehrstrennung	Art der Gegenverkehrstrennung
n.v.	Besonderheiten	Besondere Strecken- und Steuerungsbedingungen (Tunnel, Streckenbeeinflussungsanlage, Temporäre Seitenstreifenfreigabe, modifiziertes Reißverschlussverfahren, versetztes Fahren, Stauwarnanlagen, aufmerksamkeits erhöhende Beschilderung, ...)