

# Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 135

The logo consists of the word "bast" in a bold, lowercase, green sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving it a 3D appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page.

# Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen

von

Thorsten Cypra  
Ralf Roos  
Matthias Zimmermann

Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen  
Universität Karlsruhe (TH)

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 135

**bast**

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines  
B - Brücken- und Ingenieurbau  
F - Fahrzeugtechnik  
M- Mensch und Sicherheit  
S - Straßenbau  
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

## **Impressum**

**Bericht zum Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 03.343/2001/HGB:**  
Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen

Projektbetreuung  
Karl Moritz

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

**Redaktion**  
Referat Öffentlichkeitsarbeit

**Druck und Verlag**  
Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven  
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0  
Telefax: (04 71) 9 45 44 77  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

## Kurzfassung – Abstract

### Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen

Winterliche Fahrbahnbedingungen führen auf den hoch belasteten Autobahnen, deren Verkehrsfluss bereits bei normaler Witterung am Rande der Leistungsfähigkeit liegt, innerhalb kürzester Zeit zu erheblichen Verkehrsstörungen bis hin zum totalen Erliegen des Verkehrs. Auf Grund der Bedeutung dieser Verkehrsadern werden an den Winterdienst auf Bundesautobahnen sehr hohe Anforderungen gestellt. Der geforderte Standard kann nur gewährleistet werden, wenn der Winterdienst optimal organisiert und ausgestattet ist und die Einsätze innerhalb kürzester Zeit durchgeführt werden können. Dies gilt insbesondere für Autobahnmeistereien, die Winterdienst auf hoch belasteten Streckenabschnitten bzw. auf Autobahnabschnitten mit erschwerenden Randbedingungen wie hohen Längsneigungen durchführen.

Bei diesem Forschungsvorhaben wurden daher zwei Ziele verfolgt: Zum einen wurden durch eine verkehrstechnische Untersuchung winterbedingter Staus Größenordnungen der Kapazität von Autobahnquerschnitten bei winterlichen Fahrbahnbedingungen ermittelt. Zum anderen wurden ausgewählte Maßnahmen zur Unterstützung des Winterdienstes auf hoch belasteten Streckenabschnitten als Pilotprojekte in mehreren Autobahnmeistereien untersucht, um mögliche Empfehlungen für die Winterdienstpraxis geben zu können.

Bei der verkehrstechnischen Untersuchung wurden bei ausgewählten Autobahnmeistereien in Baden-Württemberg und Hessen während der Winter 2001/02 bis 2003/04 winterbedingte Staus ausgewertet. Eingangsgrößen für die Kapazitätsermittlung waren dabei Stauprotokolle und Winterdienst-Einsatzberichte der Autobahnmeistereien, Informationen über Wetter und Fahrbahnzustand, der Höhenverlauf der Untersuchungsstrecken sowie Geschwindigkeits- und Verkehrsstärkedaten von Langzeitzählstellen. Die in dieser Untersuchung entwickelte Methodik der Datenerhebung und Auswertung mit Hilfe des linearen k-v-Diagramms hat sich als geeignet erwiesen, erste Ergebnisse zur maximalen Verkehrsstärke von Autobahnquerschnitten bei winterlichen Fahrbahnbedingungen zu liefern.

Zu den ausgewählten Maßnahmen, die im Rahmen dieses Forschungsprojektes untersucht wurden, zählen der Einsatz eines Hochleistungsfahrzeugs mit Ausrüstung eines Kehrblasaggregates für den Winterdienst, der Einsatz einer mobilen Taumittelsprühanlage im Baustellenbereich, die Nutzung von blauem Blinklicht mit Einsatzhorn auf Winterdienstfahrzeugen, die Verstärkung des Winterdienstes durch Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeuges, die Reduktion der Beladungszeiten durch verschiedene Beladungssysteme, die Möglichkeiten einer optimierten Winterdienststeuerung durch eine Winterdienstzentrale, die Nutzung von Betriebsumfahrten im Winterdienst sowie Möglichkeiten der Durchsetzung von temporären Fahrverboten bei extremen Winterereignissen. Nach Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zur weiteren Beurteilung der untersuchten Maßnahmen konnten abschließend Empfehlungen für die Winterdienstpraxis erarbeitet werden.

Der Originalbericht enthält als Anlagen ein ergänztes Formblatt des Winterdiensteseinsatzberichtes (Anl. 1), Lageplan und Streckennetzdaten der untersuchten Autobahnmeistereien (Anl. 2), den Bestand der Fahrzeug-, Geräte und Betriebseinrichtungen ausgewählter Autobahnmeistereien (Anl. 3 bis 10), die Auswerteergebnisse der winterbedingten Staus (Anl. 11) sowie zusätzliche Angaben und Fotos zum Hochleistungs-Kehrblas-Gerät, der mobilen Taumittelsprühanlage und zu temporären Fahrbahnsperrungen (Anl. 12 bis 14). Auf die Wiedergabe dieser Anlagen wurde in der vorliegenden Veröffentlichung verzichtet. Sie liegen bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vor und sind dort einsehbar. Verweise auf die Anlagen im Berichtstext wurden zur Information des Lesers beibehalten.

### Optimisation of winter maintenance services on motorways with heavy traffic

Carriageway conditions on motorways with heavy traffic whose flow of traffic is already at a high capacity in normal weather conditions lead to considerable disturbances in traffic within the shortest space of time, ending in total disruption. Due to the importance of these arterial roads, high demands are placed on winter maintenance services on federal motorways. The standard required can only be guaranteed if the winter

maintenance service is organised and equipped optimally and the service is carried out within the shortest space of time. This applies to motorway maintenance services in particular, that carry out winter services on sections of routes with heavy traffic and motorway sections with difficult boundary conditions such as high longitudinal gradients.

Two objectives were therefore pursued during this research: On the one hand, a technical investigation of traffic congestion caused by winter numbers of the capacity of motorway cross sections in winterly carriageway conditions were found out. On the other hand, selected measures for supporting the winter maintenance services on sections of routes with heavy traffic were examined in several motorway maintenance workshops to be able to give possible recommendations for carrying out winter maintenance services.

During the technical research on traffic, the congestion caused by winter conditions was evaluated at selected motorway maintenance service workshops in Baden-Wuerttemberg and Hessen in winter 2001/02 to 2003/04. Input parameters for determining the capacity here, were records of congestion and reports on the winter maintenance services conducted by the maintenance service workshops, information on weather and condition of the carriageways, the height of the routes examined as well as data on speed and traffic concentration from long term counting points. The methodology of data collection and evaluation developed in this investigation using the linear KV diagram turned out to be suitable in providing the first results for maximum traffic intensity of motorway cross sections in winterly carriageway conditions.

Amongst the selected measures examined within the framework of this research project are the use of a high performance vehicle equipped with a blower unit for winter maintenance service, the use of a mobile de-icing spray unit in the site area, the use of the blue blinking light with emergency siren on winter maintenance vehicles, the intensification of winter maintenance services by using an additional winter maintenance vehicle, the reduction of loading times using different loading systems, the possibilities of an optimised winter service control through a central office for winter maintenance services, the use of inspection tours in winter maintenance services as well as the

possibilities of implementing temporary driving prohibitions during extreme winter conditions. After observations on the further assessment of the examined measures were made, recommendations for carrying out winter services could finally be worked out.

The original report includes the following as appendices: A filled out form of the winter maintenance service report (Appendix 1), plan of site and route network data of the motorway maintenance workshops examined (Appendix 2), the inventory of the vehicle, equipment and service facilities of selected motorway maintenance workshops (Appendices 3 to 10), the results of the evaluation of the congestion caused by winter conditions (Appendix 11) as well as additional information and photos on the high capacity blower unit, the mobile de-icing spray unit and temporary carriageway closures (Appendices 12 to 14). Reproduction of these appendices has been rejected in the present publication. They are available at the Federal Highway Research Institute and can be viewed there. References to the appendices in the report are maintained for the information of the reader.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	7	<b>5</b>	<b>Optimierungsmaßnahmen im Winterdienst auf hoch belasteten Autobahnen</b>	27
<b>2</b>	<b>Methodisches Vorgehen</b>	7	5.1	Allgemeines	27
2.1	Allgemeines	7	5.2	Einsatz eines Hochleistungsfahrzeugs mit Ausrüstung eines Kehrbias-Aggregates für den Winterdienst	27
2.2	Wahl der Untersuchungsstrecken	7	5.2.1	Einführung und Grunddaten	27
2.3	Verkehrstechnische Beurteilung bei winterlichen Fahrbahnzuständen	8	5.2.2	Allgemeine Einsatzanalyse und Entwicklungen	30
<b>3</b>	<b>Beschreibung des Untersuchungsraumes</b>	9	5.2.3	Räumgeschwindigkeiten	31
3.1	Allgemeines	9	5.2.4	Räumqualität	33
3.2	AM Alsfeld	10	5.2.5	Weitere Ergebnisse zur Einsatzfähigkeit des Hochleistungs-Kehrbias-Gerätes	39
3.3	AM Emmelshausen	10	5.2.6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Empfehlungen	42
3.4	AM Freudenberg	11	5.3	Mobile Taumittelsprühanlage	43
3.5	AM Holzkirchen	12	5.3.1	Allgemeines	43
3.6	AM Kirchheim	13	5.3.2	Einsatz einer mobilen Taumittelsprühanlage im Bereich einer Baustelle	44
3.7	AM München-Nord	14	5.3.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Empfehlungen	50
3.8	AM Rüsselsheim	14	5.4	Einsatz von blauem Blinklicht und Einsatzhorn auf Winterdienstfahrzeugen	52
3.9	AM Ulm-Dornstadt	15	5.4.1	Rechtliche Grundlagen	52
<b>4</b>	<b>Verkehrstechnische Untersuchung</b>	16	5.4.2	Modellversuche in einzelnen Bundesländern	53
4.1	Allgemeines	16	5.4.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Empfehlungen	55
4.1.1	Grundlagen	16	5.5	Zusätzliches Winterdienstfahrzeug	57
4.1.2	Größen der Kapazität	18	5.5.1	Einführung	57
4.1.3	Staudefinition	18	5.5.2	Analyse der Räum- und Streupläne	57
4.1.4	Winterlicher Fahrbahnzustand	19	5.5.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Empfehlungen	59
4.1.5	Längsneigungen	19	5.6	Reduktion der Beladungszeiten	61
4.2	Untersuchungsstrecken	19	5.6.1	Beladungssysteme	61
4.3	Auswertungsmethodik	21	5.6.2	Beladungszeiten	64
4.3.1	Bestimmung der relevanten Stautage	21	5.6.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Empfehlungen	65
4.4	Ergebnisse der verkehrstechnischen Untersuchung	23	5.7	Winterdienstzentrale	67
4.4.1	Ergebnisse aus dem Untersuchungsgebiet der AM Ulm-Dornstadt	23			
4.4.2	Ergebnisse aus dem Untersuchungsgebiet der AM Alsfeld	25			
4.4.3	Ergebnisse aus dem Untersuchungsgebiet der AM Rüsselsheim	26			
4.4.4	Analyse der Ergebnisse	26			

5.7.1	Ausstattung und Funktionsweise einer zentralen Winterdienststeuerung .....	67
5.7.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Empfehlungen .....	69
5.8	Betriebsumfahrten .....	71
5.8.1	Allgemeines .....	71
5.8.2	Standortwahl .....	71
5.8.3	Entwurfstechnische Hinweise .....	72
5.8.4	Ausstattungs-elemente der Betriebsumfahrt .....	75
5.8.5	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Empfehlungen .....	77
5.9	Temporäre Fahrverbote .....	78
5.9.1	Allgemeines .....	78
5.9.2	Erfahrungen in Deutschland .....	78
5.9.3	Internationale Erfahrungen .....	81
5.9.4	Empfehlungen .....	84
<b>6</b>	<b>Zusammenfassende Bewertung und Ausblick .....</b>	<b>86</b>
	<b>Literatur .....</b>	<b>92</b>
	<b>Informationsmaterial von Firmen .....</b>	<b>94</b>

## 1 Einleitung

Leistungsfähige Autobahnen bilden das Rückgrat des Verkehrs und somit auch der Wirtschaft. Diese ist immer mehr abhängig von einem jederzeit funktionierenden System Straße. Einschränkungen in Winterzeiten werden immer weniger in Kauf genommen und akzeptiert. Daher werden an den Winterdienst auf hoch belasteten oder besonders störanfälligen Streckenabschnitten von Bundesautobahnen besonders hohe Anforderungen gestellt. Ein erfolgreicher Winterdienst in diesen Bereichen trägt in hohem Maße zur Vermeidung bzw. zumindest Verminderung von winterbedingten Beeinträchtigungen und den damit verbundenen Kosten für den Nutzer bei. Verbunden mit einem frühzeitigen und schnellen Winterdienst wird auch die Verkehrssicherheit erhöht und die betriebswirtschaftlichen ebenso wie die volkswirtschaftlichen Kosten des Güter- und Personenverkehrs durch Reduktion von Unfällen, Zeitverlusten u. a. gesenkt.

Um diese Aufgabe zu erfüllen, ist für den Winterdienst auf Bundesautobahnen ein Anforderungsprofil festgelegt, das insbesondere die zeitlichen Grenzen beinhaltet, in denen die Streuung bzw. Räumung der Strecken gesichert sein muss. Zu Problemen kommt es vor allem dann, wenn der Winterdienst durch Verkehrsstauungen oder andere organisatorische bzw. technische Probleme an der Einhaltung dieses Anforderungsniveaus gehindert wird. Da diese Stauungen häufig nicht primär verkehrs-, sondern winterbedingt sind, erscheinen eine Verkürzung der Einsatzzeiten und Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Strecke zur möglichen Verhinderung des Entstehens von Stauungen als wichtigstes Ziel. Die aus den Zeitverlusten durch die Verkehrsbehinderungen resultierenden Nutzerkosten sind auf hoch belasteten Autobahnabschnitten zwangsläufig am höchsten, sodass für diese Strecken eine Verbesserung am vordringlichsten ist.

Mit dem vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der verkehrstechnischen Untersuchung im Hinblick auf die Kapazitätsermittlung von Autobahnquerschnitten bei winterlichen Fahrbahnbedingungen sowie die Auswertungsergebnisse gemäß den Untersuchungszielen und -schritten der einzelnen Pilotmaßnahmen zur Optimierung des Winterdienstes dargelegt.

## 2 Methodisches Vorgehen

### 2.1 Allgemeines

Dieses FE-Vorhaben hat zum Ziel, den Winterdienst auf hoch belasteten Autobahnen zu evaluieren, einen ausgewählten Maßnahmenkatalog zur Optimierung zu erarbeiten und anhand von Pilotprojekten die Wirksamkeit verschiedener organisatorischer und technischer Maßnahmen in der Praxis zu untersuchen und zu bewerten. Weiterhin soll die Kapazität von Autobahnquerschnitten bei winterlichen Fahrbahnzuständen der Größenordnung nach ermittelt werden. Als Untersuchungszeitraum standen die zweite Hälfte des Winters 2001/02 sowie die Winter 2002/03 und 2003/04 zur Verfügung.

### 2.2 Wahl der Untersuchungsstrecken

Die Landesstraßenbauverwaltungen der Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz sind im Hinblick auf geeignete Optimierungsmaßnahmen und mögliche Untersuchungsstrecken vom Auftragnehmer befragt worden. Hierbei sind sowohl Autobahnmeistereien, die bereits Optimierungsmaßnahmen eingeführt haben, als auch Meistereien, die für einen Vorher-Nachher-Vergleich Optimierungsmaßnahmen im Untersuchungszeitraum initiierten, betrachtet worden. Die Untersuchungsstrecken sollten gleichzeitig auch zur Beurteilung der verkehrlichen Aspekte dienen.

Für das FE-Vorhaben sind nach Rücksprache und Diskussion mit den Vertretern der genannten Landesstraßenbauverwaltungen die in Tabelle 1 zusammengestellten Streckenabschnitte/Autobahnmeistereien ausgewählt worden. Die acht vorgeschlagenen Meistereien liegen in den o. g. fünf Bundesländern und decken damit für den süddeutschen Raum in Bezug auf Topografie, Klima, Verkehrsbelastung sowie Organisationsstrukturen ein breites Spektrum ab. Verschiedene Faktoren haben zur Wahl der aufgelisteten Autobahnmeistereien geführt: Zum einen können sowohl technische als auch organisatorische Maßnahmen zur Optimierung des Winterdienstes auf Autobahnen in der Praxis untersucht werden. Hierbei sind Optimierungsmaßnahmen wie der Autobahneinsatz von Hochleistungsfahrzeugen mit Ausrüstung eines Kehrblasaggregates für den Winterdienst oder der Einsatz von mobilen Taumittelsprühanlagen, die während der Durchführung des Forschungsprojek-



Bundesland	Autobahnmeisterei	Schwerpunkte der Untersuchungsstrecken	DTV <sub>max</sub> (2000) [Kfz/24h]	Maßnahmen
Baden-Württemberg	AM Ulm-Dornstadt	A 8 (Drackensteiner Hang/Albaufstieg)	78.000 (56.000)	Drackensteiner Hang/Albaufstieg: temporäre Fahrbahnspernung; Einsatz von blauem Blinklicht auf Winterdienstfahrzeugen
Bayern	AM Holzkirchen	A 8 (Irschenberg)	115.000 (76.000)	Irschenberg: Sperren und Räumen bei starken Winterereignissen
Bayern	AM München-Nord	A 9/A 99 (München-Nord)	133.000/116.000	Einsatz von dreiachsigem Winterdienstfahrzeug ab 2003
Hessen	AM Kirchheim	A 7/A 4 (Kasseler Berge)	93.000/40.000	Beladung mit Doppelsilos; Einsatz einer mobilen Taumittelsprühanlage im Baustellenbereich; Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs für den Winter 2002/03
Hessen	AM Rüsselsheim	A 3/A 5 (Frankfurter Kreuz)	134.000/148.000	Einsatz einer Mini-Taumittelsprühanlage im Bereich der Rampen des Frankfurter Kreuzes im Winter 2002/03
Hessen	AM Alsfeld	A 5 (Bereich Rimberg)	53.000 (53.000)	Einsatz eines Hochleistungs-Kehrblass-Gerätes ab Winter 2002/03
Nordrhein-Westfalen	AM Freudenberg	A 45 (Bereich „Kalteiche“)	72.000 (58.000)	Winterdienstzentrale: Zentrale Koordinierung des Winterdienstes; Einsatz eines Hochleistungs-Kehrblass-Gerätes ab Winter 2003/04
Rheinland-Pfalz	AM Emmelshausen	A 61	61.000	Einsatz von blauem Blinklicht auf Winterdienstfahrzeugen

Tab. 1: Untersuchungsstrecken

tes erstmalig eingesetzt worden sind, besonders beachtet worden. Zum anderen waren drei der acht Meistereien bereits Untersuchungsobjekte des vorangegangenen Forschungsprojektes „Vermeidung glättebedingter Staus durch Maßnahmen des Straßenwinterdienstes“ der TU Darmstadt im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (KLOTZ/BALKE 2004) und bieten somit die Möglichkeit, bereits gewonnene Erkenntnisse für die jetzige Untersuchung zu nutzen.

Um einen Eindruck von der Verkehrsbelastung der Untersuchungsstrecken gewinnen zu können, sind in Tabelle 1 die maximalen DTV-Werte von Dauerzählstellen im Zuständigkeitsbereich der Autobahnmeistereien für das Jahr 2000 nachrichtlich angegeben worden.

### 2.3 Verkehrstechnische Beurteilung bei winterlichen Fahrbahnzuständen

Im Rahmen dieses FE-Vorhabens sollen bei der verkehrstechnischen Beurteilung Größenordnungen für die Kapazität eines Autobahnquerschnittes bei winterlichen Fahrbahnzuständen ermittelt werden. Die Kenntnis solcher Größen und ihr Vergleich

mit den vorliegenden oder zu erwartenden Verkehrsbelastungen könnten eine Hilfestellung zur Optimierung der Winterdienstorganisation bzw. -ausstattung von Meistereien insbesondere an hoch belasteten Autobahnen sein.

„Die Kapazität ist die größte Verkehrsstärke, die ein Verkehrsstrom bei gegebenen Weg- und Verkehrsbedingungen an dem für ihn bestimmten Querschnitt erreichen kann“ (HBS 2001). Das bedeutet, dass die Kapazität der Verkehrsstärke gleichzusetzen ist, die kurz vor dem Verkehrszusammenbruch – dem Stau – erreicht wird. Zur Beschreibung der Qualität des Verkehrsablaufs wird auf Autobahnabschnitten der Auslastungsgrad  $a$  als Qualitätskriterium herangezogen.

Um eine Kapazitätsermittlung von Autobahnquerschnitten bei winterlichen Fahrbahnbedingungen durchführen zu können, sind folgende Eingangsdaten notwendig:

- Stauberichte,
- Winterdienst-Einsatzberichte,
- Angaben zum Höhenverlauf der untersuchten Strecke,

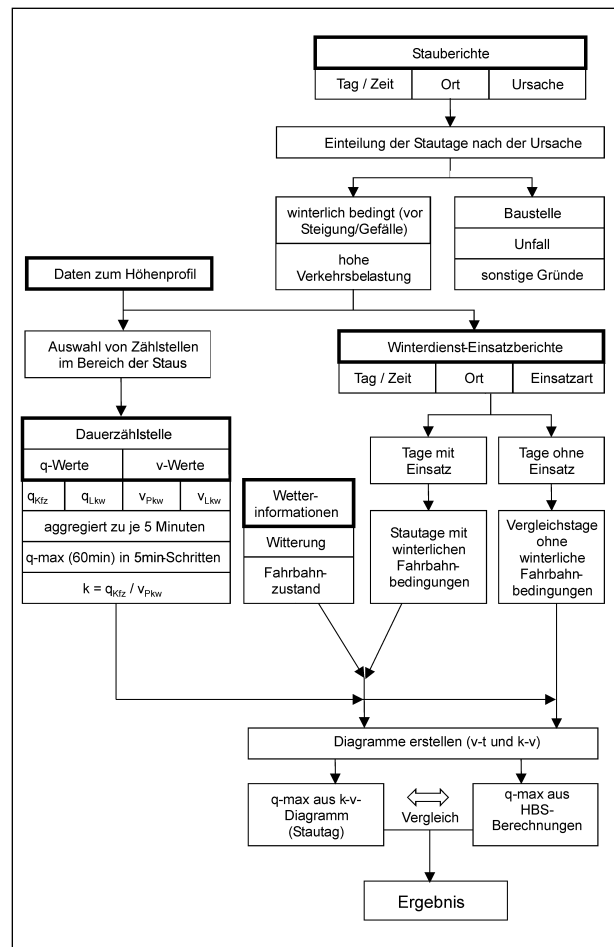
- Verkehrsstärkewerte aus Dauerzählstellen (Intervalllänge maximal fünf Minuten),
- Geschwindigkeitswerte aus Dauerzählstellen (Intervalllänge maximal fünf Minuten) und
- Informationen zum Wetter und Fahrbahnzustand.

Zur Erfassung von winterbedingtem Staus wurden von ausgewählten im Forschungsprojekt eingegliederten Autobahnmeistereien in einem zusätzlichen Formblatt zum Winterdienst-Einsatzbericht (siehe Anlage 1) die Staus, die sie während eines Winterdienstes beobachteten, mit zeitlichen und räumlichen Angaben dokumentiert. Maßgeblich für die Ermittlung der Kapazität sind nur die Stauereignisse, die ursächlich auf Grund winterlicher Fahrbahnbedingungen entstehen, nicht aber solche, die z. B. unfallbedingt bzw. durch quer stehende Lkw auftreten. Die zu den Einsätzen gehörenden Einsatzberichte geben ergänzend Auskunft über Art, Dauer und Umfang der Winterdienstesätze.

Mit der Kenntnis der streckenspezifischen Höhenprofile und der Lage der Langzeitzählstellen werden für den Zeitraum der ermittelten winterbedingten Stauereignisse die Daten der nächstgelegenen Langzeitzählstellen untersucht. Erste Voruntersuchungen zeigten, dass die Daten maximal zu 5-Minuten-Intervallen aggregiert sein sollten, da Stunden-Intervalle die Veränderungen im Verkehrsablauf zu stark verwischen und keine verwertbaren Ergebnisse erzielt werden konnten. Bei Intervallen von einer Minute werden Ausreißer wie sehr schnell fahrende Fahrzeuge überbewertet.

Bei diesen Untersuchungen sollte der Schwerpunkt auf Streckenabschnitte mit geringen Längsneigungen ( $< 2,0\%$ ) gelegt werden, da in diesen Bereichen bei winterglatter Fahrbahn verstärkt kapazitätsbedingte Stauungen auftreten, während es bei Steigungsstrecken beispielsweise häufiger zu Behinderungen durch quer stehende Lkw kommt, die demnach nicht ursächlich die Kapazität auf Grund winterlicher Fahrbahnbedingungen widerspiegeln.

Nach Erstellung einer Geschwindigkeitsganglinie, um das genaue Zeitfenster des Staus zu ermitteln, werden die Daten aus dem maßgeblichen Zeitbereich analysiert, um dann mit Hilfe von k-v-Diagrammen die maximale Verkehrsstärke, die der Kapazität entspricht, für die winterbedingten Stauereignisse zu ermitteln.



**Bild 1:** Methodisches Vorgehen bei der verkehrstechnischen Untersuchung

Schließlich können die Kapazitäten der Stautage mit winterlichen Bedingungen den nach HBS (2001) ermittelten Kapazitäten der Vergleichstage (nasse Fahrbahn bei Helligkeit) gegenübergestellt werden, um prozentuale Rückgänge zu erhalten.

Die vorgestellte Vorgehensweise ist in Bild 1 zum besseren Verständnis nochmals grafisch aufbereitet.

## 3 Beschreibung des Untersuchungsraumes

### 3.1 Allgemeines

In einem ersten Schritt wurden über die Landesstraßenbauverwaltungen der Länder Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz für das Forschungsprojekt geeignete Autobahnmeistereien und dort bekannte Maßnahmen zur Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen abgefragt. Neben

Strecken mit hohen DTV-Werten waren auch Strecken mit hohen Längsneigungen, die bei Schneefall regelmäßig zu Verkehrsbehinderungen führen, gesucht. Im Folgenden sind die ausgewählten Autobahnmeistereien (vgl. Übersichtsplan in Anlage 2.1) mit den Charakteristika ihres Streckennetzes und der Ausstattung für den Winterdienst beschrieben. In Anlage 2.2 sind Angaben zu diesen Randbedingungen sowie zu Winterdiensteinsätzen tabellarisch zusammengefasst.

### 3.2 AM Alsfeld

Der Zuständigkeitsbereich der Autobahnmeisterei Alsfeld liegt im Nordosten Hessens im Mittelhessischen Bergland. Die Autobahnmeisterei betreut den Streckenabschnitt der A 5 zwischen der westlich gelegenen Anschlussstelle Homberg/Ohm (km 419,5) und dem östlich gelegenen Hattenbacher Dreieck (km 374,6) sowie die A 7 zwischen dem Hattenbacher Dreieck (km 529,0) und der im Süden befindlichen AS Niederaula (km 533,6). Der Bezirk der AM Alsfeld grenzt im Westen an die AM Reiskirchen, am Hattenbacher Dreieck an die AM Kirchheim (siehe Kapitel 3.6) und im Süden an die AM Fulda. Das Meistereigehöft befindet sich zentral an der A 5 bei der AS Alsfeld-Ost.

Das von der AM Alsfeld betreute Streckennetz der A 5 und A 7 hat eine einfache Länge ohne Rampen von 49,5 km. Die Autobahnmeisterei hat darüber hinaus 4 Anschlussstellen, die südwestlichen Rampen des Hattenbacher Autobahndreiecks sowie insgesamt 2 Rastanlagen und 10 Parkplätze zu betreiben. Für den Straßenbetriebsdienst können 6 Betriebsumfahrten auf der A 5 genutzt werden.

Die A 5 ist im Zuständigkeitsbereich der AM Alsfeld insbesondere im östlichen Teil durch häufige Längsneigungswechsel und sehr hohe Längsneigungen zur Überwindung des Rimbergs geprägt. Die Steigungs- bzw. Gefällestrecken nehmen Werte bis 6,7 % an. Ein Drittel der Strecken im Bereich der AM Alsfeld hat Längsneigungen > 4 %. Bei km 377,5 hat der Rimberg mit 496 m üNN seine höchste Erhebung auf der A 5. Die dreistreifigen Streckenabschnitte sind im Steigungsbereich des Rimbergs als Zusatzfahrstreifen in Fahrtrichtung Kassel und auf der A 7 in nördlicher Fahrtrichtung bis zum Hattenbacher Dreieck angeordnet. Der Anteil der dreistreifigen Richtungsfahrbahnen beträgt 6,5 %, wovon rund 42 % keinen Standstreifen besitzen. Auch bei den zweistreifigen Richtungsfahrbahnen haben rund 20 % keinen Standstreifen.

Diese Tatsache führt bei der Durchführung des Winterdienstes im Falle von Staus, liegen gebliebenen Fahrzeugen und Unfällen oft zu Problemen.

Die Verkehrsbelastungen liegen nach Werten der BAST (2003) auf dem Streckenabschnitt der A 5 durchgängig bei rund 52.000 Kfz/24h, der durchschnittliche Lkw-Anteil bei 15 %. Hierbei ist zu beachten, dass der Lkw-Anteil richtungsabhängig über die Woche verteilt sehr unterschiedlich ausgeprägt ist.

Die AM Alsfeld hat 5 eigene Lkw und einen Mehrzweckgeräteträger sowie als Spezialfahrzeuge 2 hochleistungsfähige Kehrblass-Geräte (vgl. Kapitel 5.2), die im Winterdienst eingesetzt werden können. Die technischen Daten der Fahrzeuge sowie der Streugeräte, Pflüge und Räumgeräte sind in der Anlage 3 zusammengestellt. Im Zuständigkeitsbereich der AM Alsfeld unterhält die Meisterei zwei Stützpunkte. An der Anschlussstelle Homberg/Ohm befindet sich eine Salzhalle ohne Feuchtsalz-Aufbereitungsanlage und am Streckenhochpunkt bei der Raststätte Rimberg (km 377,5) ein zusätzliches 100-t-Trockensalzsilos. An der AS Niederaula besteht die – allerdings selten genutzte – Möglichkeit, an der Salzhalle der AM Fulda nachzuladen. Die Ausstattung des Meistereigehöftes und der Stützpunkte ist detailliert ebenfalls in Anlage 3 zusammengefasst.

Im Zuständigkeitsbereich der AM befinden sich bei km 377,3 (Rimberg) und km 418,9 zwei Glättemeldeanlagen. Die AM Alsfeld verfügt über keine Taumittelsprühanlage.

### 3.3 AM Emmelshausen

Der Bezirk der Autobahnmeisterei Emmelshausen liegt im nordöstlichen Teil von Rheinland-Pfalz. Sie betreut den Autobahnabschnitt der A 61 zwischen der nördlich gelegenen Anschlussstelle Koblenz-Metternich (km 226,8) und der südöstlich gelegenen Anschlussstelle Bingen (km 293,3). Die Zuständigkeit geht im Norden an die AM Mendig und im Südosten an die AM Gau-Bickelheim über. Die Autobahnmeisterei Emmelshausen liegt zentral im zu betreuenden Streckennetz an der gleichnamigen Anschlussstelle.

Das Streckennetz hat eine einfache Länge ohne Rampen von 67 km. Die Autobahnmeisterei hat zudem 11 Anschlussstellen, keine Autobahndreiecke oder Autobahnkreuze, aber insgesamt 4 Tank- und Rastanlagen, 2 Kleinraststätten und 12

Parkplätze zu betreuen. Für den Straßenbetriebsdienst stehen 2 Betriebsumfahrten (TR Mosel km 238,0; TR Hunsrück km 280,4) zur Verfügung.

Die weit gehend großzügige Linienführung ist geprägt von häufigen Längsneigungswechseln, die aber einen Wert von 4,2 % nicht überschreiten. Das Streckennetz hat im Verlauf rund 400 Höhenmeter zu überwinden. Der höchste Punkt ist die „Lauderter Höhe“ und liegt zwischen der AS Laudert und der AS Pfalzfeld mit einer Höhe von 530 m üNN. Der Anteil der dreistreifigen Richtungsfahrbahnen beträgt 18 %, wovon rund ein Drittel keinen Standstreifen besitzt. Diese Bereiche liegen in den Streckenabschnitten, bei denen mit Hilfe von Verkehrsbeeinflussungsanlagen der Standstreifen temporär als 3. Fahrstreifen freigegeben werden kann. Im Zuständigkeitsbereich der AM Emmelshausen befinden sich 5 Brückenbauwerke, die für den Winterdienst wegen Glättegefahr relevant sind, mit einer Gesamtlänge von ca. 2,9 km. Im Bereich zwischen dem Autobahndreieck Nahetal und der AS Rheinböllen ist die A 61 mit einer Verkehrsbeeinflussungsanlage ausgerüstet.

Die Verkehrsbelastungen liegen nach BASt (2003) zwischen 43.700 Kfz/24h (AS Laudert – AS Rheinböllen) und 61.200 Kfz/24h (AS Dorsheim – AS Bingen). Der Lkw-Anteil liegt im Zuständigkeitsbereich der AM Emmelshausen zwischen 19,5 und 25,1 %. Hierbei ist zu bemerken, dass die A 61 in Rheinland-Pfalz in den letzten Jahren sehr hohe Verkehrszuwachsraten zu verzeichnen hat. Nach Informationen des LSV Rheinland-Pfalz (2000) lagen die Zuwächse auf der A 61 im Jahre 1999 im Gesamtverkehr bei 7,6 % und im Lkw-Verkehr bei 9,7 %.

Die AM Emmelshausen hat 6 eigene Lkw, einen Mehrzweckgeräteträger und ein Fahrzeug eines Fremdunternehmers, die sie im Winterdienst einsetzen kann. Zwei Winterdienstfahrzeuge sind mit blauen Blitzlichtern und einem Mehrklanghorn ausgerüstet (vgl. Kapitel 5.4). Die technischen Daten der Fahrzeuge sowie der Streugeräte, Pflüge und Räumgeräte sind in der Anlage 4 zusammengestellt. Im Zuständigkeitsbereich der AM Emmelshausen unterhält die Meisterei zwei Stützpunkte an den Anschlussstellen Stromberg und Koblenz-Metternich. Der Stützpunkt Stromberg wird zusammen mit der Straßenmeisterei Bad Kreuznach genutzt. Um Zeitverluste beim Nachladen am Stützpunkt Stromberg zu minimieren, ist dieser Stützpunkt mit zwei Pumpen zur gleichzeitigen Betankung mit Salzlösung ausgerüstet. Die Ausstattung des Meis-

tereigehöftes und der Stützpunkte ist detailliert in Anlage 4 zusammengefasst.

Im Zuständigkeitsbereich der AM Emmelshausen befinden sich an kritischen Punkten insgesamt vier Glättemeldeanlagen; die AM unterhält keine Taumittelsprühanlage.

### 3.4 AM Freudenberg

Der Bezirk der Autobahnmeisterei Freudenberg liegt im Süden Nordrhein-Westfalens und erstreckt sich bis zur Landesgrenze Hessens. Die Autobahnmeisterei ist für den Streckenabschnitt der A 45 zwischen der an der Landesgrenze gelegenen AS Haiger-Burbach (km 126,6) und der nördlich gelegenen Anschlussstelle Drolshagen (km 79,1) sowie für die A 4 zwischen dem Autobahnkreuz Olpe-Süd (km 146,3) bzw. der unmittelbar anschließenden AS Wenden (km 146,9) und der im Westen befindlichen AS Eckenhagen (km 137,1) zuständig. Der Zuständigkeitsbereich der AM Freudenberg grenzt im Süden an die hessische AM Ehringshausen, im Norden der A 45 an die AM Lüdenscheid und im Westen der A 4 an die AM Overath. Das Meistereigehöft der AM Freudenberg befindet sich zentral an der A 45 an der gleichnamigen Anschlussstelle.

Das von der AM Freudenberg betreute Streckennetz der A 45 und A 4 hat eine einfache Länge ohne Rampen von 58 km; hinzu kommen 9 Anschlussstellen, das Autobahnkreuz Olpe-Süd sowie insgesamt 2 Tank- und Rastanlagen und 18 Parkplätze. Für den Straßenbetriebsdienst steht auf den zugehörigen Streckenabschnitten eine Betriebsumfahrt zur Verfügung.

Die als „Sauerlandlinie“ bekannte A 45 ist im Zuständigkeitsbereich der AM Freudenberg auf Grund der topografischen Verhältnisse durch häufige Längsneigungswechsel geprägt. Die maximalen Längsneigungen betragen 4,0 %. Die kritischsten Bereiche im Winterdienst bilden die Anstiege zum Streckenhochpunkt „Kalteiche“ mit 504 m üNN zwischen km 121 und km 126. Die Steigungsstrecken auf der A 45 sind durchgängig dreistreifig ausgebildet. Der Anteil der dreistreifigen Richtungsfahrbahnen beträgt 21,5 %, wovon rund 9 % keinen Standstreifen besitzen. Die zweistreifigen Richtungsfahrbahnen haben durchweg einen Standstreifen. Im Bezirk der AM Freudenberg befinden sich auf Grund der topografischen Verhältnisse 16 Brückenbauwerke, die für den Winter-

dienst wegen Glättegefahr relevant sind, mit einer Gesamtlänge von ca. 6,2 km.

Die Verkehrsbelastungen liegen nach Werten der BAST (2003) auf dem betrachteten Streckenabschnitt der A 45 zwischen 47.400 Kfz/24h (AS Drolshagen-Wegeringhausen – AS Olpe) und 71.800 Kfz/24h (AK Olpe-Süd – AS Freudenberg). Im Bereich der „Kalteiche“ weist der DTV<sub>2000</sub> einen Wert von 58.200 Kfz/24 auf. Der Lkw-Anteil beträgt im betrachteten Netz zwischen 17,5 und 21,6 % (Bereich „Kalteiche“: 19,1 %).

Die AM Freudenberg hat 5 eigene Lkw und zwei Mehrzweckgeräteträger sowie als Spezialfahrzeuge 2 hochleistungsfähige Kehrblas-Geräte (vgl. Kapitel 5.2). Die technischen Daten der Fahrzeuge sowie der Streugeräte, Pflüge und Räumgeräte sind in der Anlage 5 zusammengestellt. Im Zuständigkeitsbereich der AM Freudenberg unterhält die Meisterei zwei Stützpunkte an der Anschlussstelle Wilnsdorf (A 45) und in Gerlingen am Autobahnkreuz Olpe-Süd. Beide Stützpunkte sind mit einer Salzhalle und einer Feuchtsalz-Aufbereitungsanlage ausgestattet. Die Ausstattung des Meistereigehöftes und der Stützpunkte ist detailliert in Anlage 5 zusammengefasst.

Im Zuständigkeitsbereich der AM befinden sich insgesamt 10 Glättemeldealagen, die als dichtes Netz an die Winterdienstzentrale NRW Daten übermitteln. Im Aufstieg „Kalteiche“ existiert zwischen km 121,2 und km 124 eine 2,8 km lange Taumittelsprühanlage für beide Richtungsfahrbahnen.

### 3.5 AM Holzkirchen

Der Bezirk der Autobahnmeisterei Holzkirchen liegt südöstlich von München im Süden Bayerns. Sie betreut den Autobahnabschnitt der A 8 zwischen dem nördlich gelegenen Autobahnbeginn München-Ramersdorf (km -0,8) und einer südöstlich gelegenen Betriebsumfahrt (km 46,7) hinter der Anschlussstelle Irschenberg (km 41,2). Weiterhin wird der Streckenabschnitt der A 995 vom Autobahnkreuz München/Brunnthal (km 10,5) bis zur westlich davon gelegenen AS Sauerlach (km 9,3) mitbetreut. Der Zuständigkeitsbereich grenzt am Autobahnkreuz München/Brunnthal (km 9,3) an die AM Hohenbrunn und im Südosten hinter dem Irschenberg an die AM Rosenheim. Die Autobahnmeisterei Holzkirchen liegt zentral im zu betreuenden Streckennetz an der gleichnamigen Anschlussstelle.

Der Betreuungsumfang für die Autobahnmeisterei umfasst 48,7 km Richtungsfahrbahnen, 7 Anschlussstellen, zusammen mit der AM Hohenbrunn das Autobahnkreuz München/Brunnthal (km 9,3) sowie insgesamt 3 Tank- und Rastanlagen, eine Kleinraststätte und 8 Parkplätze. Für den Straßenbetriebsdienst stehen 5 Betriebsumfahrten zur Verfügung.

Der insbesondere im Winterdienst kritischste Bereich im Streckennetz der AM Holzkirchen ist der Irschenberg zwischen der Betriebsumfahrt Leitzach-Senke (km 39,1) und der Betriebsumfahrt Dettendorf (km 46,7). Der Irschenberg weist Längsneigungen von 6 % (Richtung Rosenheim) und 7 % (Richtung München) auf. 60 % des Streckennetzes liegen bei der AM Holzkirchen höher als 600 m üNN. Der Anteil der drei- und mehrstreifigen Richtungsfahrbahnen beträgt drei Viertel, wovon 17 % keinen Standstreifen besitzen. Im Zuständigkeitsbereich der AM Holzkirchen befinden sich 4 Brückenbauwerke, die für den Winterdienst auf Grund der Glättegefahr relevant sind; sie haben aber nur eine Gesamtlänge von ca. 0,5 km.

Die Verkehrsbelastungen betragen nach BAST (2003) zwischen 30.000 Kfz/24h (AS Taufkirchen-Ost – AK München/Brunnthal (München-Süd)) und 115.400 Kfz/24h (AK München/Brunnthal (München-Süd) – AS Hofoldinginger Forst). Am Irschenberg wird ein DTV<sub>2000</sub> von 76.200 Kfz/24h erreicht. Der Lkw-Anteil liegt im Zuständigkeitsbereich der AM Holzkirchen zwischen 2,8 % (Autobahnanfang) und 13,5 % (Irschenberg).

Die AM Holzkirchen hat 6 eigene Lkw und 2 Mehrzweckgeräteträger, die sie im Winterdienst einsetzen kann. Es werden keine Fremdunternehmer eingesetzt. Die technischen Daten der Fahrzeuge sowie der Streugeräte, Pflüge und Räumgeräte sind in der Anlage 6 zusammengestellt. Im Bezirk der AM Holzkirchen unterhält die Meisterei einen Stützpunkt im Bereich des Streckenhochpunktes Irschenberg an der gleichnamigen Anschlussstelle. Dieser Stützpunkt ist mit einer 500-t-Salzhalle und einer Feuchtsalz-Aufbereitungsanlage ausgerüstet. Die Ausstattung des Meistereigehöftes und des Stützpunktes ist detailliert in Anlage 6 zusammengefasst.

Im Zuständigkeitsbereich der AM Holzkirchen befinden sich 12 Glättemeldealagen, aber keine Taumittelsprühanlage.



### 3.6 AM Kirchheim

Die Autobahnmeisterei Kirchheim liegt wie die AM Alsfeld (vgl. Kapitel 3.2) im Nordosten Hessens im Mittelhessischen Bergland. Sie ist für den Streckenabschnitt der A 7 zwischen dem südlich gelegenen Hattenbacher Dreieck (km 374,6 der A 5) und der nördlich gelegenen Anschlussstelle Homberg (Efze) (km 344,1) sowie für die A 4 zwischen dem Kirchheimer Dreieck (km 367,6 der A 4) und der Landesgrenze zu Thüringen bei km 314,2 zuständig. Ihr Bereich grenzt am Hattenbacher Dreieck an die AM Alsfeld, im Norden an die AM Kassel und an der thüringischen Landesgrenze an die AM Eisenach. Das Meistereigehöft der AM Kirchheim befindet sich sehr dezentral an der A 7 zwischen dem Hattenbacher Dreieck und dem Kirchheimer Dreieck an der gleichnamigen Anschlussstelle. Zwischen der Meistereigrenze auf der A 4 und dem Meistereigehöft ist eine einfache Streckenlänge von über 51 km zurückzulegen.

Die Streckenabschnitte der A 4 und A 7 der AM Kirchheim haben eine einfache Länge ohne Rampen von 86 km. Damit hat die AM Kirchheim unter den in diesem Forschungsprojekt eingebundenen Autobahnmeistereien das größte Winterdienstnetz zu betreuen. Darüber hinaus ist sie zuständig für 11 Anschlussstellen, das Kirchheimer Dreieck und zusammen mit der AM Alsfeld für das Hattenbacher Dreieck sowie für insgesamt 2 Tank- und Rastanlagen und 6 Parkplätze. Für den Betriebsdienst können auf der A 7 fünf und auf der A 4 vier Betriebsumfahrten genutzt werden.

Die A 7 zeichnet sich im Zuständigkeitsbereich der AM Kirchheim durch eine veraltete Trassierung mit engen Radien und sehr hohen Längsneigungen aus. Es werden Längsneigungen bis 7 % (z. B. Klebacher Berg, Pommer) erreicht. Des Weiteren sind die „Kasseler Berge“ der A 7 durch starke Längsneigungswechsel geprägt. Diese Bereiche führen bei Winterereignissen häufig zu großen Problemen. Die nach Osten verlaufende A 4 hat keine so ausgeprägte Längsneigungen wie die A 7. Ein Drittel der Strecken im Bereich der AM Kirchheim hat Längsneigungen > 4 %, die Hälfte davon über 6 %. Den Streckenhochpunkt bildet der Pommer mit 478 m üNN auf der A 7. Die A 7 ist ab dem Kirchheimer Dreieck bis zur Meistereigrenze dreistreifig mit Standstreifen ausgebaut. Zwischen dem Kirchheimer Dreieck und dem Hattenbacher Dreieck sind auf der A 7 auf Grund der Verkehrsbelastung und der Verflechtungsvorgänge in bei-

den Richtungen vier Fahrstreifen angeordnet, in südlicher Richtung aber ohne Standstreifen. Die A 4 ist ab dem Kirchheimer Dreieck bis km 331 zwischen den AS Wildeck-Obersuhl und Gerstungen über eine Länge von 36 km zweistreifig ohne Standstreifen, erst ab dort ist sie bis zur Meistereigrenze mit Standstreifen ausgestattet. Damit haben bei den zweistreifigen Richtungsfahrbahnen rund zwei Drittel keinen Standstreifen. Zudem ist der Zustand der Fahrbahn der A 4 als sehr schlecht einzustufen. Der Anteil der dreistreifigen Richtungsfahrbahnen am gesamten von der AM Kirchheim betreuten Streckennetz beträgt rund ein Drittel.

Die Verkehrsbelastungen liegen nach Werten der BAST (2003) auf der A 7 zwischen 63.200 Kfz/24h (AS Bad Hersfeld West – Kirchheimer Dreieck) und 92.600 Kfz/24h auf dem vierstreifigen Abschnitt Kirchheimer Dreieck – AS Kirchheim. Der Lkw-Anteil bewegt sich hier zwischen 15,4 und 27,3 %. Auf dem Streckenabschnitt der A 4 sind Verkehrsbelastungen zwischen 36.400 Kfz/24h (AS Friedewald – AS Wildeck-Hönebach) und 44.100 Kfz/24h (AS Wommen – AS Herleshausen) zu verzeichnen. Auf dem von der AM Kirchheim betreuten Teil der A 4 wird ein durchschnittlicher Lkw-Anteil bis 18 % erreicht. Zu beachten ist, dass der Lkw-Anteil richtungsabhängig über die Woche verteilt sehr unterschiedlich ausgeprägt ist.

Die AM Kirchheim hat 8 eigene Lkw und 2 Mehrzweckgeräteträger, die im Winterdienst eingesetzt werden können. Die technischen Daten der Fahrzeuge sowie der Streugeräte, Pflüge und Räumergeräte sind in der Anlage 7 zusammengestellt. Im Zuständigkeitsbereich der AM Kirchheim hat die Meisterei drei Stützpunkte. An der Betriebsumfahrt Pommer (km 353,5) an der A 7 sowie an den Anschlussstellen Hönebach (km 338,1) und Herleshausen (km 316,2) der A 4 befinden sich Salzhallen ohne Feuchtsalz-Aufbereitungsanlagen. Die Ausstattung des Meistereigehöftes und der Stützpunkte ist detailliert in Anlage 7 zusammengefasst.

Im Zuständigkeitsbereich der AM Kirchheim befindet sich auf der A 7 bei km 352 (Pommer) eine Glättemeldeanlage; stationäre Taumittelsprühanlagen sind nicht vorhanden. Im Rahmen eines Pilotversuches wurde am Ende des Winters 2003/04 im Bereich einer Baustelle der Einsatz einer mobilen Taumittelsprühanlage untersucht (vgl. Kapitel 5.3).

### 3.7 AM München-Nord

Der Bezirk der Autobahnmeisterei München-Nord liegt im Süden Bayerns. Die AM betreut den Autobahnabschnitt der A 9 vom nördlich gelegenen Autobahndreieck Holledau (Betriebsumfahrt km 481,6) bis zum südlich gelegenen Autobahnende AS München-Schwabing (km 530,2). Weiterhin werden der Streckenabschnitt der A 99 vom Autobahnkreuz München-Nord (km 24,5) bis zur westlich davon gelegenen AS Ludwigsfeld (km 12,9) sowie der Autobahnabschnitt der A 92 vom AD München-Feldmoching (km 0,0) bis zur folgenden Betriebsumfahrt (km 0,8) mitbetreut. Der Zuständigkeitsbereich grenzt am südöstlichen Autobahnkreuz München-Nord an die AM Hohenbrunn, im Westen an die AM München-West und am nördlich gelegenen AK Holledau an die AM Ingolstadt. Die Autobahnmeisterei München-Nord liegt dezentral im Süden des zu betreuenden Streckennetzes an der AS München-Freimann.

Das Streckennetz hat eine einfache Länge ohne Rampen von 63,6 km. Die Autobahnmeisterei betreut weiterhin 12 Anschlussstellen, 1 Autobahndreieck und 2 Autobahnkreuze sowie insgesamt 2 Tank- und Rastanlagen und 9 Parkplätze. Für den Straßenbetriebsdienst stehen 6 Betriebsumfahrten zur Verfügung.

Die Linienführung der zu betreuenden Richtungsfahrbahnen ist vornehmlich eben (rund drei Viertel unter 2 %), das Streckennetz liegt zwischen 400 und 600 Höhenmetern. Der Anteil der drei- und mehrstreifigen Richtungsfahrbahnen beträgt auf Grund der sehr hohen Verkehrsbelastungen über 90 %. Alle Richtungsfahrbahnen sind mit einem Standstreifen ausgestattet. Im Zuständigkeitsbereich der AM München-Nord befinden sich 5 Brückenbauwerke, die für den Winterdienst auf Grund der Glättegefahr relevant sind, mit einer Gesamtlänge von ca. 1 km.

Die Verkehrsbelastungen liegen nach Werten der BASt (2003) zwischen 93.800 Kfz/24h (AD Holledau – AS Pfaffenhofen) und 133.000 Kfz/24h (AS Garching-Nord – AS Garching-Süd). Der Lkw-Anteil beträgt zwischen 5,5 und 14,6 % (AD Holledau). Der betreute Bereich der A 99 hat einen DTV<sub>2000</sub> zwischen 65.300 und 116.000 Kfz/24h. Hier liegt der Lkw-Anteil zwischen 10 und 15,5 %.

Die AM München-Nord hat 8 eigene Lkw, zwei Mehrzweckgeräteträger sowie einen Lkw und einen Mehrzweckgeräteträger von Fremdunterneh-

men, die im Winterdienst eingesetzt werden können. Die technischen Daten der Fahrzeuge sowie der Streugeräte, Pflüge und Räumgeräte sind in der Anlage 8 zusammengestellt. Die Meisterei unterhält einen Stützpunkt mit Lkw-Garagen im Bereich der AS Allershausen (km 499). Dieser Stützpunkt ist mit einer 800-t-Salzhalle und einer Feuchtsalz-Aufbereitungsanlage ausgerüstet. Während des Winterdienstes werden dort 2 Lkw stationiert. Die Ausstattung des Meistereigehöftes und des Stützpunktes ist detailliert in Anlage 8 zusammengefasst.

Im Zuständigkeitsbereich der AM München-Nord befinden sich 9 Glättemeldeanlagen; Taumittelsprühanlagen gibt es nicht.

### 3.8 AM Rüsselsheim

Der Bezirk der Autobahnmeisterei Rüsselsheim liegt im Rhein-Main-Gebiet zwischen Mainz-Kastel, Rüsselsheim und Frankfurt-Süd und umfasst die Streckenabschnitte:

- A 3: AS Raunheim (Betriebsumfahrt km 160,5) bis AS Frankfurt-Süd (Betriebsumfahrt km 179,2),
- A 60: AD Rüsselsheimer Dreieck (km 0,0) bis AS Ginsheim-Gustavsburg (km 11,2),
- A 67: AD Mönchhof-Dreieck (km 0,0) bis AS Büttelborn (km 16,7),
- A 671: AD Mainspitz-Dreieck (km 0,0) bis AS Wiesbaden-Mainzer Straße (Betriebsumfahrt km 12,1),
- B 43: km 0,0 bis km 7,9,
- B 455: OD Mainz-Kastel (km 0,0) bis OD Bierstadt (km 6,3).

Dieses Streckennetz zeichnet sich durch eine Vielzahl hoch belasteter und eng verknüpfter Abschnitte aus, die sensibel auf Störungen reagieren. Als herausragender Knotenpunkt ist das Frankfurter Kreuz zu nennen, das zusammen mit der Straßen- und Autobahnmeisterei (SAM) Frankfurt/M. betreut wird. Zum Zuständigkeitsbereich der AM Rüsselsheim gehören dabei die durchgehenden Hauptfahrbahnen und Nebenfahrbahnen der A 3 sowie die Verbindungsrampen zur A 5. Die Autobahnmeisterei Rüsselsheim liegt zentral im zu betreuenden Streckennetz an der Anschlussstelle Rüsselsheim-Ost.

Die Autobahnmeisterei hat neben den Richtungsfahrbahnen mit einer Länge von 75 km noch 50 Anschlussstellen, 3 Autobahndreiecke und ein Autobahnkreuz sowie insgesamt 5 Parkplätze zu betreuen. Für den Betriebsdienst stehen 4 Betriebsumfahrten zur Verfügung.

Auf Grund der topografischen Verhältnisse im Rhein-Main-Gebiet liegt das gesamte Streckennetz unterhalb von 200 Höhenmetern und weist keine nennenswerten Längsneigungen auf. Im Zuständigkeitsbereich der AM Rüsselsheim befinden sich 3 Brückenbauwerke (Gesamtlänge ca. 3 km), die für den Winterdienst wegen Glättegefahr relevant sind. Der Anteil der drei- und mehrstreifigen Richtungsfahrbahnen beträgt 27 %, wovon 19 % keinen Standstreifen besitzen. In der gleichen Größenordnung haben auch zweistreifige Richtungsfahrbahnen keinen Standstreifen. Mit einer Gesamtlänge von ca. 108 km haben die Nebenfahrbahnen und Verbindungsrampen für den Winterdienst eine hohe Bedeutung.

Die Verkehrsbelastungen im Zuständigkeitsbereich der AM Rüsselsheim sind auf Grund der Lage im Ballungsraum sehr hoch. Sie betragen nach Angaben der BASt (2003) bis zu 148.200 Kfz/24h (A 5) bzw. 133.900 Kfz/24h (A 3) am Frankfurter Kreuz. Der Lkw-Anteil liegt hier zwischen 11,1 und 13,1 %.

Die AM Rüsselsheim hat 7 eigene Lkw und ein Fahrzeug eines Fremdunternehmers, die sie im Winterdienst einsetzen kann. Die technischen Daten der Fahrzeuge sowie der Streugeräte und Pflüge sind in der Anlage 9 zusammengestellt. An der A 671 bei Wiesbaden-Amöneburg unterhält die Autobahnmeisterei einen Stützpunkt, der von mehreren Meistereien genutzt wird. Die Ausstattung des Meistereigehöftes und des Stützpunktes ist ebenfalls in Anlage 9 zusammengefasst.

Im Zuständigkeitsbereich der AM Rüsselsheim befindet sich eine Glättemeldeanlage, Taumittelsprühanlagen sind nicht vorhanden. Im Rahmen eines Pilotprojektes wurde während des laufenden Forschungsprojektes der Einsatz einer Mini-Taumittelsprühanlage in einer Rampe des Frankfurter Kreuzes getestet (vgl. Kapitel 5.3).

### 3.9 AM Ulm-Dornstadt

Der Zuständigkeitsbereich der Autobahnmeisterei Ulm-Dornstadt liegt im östlichen Teil von Baden-Württemberg. Die Meisterei betreut den Autobahnabschnitt der A 8 zwischen der westlich gelegenen

AS Kirchheim/Teck-Ost (km 174,2) und der östlich gelegenen Landesgrenze zu Bayern (km 108,2) bei der AS Leipheim. Zusätzlich wird ein Teil der B 10 von der AS Ulm-West (km 9,3) bis zur Stadtgrenze Ulm (km 3,0) mitbetreut. Der Zuständigkeitsbereich grenzt im Westen an die AM Kirchheim, im Osten an die bayrische AM Augsburg sowie am Autobahnkreuz Ulm/Elchingen an die AM Heidenheim. Die Autobahnmeisterei liegt dezentral im östlichen Bereich des zu betreuenden Streckennetz an der Anschlussstelle Ulm-West, was sich sehr nachteilig bei der Durchführung des Winterdienstes bemerkbar macht.

Das Streckennetz hat eine einfache Länge ohne Rampen von 72 km. Zudem betreut die Autobahnmeisterei 8 Anschlussstellen und das Autobahnkreuz Ulm/Elchingen (bis 2002) sowie insgesamt 2 Tank- und Rastanlagen und 20 Parkplätze. Eine dichte Abfolge von Parkplätzen befindet sich im Alaufstieg (km 155,6 bis km 150,2). Für den Straßenbetriebsdienst stehen 10 Betriebsumfahrten zur Verfügung.

Der zu betreuende Streckenabschnitt der AM Ulm-Dornstadt ist insbesondere durch die kritischen Bereiche des Drackensteiner Hanges und des Alaufstiegs mit getrennten schmalen zweistreifigen Richtungsfahrbahnen ohne Standstreifen und hohen Längsneigungen sowie engen Radien gekennzeichnet. In diesem Bereich werden Längsneigungen bis 6 % erreicht. Auch die Steigungstrecken des westlich davon gelegenen Aichelbergs stellen im Winterdienst einen neuralgischen Streckenabschnitt dar. Knapp 90 % des Streckennetzes der AM Ulm-Dornstadt liegen in Höhen über 400 m üNN, ein Drittel der Strecke über 600 m üNN. Der Anteil der dreistreifigen Richtungsfahrbahnen beträgt 18 %, die über die gesamte Länge mit Standstreifen ausgestattet sind. Bei den zweistreifigen Richtungsfahrbahnen haben 42 % keinen Standstreifen. Im Zuständigkeitsbereich der AM Ulm-Dornstadt befinden sich 7 Brückenbauwerke, die für den Winterdienst wegen Glättegefahr relevant sind, mit einer Gesamtlänge von ca. 1,8 km. Im Bereich zwischen der Behelfsausfahrt Hohenstadt (km 150,6) und der AS Ulm-Ost (km 108,2) ist die A 8 mit einer Verkehrsbeeinflussungsanlage im Rahmen einer Nebelwarnanlage ausgerüstet.

Die Verkehrsbelastungen liegen nach Werten der BASt (2003) zwischen 78.500 Kfz/24h (AS Kirchheim (Teck)-Ost – AS Aichelberg) und 52.300 Kfz/24h (AS Ulm-Ost – Landesgrenze zu Bayern).



Der Lkw-Anteil wird mit Werten zwischen 12,5 und 15,1 % (Bereich Drackensteiner Hang/Albaufstieg: 15,1 %) ausgewiesen.

Die AM Ulm-Dornstadt hat 7 eigene Lkw und zwei Mehrzweckgeräteträger, die sie im Winterdienst einsetzen kann. Drei Winterdienstfahrzeuge sind mit Blaulicht und Tonfolgeanlage ausgerüstet (vgl. Kapitel 5.4). Die technischen Daten der Fahrzeuge sowie der Streugeräte, Pflüge und Räumgeräte sind in der Anlage 10 zusammengestellt. Im Zuständigkeitsbereich der AM Ulm-Dornstadt unterhält die Meisterei zwei Stützpunkte an den Anschlussstellen Mühlhausen und Merklingen. Beide Stützpunkte sind mit einer Salzhalle und einer Feuchtsalz-Aufbereitungsanlage ausgestattet, der Stützpunkt Merklingen wurde mit 3 250-t-Silos ausgestattet. An beiden Stützpunkten werden im Winterdienst jeweils zwei Winterdienstfahrzeuge stationiert. Die Ausstattung des Meistereigehöfts und der Stützpunkte ist detailliert in Anlage 10 zusammengefasst.

Im Zuständigkeitsbereich der AM Ulm-Dornstadt befinden sich insgesamt 13 Glättemeldeanlagen. Weiterhin unterhält die AM am Drackensteiner Hang auf einer Länge von 1,7 km eine Taumittelsprühanlage. Die 116 Düsen sind wechselseitig an den seitlichen Stützwänden installiert.

## 4 Verkehrstechnische Untersuchung

### 4.1 Allgemeines

#### 4.1.1 Grundlagen

Unter dem Begriff „Verkehr“ versteht man üblicherweise die Ortsveränderung von Personen, Gütern, Nachrichten oder Energie. Der Verkehrsablauf ist in Anlehnung daran der Überbegriff für die Gesamtheit aller Bewegungsprozesse von Fahrzeugen. Bewegen sich mehrere Fahrzeuge in gleicher Richtung, so spricht man von einem Verkehrsstrom, während die Bewegung selbst als Verkehrsfluss bezeichnet wird.

Die Qualität des Verkehrsablaufs lässt sich nach dem Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) (2001) in sechs Stufen einteilen:

Stufe A: Die Verkehrsteilnehmer werden äußerst selten von anderen beeinflusst. Sie besit-

zen die gewünschte Bewegungsfreiheit in dem Umfang, wie sie auf der Verkehrsanlage zugelassen ist. Der Verkehrsfluss ist frei.

Stufe B: Die Anwesenheit anderer Verkehrsteilnehmer macht sich bemerkbar, bewirkt aber nur eine geringe Beeinträchtigung des Einzelnen. Der Verkehrsfluss ist nahezu frei.

Stufe C: Die individuelle Bewegungsmöglichkeit hängt vielfach vom Verhalten der übrigen Verkehrsteilnehmer ab. Die Bewegungsfreiheit ist spürbar eingeschränkt. Der Verkehrszustand ist stabil.

Stufe D: Der Verkehrsablauf ist gekennzeichnet durch hohe Belastungen, die zu deutlichen Beeinträchtigungen in der Bewegungsfreiheit der Verkehrsteilnehmer führen. Interaktionen finden nahezu ständig statt. Der Verkehrszustand ist noch stabil.

Stufe E: Es treten ständige gegenseitige Behinderungen zwischen den Verkehrsteilnehmern auf. Bewegungsfreiheit ist nur in sehr geringem Umfang gegeben. Geringfügige Verschlechterungen der Einflussgrößen können zum Zusammenbruch des Verkehrsflusses führen. Der Verkehr bewegt sich im Bereich zwischen Stabilität und Instabilität. Die Kapazität wird erreicht.

Stufe F: Die Nachfrage ist größer als die Kapazität. Die Verkehrsanlage ist überlastet.

Die Zuordnung eines Verkehrszustandes zu einer der Qualitätsstufen kann auf ebenen Streckenabschnitten ohne Geschwindigkeitsbeschränkung nach den Kriterien der Tabelle 2 erfolgen:

QSV	mittlere Reisezeit der Pkw [min/100 km]	mittlere Reisegeschwindigkeit der Pkw [km/h]	Verkehrsdichte [Kfz/km]	Auslastungsgrad $\alpha$ [-]
A	$\leq 46$	$\geq 130$	$\leq 8$	$\leq 0,30$
B	$\leq 48$	$\geq 125$	$\leq 16$	$\leq 0,55$
C	$\leq 52$	$\geq 115$	$\leq 23$	$\leq 0,75$
D	$\leq 60$	$\geq 100$	$\leq 32$	$\leq 0,90$
E	$\leq 75$	$\geq 80$	$\leq 45$	$\leq 1$
F	$> 75$	$< 80$	$> 45$	-

Tab. 2: Einteilung der QSV-Stufen für zweistreifige ebene Richtungsfahrbahnen außerhalb von Ballungsräumen bei reinem Pkw-Verkehr nach HBS (2001)

Mit Hilfe der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV) kann eine Aussage über die qualitative Veränderung der Kapazität im Winter gemacht werden. Stellt sich zu einer bestimmten Tageszeit an winterlichen Tagen eine wesentlich schlechtere Qualitätsstufe ein als zur selben Zeit an vergleichbaren nicht-winterlichen Tagen, so kann davon ausgegangen werden, dass auch die Kapazität wesentlich früher erreicht wird, also der Übergang von Qualitätsstufe E nach F bereits bei geringerer Verkehrsmenge erfolgt.

Im Highway Capacity Manual (HCM) (2000) wird unter dem Begriff „capacity“ die maximale Anzahl von Fahrzeugen verstanden, die eine realistische Aussicht darauf haben, einen gegebenen Abschnitt einer Straße innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls und unter den vorherrschenden Weg- und Verkehrsbedingungen passieren zu können.

Im Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) (2001) heißt es entsprechend: „Die Kapazität ist die größte Verkehrsstärke, die ein Verkehrsstrom bei gegebenen Weg- und Verkehrsbedingungen an dem für ihn bestimmten Querschnitt erreichen kann.“ Die Verkehrsstärke  $q$  wird dabei üblicherweise auf einen Zeitraum von einer Stunde bezogen.

Als mathematische Gleichung wird im HBS für die Kapazität  $C$  auch angegeben:

$$C = q_{\max}$$

Es ist jedoch zu beachten, dass für eine vor Ort gemessene maximale Verkehrsstärke diese Gleichung nur gilt, sofern es während der Messdauer zu einer Vollauslastung des Querschnittes kommt. Es wird also eine Nachfrage vorausgesetzt, die höher als die Kapazität selbst oder zumindest gleich groß wie diese ist. An einem verkehrssarmen Tag, an dem die Kapazität im gesamten Tagesverlauf nicht erreicht wird, kann ein gemessenes  $q_{\max}$  nicht die Kapazität  $C$  repräsentieren.

Das bedeutet, dass die Kapazität  $C$  mit derjenigen Verkehrsstärke gleichzusetzen ist, die kurz vor dem Zusammenbrechen des Verkehrs erreicht wird. Eine Ermittlung der Kapazität von Autobahnquerschnitten kann hier über die Betrachtung der makroskopischen Größen an Stautagen geschehen. Voraussetzung ist, dass die Stauungen nicht durch Unfälle oder Bau- bzw. Engstellen (Fahrstreifenreduzierung) verursacht wurden, sondern tatsächlich durch eine zu hohe Verkehrsnachfrage entstanden sind.

Die Kapazität von Autobahnquerschnitten ist abhängig von zahlreichen Randbedingungen und unterliegt somit starken zeitlichen Schwankungen. Die Einflussgrößen lassen sich in vier verschiedene Gruppen einteilen:

- Wegbedingungen,
- Verkehrsbedingungen,
- Steuerungsbedingungen,
- Umfeldbedingungen.

Bei den Wegbedingungen handelt es sich im Wesentlichen um die geometrischen und baulichen Ausprägungen des Verkehrsweges. Hierzu gehören zum Beispiel die Kurvigkeit, die Längsneigung und der vorhandene Straßenquerschnitt, also auch die Anzahl und Breite der Fahrstreifen. Aufgrund der geradlinigen Führung spielt die Kurvigkeit auf Autobahnen jedoch kaum eine Rolle und kann vernachlässigt werden. Gleiches gilt für die Fahrstreifenbreite, da bei den auf Autobahnen verwendeten großen Fahrstreifenbreiten zwischen 3,25 m und 3,75 m nach BRILON/WEISER (1997) kein Einfluss auf die Geschwindigkeit und damit auch kein Einfluss auf die Kapazität zu erwarten ist.

Die Verkehrsbedingungen sind im Gegensatz zu den Wegbedingungen zeitlich veränderliche Größen. Unter Verkehrsbedingungen versteht man in erster Linie die Zusammensetzung des Verkehrsstromes (Fahrzeugkollektiv), aber auch die Aufteilung des Verkehrs auf die verschiedenen Fahrstreifen. Der maßgebliche beschreibende Parameter für die Verkehrszusammensetzung ist der Lkw-Anteil, der über den Tag, die Woche und das Jahr schwankt. Häufig wird nachts ein stark erhöhter Lkw-Anteil registriert, was jedoch nicht aus einer größeren absoluten Anzahl an Lkw resultiert. Vielmehr steigt der relative Anteil an Lkw in der Nacht an, da die Verkehrsnachfrage der Pkw während der Nachtstunden stark absinkt. Bei den in dieser Untersuchung verwendeten Angaben zur Verkehrszusammensetzung ist, sofern nichts anderes angegeben, der Lkw-Anteil als über den Tag gemittelter Wert anzusehen.

Steuerungs- oder auch Kontrollbedingungen sind von außen bewusst vorgegebene Randbedingungen zur Beeinflussung des Verkehrsablaufs. Dazu zählen zum Beispiel Lichtsignalanlagen an plangleichen Knotenpunkten, sonstige Vorfahrtsregelungen, Abbiege- oder Halt- und Parkverbote. Für Autobahnen bedeutsam sind vor allem Geschwin-

digkeitsbeschränkungen sowie Überhol- und Fahrverbote für Lkw.

Die Einflussgrößen der Umfeldbedingungen betreffen die Licht-, Wetter- und Straßenverhältnisse. Diese haben eine sehr große Bedeutung für den Verkehrsablauf.

#### 4.1.2 Größen der Kapazität

Eine vereinfachte Kalkulation zur Kapazität besagt, dass bei heller und trockener Fahrbahn etwa 1.800 Fahrzeuge pro Fahrstreifen und Stunde abgewickelt werden können. Sie wird abgeleitet aus der Annahme, dass alle Kraftfahrzeugführer, unabhängig von der gefahrenen Geschwindigkeit, im Mittel einen Sicherheitsabstand von zwei Sekunden zum vorausfahrenden Fahrzeug einhalten.

Auch das HBS (2001) gibt für reinen Pkw-Verkehr und Längsneigungen kleiner 2 % außerhalb von Ballungsräumen 3.600 Kfz/h auf zweistreifigen bzw. 5.400 Kfz/h auf dreistreifigen Autobahnen als Kapazität an. Mit steigenden Längsneigungen und bei höheren Lkw-Anteilen sinken die Werte. So wird bei einer Längsneigung von 5 % und einem Anteil der Lkw von 20 % nur noch ein Durchsatz von 2.500 Kfz/h auf zweistreifigen Autobahnen als möglich angesehen.

Im Gegensatz zu den aus mathematischen Modellen errechneten Kapazitäten wurden in der Realität bereits deutlich höhere Werte gemessen. HURDLE et al. (1997) untersuchten hoch belastete Stadtautobahnen in Kanada und stellten fest, dass maximale Verkehrsstärken zwischen 2.160 und 3.200 Kfz/h je Fahrstreifen bewältigt werden konnten, bevor ein Stau eintrat. Diese ausgesprochen extremen Werte konnten in Deutschland bisher noch nicht beobachtet werden. Auswertungen von Dauerzählstellen durch GRABE (1997) zeigten gleichwohl, dass auf deutschen Autobahnen Kapazitäten pro Fahrstreifen von 2.000 Kfz/h und mehr durchaus erreicht werden können. Ein Grund hierfür ist, dass die theoretisch einzuhaltenen Sicherheitsabstände von vielen Fahrern unterschritten werden und sich hierdurch eine höhere Verkehrsdichte einstellt.

Informationen zur Kapazität auf Autobahnen bei ungünstigen Sicht- und Witterungsverhältnissen findet man bei PONZLET (1996). Dabei stützt er sich auf Daten, die über einen Zeitraum von drei Jahren an 15 Dauerzählstellen erhoben wurden. Er stellt folgende Reduktionen gegenüber der Kapazität bei idealen Bedingungen fest:

- Dunkelheit ohne Regen: etwa 10 %,
- Regen und Helligkeit: etwa 15 %,
- Regen und Dunkelheit: etwa 30 %.

Über Kapazitätsabnahmen durch winterliche Fahrbahnbedingungen liegen bisher nur Schätzungen vor. Anhand von Geschwindigkeitsmessungen, die im Winter auf Autobahnen durchgeführt wurden, stellten DURTH et al. (1996) die Vermutung auf, dass eine zweistreifige Fahrbahn bereits bei 2.000 Kfz/h ihre Kapazität erreicht, was eine Reduktion um knapp 50 % bedeuten würde.

In anderen Ländern mit ausgeprägteren Wintern gibt es weit mehr Untersuchungen zu dieser Fragestellung. So berichten ÖBERG et al. (1997) von lediglich 20 % Kapazitätsabnahme auf winterglatten Fahrbahnen in Schweden. Ähnliche Werte wurden auch in Norwegen festgestellt. Da aber die Bevölkerung der nordischen Länder winterliche Bedingungen eher gewohnt ist und daher vermutlich besser mit den dann gegebenen Straßenzuständen zurechtkommt, können diese Ergebnisse nicht auf Deutschland übertragen werden. Es ist davon auszugehen, dass winterliche Fahrbahnbedingungen hierzulande einen deutlich höheren Rückgang bewirken.

#### 4.1.3 Staudefinition

Um die Kapazität einer Verkehrsanlage aus Messungen der Verkehrsstärke ermitteln zu können, muss die Verkehrsnachfrage zeitweilig genauso groß sein wie die Kapazität. Zumeist liegt die maximal gemessene Verkehrsstärke unterhalb der Kapazität, sie entspricht dieser nur genau dann, wenn der betrachtete Streckenabschnitt voll ausgelastet ist. Der genaue Zeitpunkt einer solchen Vollausslastung ist schwer zu bestimmen. Man kann aber davon ausgehen, dass sich der Zustand der Vollausslastung kurz vor einer Überlastung, d. h. einem Verkehrsstaus einstellen muss.

Allgemein gesprochen sind Verkehrsstauungen Störungen im Verkehrsablauf, die in der Regel dann auftreten, wenn die Verkehrsnachfrage größer ist als die Verkehrsmenge, die vom vorhandenen Streckenquerschnitt bewältigt werden kann. Nach RESSEL (1994) empfiehlt der Arbeitskreis „Pulk- und Staubildung“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) eine Unterscheidung des Verkehrsstaus auf Richtungsfahrbahnen in drei Stufen:

- Von einem Stau im „engeren Sinne“ wird gesprochen, wenn in einem Verkehrsstrom mehrere Fahrzeuge hintereinander verkehrsbedingt zum Halt kommen.
- Unter Einbeziehung der Zeit-Weg-Ebene ergibt sich der Stau „im weiteren Sinne“, wenn die mittlere Geschwindigkeit  $v$  im gestauten Streckenabschnitt unter 30 km/h fällt.
- Der Stau „im weitesten Sinne“ definiert den instabilen Verkehrsfluss, bei dem sich Stop-and-go-Verkehr einstellt und die mittlere Geschwindigkeit  $\bar{v}$  infolge der hohen Verkehrsdichte ( $k > k_{opt}$ ) deutlich unter derjenigen Geschwindigkeit  $\bar{v}_{opt}$  liegt, bei der die größtmögliche Verkehrsstärke  $q_{max}$  abgeführt werden kann.

BREITENSTEIN et al. (1980) weisen darauf hin, dass für uneingeschränkte Fahrbahnquerschnitte eigentlich keine allgemein gültigen Staukriterien aufgestellt werden können. In der Regel beschränken sich die in der Literatur angegebenen Definitionen zum Verkehrsstau auf ganz bestimmte Fragestellungen. Eine Festlegung von Schwellenwerten für die Verkehrsstärke, die Verkehrsdichte bzw. die mittlere Geschwindigkeit ist sehr schwierig und stark subjektiv geprägt, da die genaue Gestalt des Fundamentaldiagramms im Bereich des instabilen Verkehrsflusses unbekannt ist.

Liegen wie in dieser Untersuchung als Entscheidungsgrundlage Messergebnisse automatischer Erfassungsgeräte vor, dann werden wie in den meisten Untersuchungen Schwellenwerte für die makroskopischen Größen festgelegt, da bis heute kein anderer Ansatz zur Verfügung steht. Gemäß den meisten verkehrstechnischen Untersuchungen wird daher eine mittlere Geschwindigkeit von 30 km/h als Grenzkriterium für Stauungen angenommen.

#### 4.1.4 Winterlicher Fahrbahnzustand

Im Rahmen dieser Untersuchung war die Ermittlung der Dauer und der genauen räumlichen und zeitlichen Verteilung der einzelnen Fahrbahnzustände nicht möglich. Es werden hier die Aufzeichnungen in den Winterdienst-Einsatzprotokollen der Autobahnmeistereien zu Grunde gelegt. Neben der Erfassung der Räumensatzfahrten wurden dort auch Angaben zum Fahrbahnzustand gemacht.

#### 4.1.5 Längsneigungen

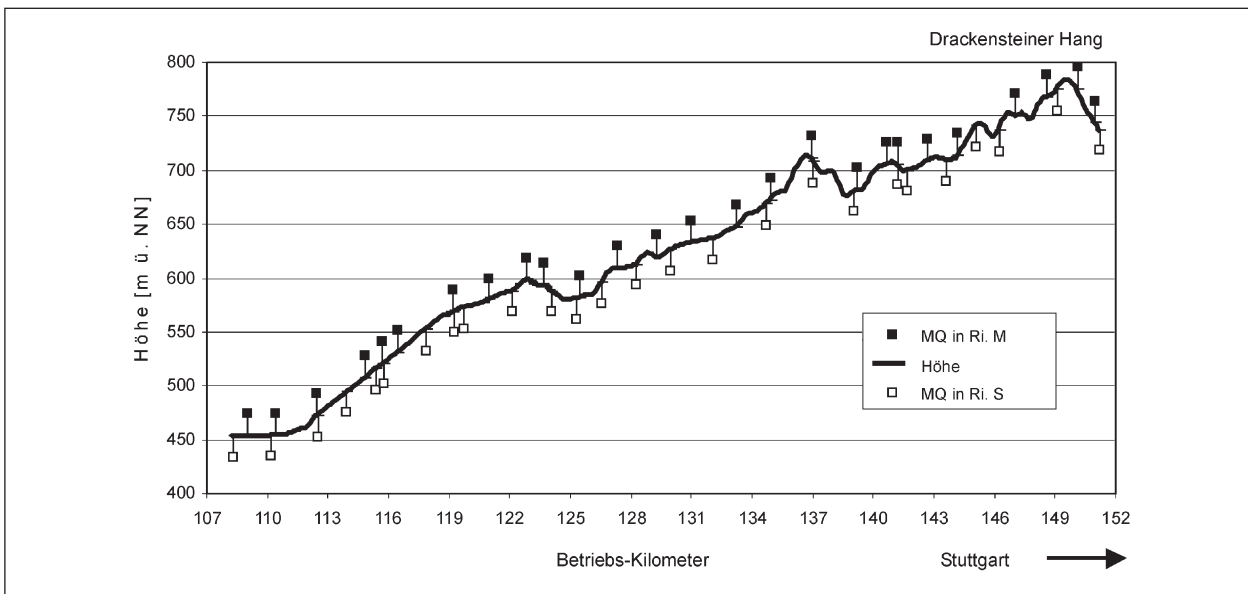
Laut HBS (2001) reduzieren Steigungsstrecken mit großer Längsneigung ( $> 2\%$ ) die Fahrgeschwindig-

keiten insbesondere des Schwerverkehrs, was wiederum Auswirkungen auf den Pkw-Verkehr hat. Deshalb werden zu untersuchende Teilabschnitte in so genannte Steigungsklassen eingeteilt. Strecken mit einer Längsneigung  $\leq 2\%$  bzw. mit negativer Längsneigung werden wie ebene Strecken behandelt und können zusammengefasst werden. Beträgt die Längsneigung mehr als  $2\%$ , so werden jeweils in Prozentschritten neue Klassen gebildet. Zur Berücksichtigung kurzer Steigungsstrecken kann eine äquivalente Steigung gebildet werden. Dabei entspricht die äquivalente Steigung  $s_{\text{äq},i}$  nach HBS (2001) „der Steigung einer Strecke von 4.000 m Länge, bei der die gleichen Geschwindigkeitsverhältnisse vorzufinden sind wie bei einer Strecke der Steigung  $s_i$  und der Länge  $L_i < 4.000\text{ m}$ “.

## 4.2 Untersuchungsstrecken

Bei der verkehrstechnischen Untersuchung wurden als Streckenabschnitte außerhalb von Ballungsräumen die A 8 in der Zuständigkeit der AM Ulm-Dornstadt (Baden-Württemberg) und die A 5 im Bereich der AM Alsfeld (Hessen) herangezogen. Für diese Streckenabschnitte wurden Stauerfassungen während der Winterdienstesätze von der zweiten Hälfte des Winters 2001/02 bis einschließlich des Winters 2003/04 durch die Autobahnmeistereien durchgeführt. Für den Winter 2003/04 wurde die verkehrstechnische Untersuchung um Autobahnabschnitte im Ballungsraum, hier im Zuständigkeitsbereich der AM Rüsselsheim im Rhein-Main-Gebiet, erweitert. An allen genannten Streckenabschnitten befinden sich Langzeitzählstellen, die eine Datenauflösung von 5-Minuten-Intervallen ermöglichen.

Der Zuständigkeitsbereich und die streckenspezifischen Randbedingungen der Autobahnmeisterei Ulm-Dornstadt sind im Kapitel 3.9 bereits beschrieben worden. Auf der Albhochfläche östlich des Drackensteiner Hangs befindet sich eine Verkehrsbeeinflussungsanlage, zu deren Steuerung zwischen den Betriebskilometern 109 und 151 jeweils 26 Langzeitzählstellen pro Richtungsfahrbahn eingerichtet wurden. Die Zählstellen der beiden Richtungsfahrbahnen befinden sich jeweils versetzt zueinander. Bei deaktivierter Verkehrsbeeinflussungsanlage ist auf dem Streckenabschnitt kein Tempolimit vorgesehen. Bild 2 zeigt das Höhenprofil des Abschnitts auf der Albhochfläche sowie die Standorte der Messquerschnitte (MQ) in Richtung Stuttgart (□) und in Richtung München (■).



**Bild 2:** Höhenprofil der A 8 auf der Albhochfläche

Messquerschnitte Richtung München				Messquerschnitte Richtung Stuttgart			
km	MQ	Fahrstr.	s [%]	km	MQ	Fahrstr.	s [%]
150,960	M1	2	3,0	143,601	S22	2	-0,2
150,140	M2	2	4,1	146,241	S24	2	4,9
142,702	M6	2	-0,8	149,140	S25	2	3,4

**Tab. 3:** Untersuchte Langzeitzählstellen im Bereich AM Ulm-Dornstadt

Von den 26 Langzeitzählstellen je Fahrtrichtung wurden nach einer Vorsichtung der erfassten Staus jeweils drei Messquerschnitte pro Fahrtrichtung für die weitere Untersuchung ausgewählt. Die Staus traten fast ausschließlich zwischen den km 140 und km 152 auf. Ausgeschlossen wurden Zählstellen, die außer Betrieb waren oder offensichtlich fehlerhafte Messwerte lieferten.

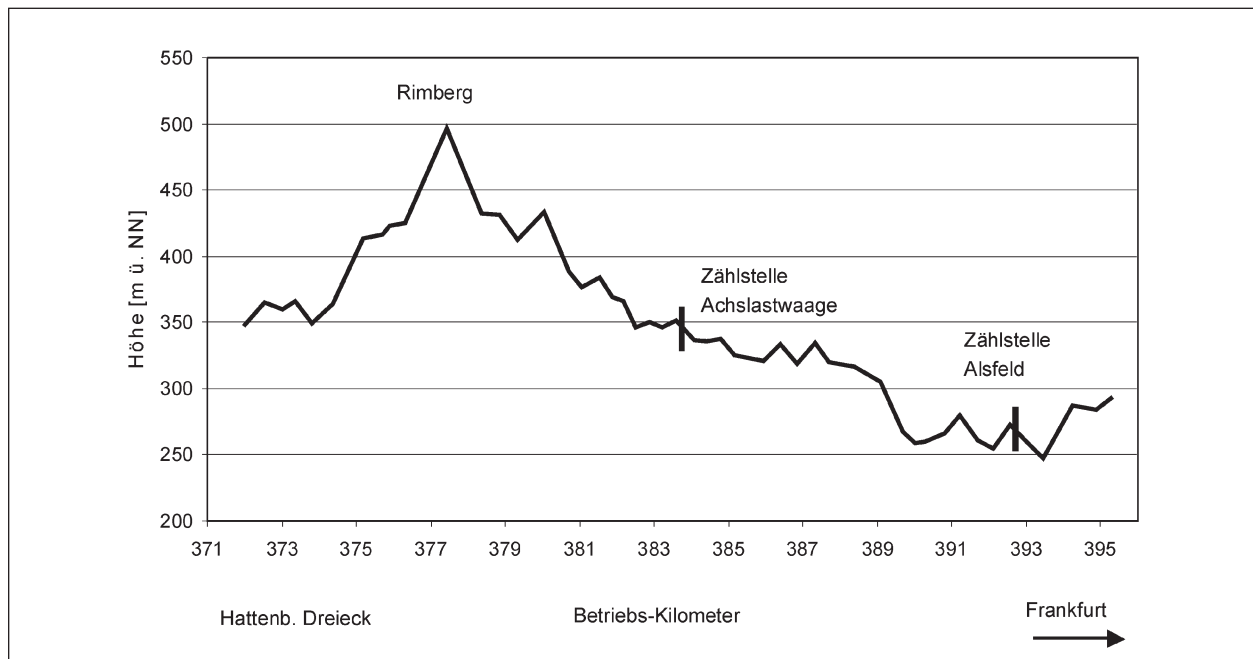
Tabelle 3 zeigt die Auflistung der ausgewählten Langzeitzählstellen mit Angabe der Messquerschnittsbezeichnung (MQ), Anzahl der Fahrstreifen sowie lokalen Längsneigung. Bei den gewählten Messquerschnitten sind örtliche Längsneigungen < 2 % (M6, S22), zwischen 2 % und 4 % (M1, S25) sowie > 4 % (M2, S24) vorzufinden. Die äquivalenten Längsneigungen liegen aber stets unterhalb von 2,5 %.

Eine Beschreibung der AM Alsfeld mit den winterdienstrelevanten Angaben befindet sich im Kapitel 3.2. In Bild 3 ist der Höhenverlauf der A 5 im Bereich der AM Alsfeld dargestellt.

Im Zuständigkeitsbereich der AM Alsfeld können die Daten der Online-Zählstellen bei km 384,0 so-

wie westlich der Anschlussstelle Alsfeld-Ost bei km 392,6 genutzt werden. Die Langzeitzählstelle bei km 384,0 verfügt zusätzlich über eine Achslastwaage auf dem rechten Fahrstreifen. Die Daten der Zählstellen im Bereich des Hattenbacher Dreiecks standen teilweise nur lückenhaft zur Verfügung. Angaben zu den Langzeitzählstellen können der Tabelle 4 entnommen werden.

Die AM Rüsselheim ist für ein dichtes Autobahnnetz im Ballungsraum Rhein-Main zuständig. Das betreute Autobahnnetz und die verkehrlichen Randbedingungen sind in Kapitel 3.8 detailliert beschrieben. Die betroffenen Streckenabschnitte haben keine nennenswerten Längsneigungen, sie können durchweg als eben angenommen werden. Es wurden die im Winter 2003/04 erfassten Staus mit Hilfe der hier befindlichen zahlreichen Langzeitzählstellen analysiert. In Tabelle 5 sind nur die Langzeitzählstellen aufgelistet, bei denen im betroffenen Winter winterbedingte Staus nachgewiesen werden konnten.



**Bild 3:** Höhenprofil der A 5 im Bereich der AM Alsfeld

Messquerschnitte Richtung Frankfurt				Messquerschnitte Richtung Kassel			
km	MQ	Fahrstr.	s [%]	km	MQ	Fahrstr.	s [%]
396,6	ALS	2	-2,5	396,6	ALN	2	2,5
384,0	AXS	2	0,5	384,0	AXN	2	-0,5

**Tab. 4:** Untersuchte Langzeitzählstellen im Bereich AM Alsfeld

Messquerschnitte Richtung Aschaffenburg				Messquerschnitte Richtung Frankfurt			
km	MQ	Fahrstr.	s [%]	km	MQ	Fahrstr.	s [%]
175,6	10869-178	4	-0,2	176,2	10870-12	4	-1,0
177,5	10869-159	4	-1,3	177,5	10870-26	4	-1,3
178,6	10869-148	4	0,5	178,6	10870-37	4	0,5
181,5	10868-129	3	0,1	181,1	10869-6	3	0,1

**Tab. 5:** Auswahl der Langzeitzählstellen auf der A 3 im Bereich AM Rüsselsheim

## 4.3 Auswertungsmethodik

### 4.3.1 Bestimmung der relevanten Stautage

Die Stauprotokolle (vgl. Anlage 1) müssen Datum, Uhrzeit, Lage des Staus mit Kilometerangaben sowie den stauverursachenden Grund enthalten. Nur wenn ein Stau aus zu hoher Verkehrsbelastung resultiert, kann aus dem Verkehrszustand kurz davor bzw. danach auf die Kapazität geschlossen werden. Bei Unfällen und Baustellen hingegen wird mindestens ein Fahrstreifen blockiert, sodass es zum Stau kommt, schon lange bevor die eigentliche Kapazität des Querschnitts erreicht wird. Deshalb müssen solche Tage von vornherein ausgeklammert werden und dürfen nicht in die Aus-

wertung eingehen. Bei der Stauursache konnten im Protokoll vier Gründe angekreuzt werden, wobei Mehrfachnennungen möglich waren:

- winterlich bedingt,
- winterlich bedingt vor Steigung/Gefälle,
- hohe Verkehrsbelastung,
- Unfall.

Die ersten drei Staugründe deuten darauf hin, dass die verfügbare Kapazität für die an diesem Tag vorliegenden Randbedingungen geringer war als die Verkehrsnachfrage. Diese Stautage wurden im Folgenden weiter verwendet, während die Unfallstaus aussortiert wurden.



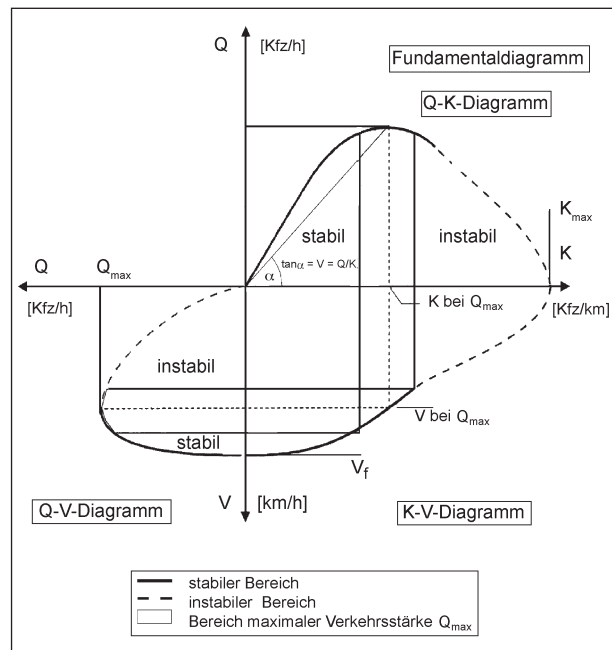
Ein Problem entstand oftmals dadurch, dass es an Zeit-, Richtungs- und Kilometerangaben zu den beobachteten Staus mangelte. Fehlte der exakte Zeitpunkt des Staus, so konnte dieser später immer noch anhand des Geschwindigkeitsverlaufes bestimmt werden. Ohne Richtungs- und Kilometerangabe blieb aber unklar, an welcher Stelle das Ereignis stattgefunden hatte und ob und von welcher Dauerzählstelle es folglich aufgezeichnet worden war.

In Anlage 11.1 sind alle im Untersuchungszeitraum erfassten Stauereignisse im Bereich der AM Ulm-Dornstadt aufgelistet, Anlage 11.2 enthält die Stauereignisse, die im Zuständigkeitsbereich der AM Alsfeld erfasst wurden. Die erfassten Staus durch die AM Rüsselsheim im Rhein-Main-Gebiet sind der Anlage 11.3 zu entnehmen.

Mit Hilfe der Stauaufzeichnungen können für die entsprechenden Zeitfenster Ganglinien der Geschwindigkeit und der Verkehrsstärke erstellt werden, um sich ein Bild vom Verkehrsablauf machen zu können. Für die Bestimmung der Kapazität sind sie aber nicht bzw. nur bedingt verwendbar. Besser eignen sich dazu Verkehrsflussmodelle, in denen je zwei makroskopische Größen zueinander in Relation gesetzt werden. Bild 4 zeigt eine Gesamtübersicht über alle drei Kombinationsmöglichkeiten der makroskopischen Größen und deren Zusammenhänge.

Es empfiehlt sich insbesondere das Verkehrsdichte-Geschwindigkeits-Diagramm, da hier die Streuung von empirisch gemessenen Datenpunkten am geringsten ist. Mit dem linearen k-v-Modell steht ein Verfahren zur Verfügung, das den wahren Kurvenverlauf zwar leicht vereinfacht, das aber dennoch, zumindest innerhalb des für die Kapazitätsbestimmung entscheidenden Bereichs des teilgebundenen und gebundenen Verkehrs, eine zufrieden stellende Genauigkeit garantiert.

Aus den vorliegenden Datensätzen müssen zunächst Geschwindigkeitganglinien für alle Tage erstellt werden, um den genauen Zeitpunkt von Stauereignissen an der Langzeitzählstelle bestimmen zu können. Für die Ermittlung der Kapazität sollen dann anschließend die Werte aus dem Bereich der Stauzeiten im linearen k-v-Modell ausgewertet werden. Hierbei hat es sich als zweckmäßig erwiesen, das Zeitfenster so auszudehnen, dass es etwa von ein bis zwei Stunden vor Stauanfang bis ein oder zwei Stunden nach Stauende reicht. Handelt es sich um ein sehr langes Stauereignis, kann

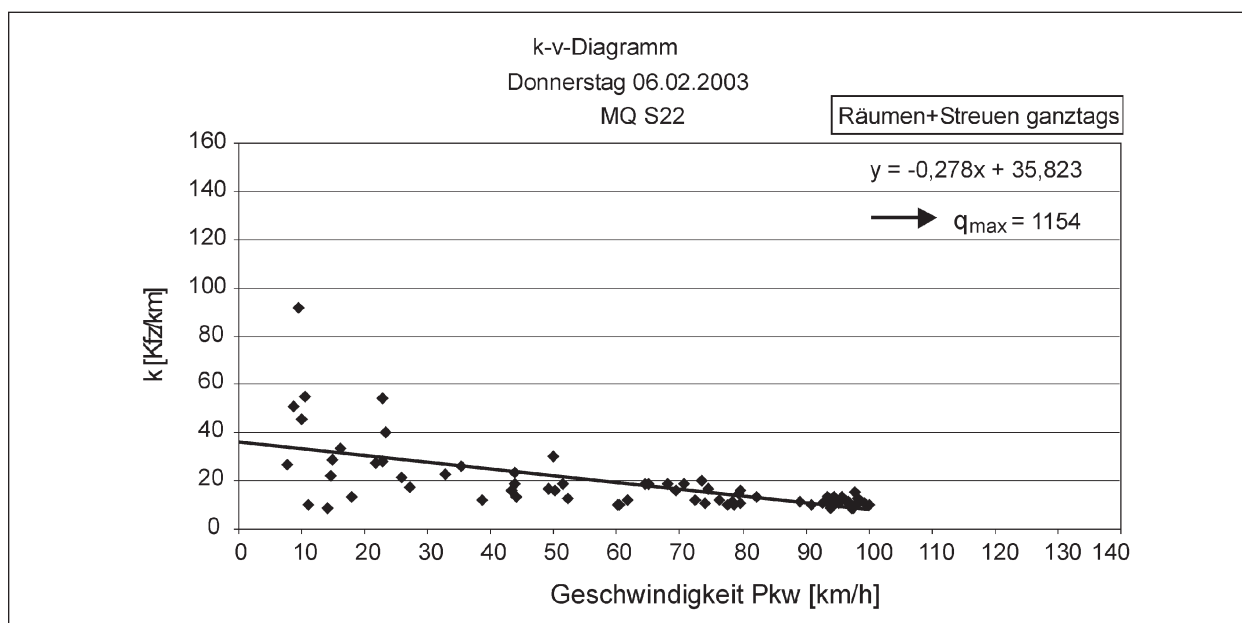


**Bild 4:** Übersicht über alle Diagrammart nach BRILON/WEISER (1997)

auch nur der Bereich des Staubeginns oder Stauendes betrachtet werden, jeweils wieder mit ca. ein bis zwei Stunden Vor- bzw. Nachlauf. Dadurch ist gewährleistet, dass Wertepaare sowohl aus dem gebundenen als auch aus dem teilgebundenen Bereich vorliegen. Das Zeitfenster noch weiter zu vergrößern ist nicht empfehlenswert. Zum einen können mehrere Stunden vor bzw. nach dem Stau wieder völlig andere Umfeldbedingungen und Fahrbahnzustände vorliegen, die die Werte nicht mehr miteinander vergleichbar machen. Zum anderen würden vermehrt Wertepaare aus dem Bereich des freien Verkehrs mit aufgenommen. Bei freiem Verkehr aber ist die Gerade als Näherungsfunktion für den realen Kurvenverlauf weniger geeignet.

Die Ermittlung der Kapazität aus dem k-v-Diagramm erfolgt durch die punktweise Konstruktion des Fundamentaldiagramms (vgl. Bild 5). Dabei ist die zum jeweiligen k-Wert gehörige Verkehrsstärke gleich dem Rechteck, das von den beiden Achsen sowie dem entsprechenden Punkt auf der k-v-Kurve gebildet wird. Die maximale Fläche und damit den Wert der maximalen Verkehrsstärke erhält man aus demjenigen Punkt auf der Ausgleichsgeraden, der genau in der Mitte zwischen den beiden Schnittpunkten mit den Achsen liegt (vgl. Bild 4).

Die mit dem Modell ermittelte Kapazität wird zur Überprüfung mit der empirisch erfassten Kapazität des betrachteten Zeitfensters verglichen. Diese er-



**Bild 5:** k-v-Diagramm eines winterbedingten Staus mit ermittelter Kapazität  $q_{\max}$

geben sich aus dem jeweiligen maximalen Stundenwert der Verkehrsstärke, aggregiert aus den erfassten 5-Minuten-Intervallen.

#### 4.4 Ergebnisse der verkehrstechnischen Untersuchung

Bei der Aufstellung der Auswertungsergebnisse wurden nur Stauereignisse berücksichtigt, die sich auch eindeutig einer der aufgezeichneten Beobachtungen des Autobahnmeistereipersonals zuordnen ließen. Ein Stau, der nur anhand der Geschwindigkeitsganglinie ausfindig gemacht wurde, aber nicht zweifelsfrei in der Zusammenstellung aller beobachteten Staus wiedergefunden werden konnte, wurde nicht berücksichtigt. Ebenso finden Ereignisse, die als Stau protokolliert wurden, bei denen die Geschwindigkeit laut Ganglinienverlauf aber zu keinem Zeitpunkt unter 30 km/h sank, gemäß der o. a. Staudefinition keine Verwendung.

Die in den Anlagen 11.1 (AM Ulm-Dornstadt), 11.2 (AM Alsfeld) und 11.3 (AM Rüsselsheim) erfassten Stauereignisse wurden im Hinblick auf den genauen Anfangs- und Endzeitpunkt des Staus mittels Geschwindigkeits- und Verkehrsstärkeganglinien ausgewertet. Die Anzahl der auswertbaren Stauereignisse reduzierte sich, wenn entweder das Stauende nicht über den Messquerschnitt der Langzeitzählstelle hinausreichte oder die Langzeitzählstelle für das betroffene Zeitfenster keine Geschwindigkeits- bzw. Verkehrsstärkewerte gespeichert

hatte. Beide Fälle traten bei den Stauereignissen der AM Alsfeld häufig ein, sodass hier beispielsweise im Winter 2002/03 nur zwei Stauereignisse ausgewertet werden konnten. Für alle ausgewerteten Stauereignisse befinden sich in den Anlagen 11.4 bis 11.31 Geschwindigkeits- und Verkehrsstärkeganglinien sowie zur Ermittlung der streckenbezogenen Kapazität das Verkehrsichte-Geschwindigkeits-Diagramm.

##### 4.4.1 Ergebnisse aus dem Untersuchungsgebiet der AM Ulm-Dornstadt

Tabelle 6 zeigt eine Zusammenstellung aller winterbedingten Staus in beiden Untersuchungs winters, die den obigen Anforderungen genügen. Sowohl die k-v-Diagramme als auch die Geschwindigkeits- und Verkehrsstärkeganglinien zu den entsprechenden Ereignissen befinden sich in den Anlagen 11.4 bis 11.25.

Neben den maximal möglichen Verkehrsstärken, die mittels der k-v-Diagramme bestimmt wurden, sind auch die tatsächlichen empirisch gemessenen Maximalverkehrsstärken aus den betreffenden Zeiträumen aufgeführt. Anhand der Differenzen zwischen diesen Werten kann die Güte des linearen k-v-Modells beurteilt werden. Mit Hilfe der im HBS (2001) angegebenen Kapazitätswerte für trockene Fahrbahn und Helligkeit lässt sich ferner der Rückgang quantifizieren, der durch die winterlichen Fahrbahnbedingungen verursacht wird.



Winter 2002/03										
Datum	MQ	Lkw-Anteil	Längsneigung		max. Verkehrsstärke		Fehler		Kapazität nach HBS	Kapazitäts- rückgang
			lokal	äquiv.	nach k-v-Diagramm	empirisch	absolut	prozentual		
Sa. 04.01.2003	S22	< 5 %	-0,2	≤ 2,0	3.246	3.272	-26	-1 %	3.550	< 10 %
	S24	< 5 %	4,9	2,4	3.204	3.264	-60	-2 %	3.450	
	S25	< 5 %	3,4	2,3	3.180	3.250	-70	-2 %	3.475	
So. 05.01.2003	S22	< 5 %	-0,2	≤ 2,0	2.911	2.898	13	1 %	3.550	ca. 20 %
	S24	< 5 %	4,9	2,4	3.008	2.869	139	5 %	3.450	
Do. 23.01.2003	S25	ca. 25 %	3,4	2,3	1.587	1.654	-67	-4 %	3.275	ca. 50 %
Do. 30.01.2003	S22	ca. 25 %	-0,2	≤ 2,0	1.789	1.688	101	6 %	3.350	ca. 50 %
	S24	ca. 25 %	4,9	2,4	1.678	1.678	0	0 %	3.250	
	S25	ca. 25 %	3,4	2,3	1.835	1.697	138	8 %	3.275	
Do. 06.02.2003	S22	ca. 30 %	-0,2	≤ 2,0	1.154	1.212	-58	-5 %	3.300	ca. 60 %
	S24	ca. 30 %	4,9	2,4	1.067	1.219	-152	-12 %	3.200	
	S25	ca. 30 %	3,4	2,3	1.368	1.210	158	13 %	3.225	
Winter 2003/04										
Datum	MQ	Lkw-Anteil	Längsneigung		max. Verkehrsstärke		Fehler		Kapazität nach HBS	Kapazitäts- rückgang
			lokal	äquiv.	nach k-v-Diagramm	empirisch	absolut	prozentual		
Mo. 15.12.2003	M1	ca. 25 %	3,0	2,1	2.215	2.143	72	3 %	3.325	ca. 35 %
	M2	ca. 25 %	4,1	2,8	1.760	2.057	-297	-14 %	3.150	
	S24	ca. 30 %	4,9	2,4	2.366	2.255	111	5 %	3.200	
	S25	ca. 25 %	3,4	2,3	2.016	2.215	-199	-9 %	3.275	
So. 08.02.2004	M1	< 5 %	3,0	2,1	2.185	2.154	31	1 %	3.575	ca. 40 %
Fr. 27.02.2004	S22	ca. 15 %	-0,2	≤ 2,0	3.198	3.120	78	3 %	3.450	ca. 10 %
	S24	ca. 15 %	4,9	2,4	3.369	3.109	260	8 %	3.350	
Sa. 06.03.2004	M1	ca. 6 %	3,0	2,1	2.766	2.763	3	0 %	3.515	ca. 20 %
	M2	ca. 6 %	4,1	2,8	2.829	2.772	57	2 %	3.340	
	M6	ca. 6 %	-0,8	≤ 2,0	2.839	2.701	138	5 %	3.540	

Tab. 6: Ergebnisse der Kapazitätsermittlung für den Bereich der AM Ulm-Dornstadt

Beim Vergleich zwischen Empirie und linearem k-v-Modell sind sowohl die absoluten als auch relativen Fehler angegeben. Je größer die maximale Verkehrsstärke, desto geringer sind die Auswirkungen auf den relativen Fehler. So weisen bis auf drei Ausnahmen alle untersuchten Tage der beiden Winter eine Differenz von weniger als 10 % auf. Beim Stau am 06.02.2003 sank jedoch beispielsweise die Kapazität derart stark ab, dass sich auf prozentualer Basis gesehen etwas größere Fehlerwerte ergeben. Dabei können Abweichungen in beide Richtungen vorliegen. Es lässt sich kein Trend der Art erkennen, dass die mittels der k-v-Diagramme erhaltenen maximalen Verkehrsstärken grundsätzlich größer oder durchweg kleiner wären als die empirisch gemessenen. Daraus kann man schließen, dass das angewendete Verfahren wohl keine systematischen Fehler beinhaltet, sondern die Unterschiede in der maximalen Verkehrsstärke lediglich aus der Ungenauigkeit der erstellten Regressionsgeraden resultieren.

Die Vergleichskapazitäten für zweistreifige Richtungsfahrbahnen ohne Geschwindigkeitsbeschränkung stammen wie erwähnt aus dem HBS (2001). Bei äquivalenten Steigungen, die größer als 2 % sind, wurden die Kapazitäten an den betroffenen Messquerschnitten entsprechend interpoliert.

Mit den so erhaltenen Vergleichswerten der bei trockener Fahrbahn und Helligkeit gültigen Kapazität stellt man Rückgänge in der Größenordnung von 10 % bis knapp über 60 % fest. Es ergibt sich also eine sehr große Bandbreite, was zeigt, dass die Kapazitätsminderung wohl auch sehr stark von der Art und der Intensität des Winterereignisses abhängt.

Am Samstag, 04.01.2003 wurde laut Einsatzberichten zunächst nur präventiv gestreut, bevor in den späten Nachmittagsstunden erste Schneefälle einsetzten. Diese Vorsorgemaßnahme und der erst langsam in winterliche Bedingungen übergehende Fahrbahnzustand mögen der Grund dafür sein,



**Bild 6:** Winterliche Fahrbahnbedingungen auf der A 8 im Bereich der AM Ulm-Dornstadt am 06.02.2003 (links 9.34 Uhr, rechts 11.00 Uhr)

dass an diesem Tag der Rückgang der Kapazität mit rund 10 % verhältnismäßig gering ausfiel. Ebenso kann der niedrige Lkw-Anteil mit dazu beigetragen haben. In den Fällen 05.01., 23.01. sowie 30.01.2003 waren in den Einsatzberichten Neuschnee bzw. Schneematsch vermerkt. Obwohl hier auf den ersten Blick ähnliche Witterungszustände herrschten, sank die Kapazität am 05.01. 2003 nur um rund 20 %, an den anderen beiden Tagen jedoch um ca. 50 %. Dies lässt sich wiederum nur durch die unterschiedlichen Lkw-Anteile und die in ihrer Intensität stark differierenden Winterereignisse erklären.

Besonders extreme Winterereignisse mit langanhaltenden Schneefällen führten am Morgen des 06.02.2003 mit gut 60 % in Fahrtrichtung Stuttgart zu den stärksten Rückgängen der Kapazität. Fahrtrichtung München war beeinflusst durch temporäre Fahrbahnsperrungen vor dem Alaufstieg, sodass diese Messquerschnitte nicht in die Ergebnisse einfließen. Von diesem Tag liegen zur visuellen Beurteilung Fotoaufnahmen (vgl. Bild 6) vor. Dabei blieb trotz Räum- und Streueinsatzes unter Volllast eine Schneedecke auf der Fahrbahn liegen.

Der Winter 2003/04 war im Vergleich zum vorhergehenden Winter von den Winterereignissen her wesentlich unkritischer. Auffällig ist der Sonntag, 08.02.2004 mit einem Kapazitätsrückgang von 40 %. Laut SWIS-Berichten kam es an diesem Tag zu Schneefällen. In den Einsatzberichten waren für das Zeitfenster die Felder „Neuschnee“, „Schneematsch“ und „schneebedeckte Fahrbahn“ angekreuzt. Allerdings darf ein Einzelwert auch nicht überbewertet werden.

Anhand der untersuchten Messquerschnitte kann keine Aussage zum Einfluss der Längsneigung gemacht werden. Dies liegt vermutlich daran, dass die Steigungsstrecken relativ kurz sind und sich die äquivalenten Längsneigungen, unabhängig von den lokalen Steigungen, die direkt an den Zählstellen vorliegen, alle in der gleichen Größenordnung von nur etwa 2 % befinden. Negative Auswirkungen auf den Verkehrsablauf durch besonders langsam fahrende Lkw sind aber erst bei größeren Steigungswerten oder längeren Abschnitten zu erwarten. Es ist dann allerdings auch davon auszugehen, dass es verstärkt zu Verkehrsstillständen durch quer stehende Lkw kommt.

#### 4.4.2 Ergebnisse aus dem Untersuchungsgebiet der AM Alsfeld

Aus dem Untersuchungsraum Alsfeld liegen nur zwei verwertbare Stauereignisse vor (siehe auch Anlage 11.26 bis 11.27). Dies ist im Winter 2002/03 hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass zum einen die erfassten Stauereignisse räumlich nicht in den Querschnitt der Langzeitzählstellen hineinreichten und zum anderen an den untersuchten Wintertagen häufig Aufzeichnungsausfälle zu verzeichnen waren. Im Winter 2003/04 sind nur an einem Tag winterbedingte Stauereignisse erfasst worden (vgl. Anlage 11.2), die aber nicht für Kapazitätsbetrachtungen genutzt werden konnten (z. B. zu geringe Verkehrsstärke in den frühen Morgenstunden). Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 aufgeführt.

Bei den Resultaten aus Alsfeld bleiben die prozentualen Abweichungen zwischen Empirie und linearem k-v-Modell mit -6 % bzw. 9 % wiederum unter

Datum	MQ	Lkw-Anteil	Längsneigung		max. Verkehrsstärke		Fehler		Kapazität nach HBS	Kapazitäts- rückgang
			lokal	äquiv.	nach k-v-Diagramm	empirisch	absolut	prozentual		
Sa. 23.02.2002	AXN	11 %	-3,5	≤ 2,0	1.972	2.103	-131	-6 %	3.500	ca. 40 %
Mo. 03.02.2002	ALS	26 %	-2,5	≤ 2,0	2.385	2.195	190	9 %	3.350	ca. 35 %

Tab. 7: Ergebnisse der Kapazitätsermittlung für den Bereich der AM Alsfeld

Datum	MQ	Fahr- streifen	Lkw- Anteil	Längsneigung		max. Verkehrsstärke		Fehler		Kapazität nach HBS	Kapazitäts rückgang
				lokal	äquiv.	nach k-v-Diagramm	empirisch	absolut	prozentual		
Mi. 25.02.2004	10869-6	3	ca. 20 %	-0,1	≤ 2,0	3.849	3.793	56	1 %	5.100	ca. 25 %
	10870-12	4	ca. 15 %	2,0	≤ 2,0	5.468	5.927	-456	-8 %		
	10870-26	4	ca. 15 %	1,3	≤ 2,0	6.016	5.816	200	3 %		
	10870-37	4	ca. 18 %	-0,5	≤ 2,0	5.987	5.882	105	2 %		

Tab. 8: Ergebnisse der Kapazitätsermittlung für den Bereich der AM Rüsselsheim

der 10-%-Marke. Die Kapazitätsrückgänge liegen mit etwa 40 % bzw. 35 % im mittleren Bereich dessen, was die Auswertungen der Zählstellen in Baden-Württemberg ergaben. In den Einsatzberichten waren für beide Tage die Felder „Neuschnee“ und „Schneematsch“ angekreuzt.

#### 4.4.3 Ergebnisse aus dem Untersuchungsgebiet der AM Rüsselsheim

Zu den gewonnenen Erkenntnissen aus den verkehrstechnischen Untersuchungen der A 8 (AM Ulm-Dornstadt) und A 5 (AM Alsfeld) wurden für vergleichende Untersuchungen auch Stauereignisse von Autobahnabschnitten innerhalb eines Ballungsraums im Winter 2003/04 erfasst. Dazu wurden, wie oben beschrieben, entsprechende Aufzeichnungen durch die AM Rüsselsheim durchgeführt. Auf Grund des insgesamt milden Winters und der zusätzlich milden klimatischen Bedingungen im Rhein-Main-Gebiet sind insgesamt nur 15 Staus erfasst worden, wovon schon ein Drittel durch Unfälle für diese Untersuchung nicht geeignet war.

Insgesamt konnte nach detaillierter Analyse aller betroffener Zeitfenster nur ein winterbedingter Stau auf der A 3 ausgewertet werden. Am 25.02.2004 wurde der Winterdienst auf der A 3 laut Einsatzberichten bei dichtem Verkehr und Schneefall durchgeführt. Das Stauereignis ist in den Anlagen 11.28 bis 11.31 mit den entsprechenden k-v-Diagrammen sowie den Geschwindigkeits- und Verkehrsstärkeganglinien dargelegt (vgl. Tabelle 8). Allerdings haben 3 der 4 untersuchten Querschnitte 4 Fahrstreifen, wofür nach dem HBS (2001) noch keine allgemein gültigen Kapazitäten angegeben werden können. Im dreistreifigen Abschnitt betrug für dieses Zeitfenster der Kapazitätsrückgang ca. 25 %.

#### 4.4.4 Analyse der Ergebnisse

Insgesamt ist auffallend, dass die Datenpunkte in den k-v-Diagrammen umso stärker streuen, je größer der Kapazitätsrückgang ist. Bei besonders extremen Witterungsbedingungen sinkt also nicht nur die Kapazität stärker ab, sondern der Verkehrsablauf an sich wird auch deutlich unstabiler. Darunter leidet wiederum die Genauigkeit, mit der eine Gerade in das k-v-Diagramm eingefügt werden kann. Somit entstehen die größten Fehler an den Tagen mit besonders extremen Wetterbedingungen.

Dennoch lässt sich bei Differenzen von fast durchgängig weniger als 10 %, wie sie hier zwischen empirischer maximaler Verkehrsstärke und der Maximalverkehrsstärke aus dem linearen k-v-Modell festgestellt wurden, die angewendete Auswertungsmethodik positiv bewerten. Die Tauglichkeit der vorgestellten Auswertungsmethodik scheint somit nachgewiesen. Zwingend erforderlich ist allerdings, dass nur Stautage zur Ermittlung der Kapazität herangezogen werden können, da nur dann die Wertepaare einen ausreichend großen Bereich des Kurvenverlaufs abdecken, welches die verwendbaren Zeitfenster wiederum einschränkt.

Für den Rückgang der Kapazität im Winter konnten im Zuge dieser Untersuchung zwar Größenordnungen ermittelt werden, die Ergebnisse sind aber immer nur für den betrachteten Messquerschnitt und die genau zum Messzeitpunkt vorliegenden Umfeld- und Straßenzustandsbedingungen gültig. Um eine gesicherte und allgemein gültige Aussage treffen zu können, müssen die Beobachtungen über mehrere Winter fortgeführt und möglichst noch weitere Dauerzählstellen von anderen Streckenabschnitten hinzugezogen werden. Dabei soll-

te insbesondere auf die Dokumentation der Witterungsverhältnisse verstärktes Augenmerk gelegt werden, um den Fahrbahnzustand „winterlich“ noch weiter untergliedern und damit je nach Wetterlage präzisere Vorhersagen zum Kapazitätsrückgang machen zu können. Durch die Ausweitung der Untersuchung könnten außerdem der Einfluss der Längsneigung und die Auswirkungen unterschiedlicher Lkw-Anteile im Winter genauer beziffert werden.

Die ermittelten Größenordnungen bei den Kapazitätsrückgängen bei winterlichen Fahrbahnbedingungen machen die volkswirtschaftliche Bedeutung des Winterdienstes deutlich. Denn nur wenn es dem Winterdienst gelingt, frühzeitig bzw. schnellstmöglich die Streckenabschnitte zu betreuen und damit die Fahrbahnzustände zu verbessern, kann die Kapazität wieder steigen und damit die Gefahr von winterbedingten Verkehrsstörungen sinken. Dies gilt insbesondere für die hoch belasteten Autobahnabschnitte in Deutschland, die bereits bei normalen Umfeldbedingungen auf Grund der hohen Verkehrsbelastung kaum Kapazitätsreserven mehr besitzen. Im folgenden Kapitel werden ausgewählte Optimierungsmaßnahmen im Winterdienst untersucht, die dieser beschriebenen Problematik effizient entgegenwirken sollen.

## **5 Optimierungsmaßnahmen im Winterdienst auf hoch belasteten Autobahnen**

### **5.1 Allgemeines**

An den Winterdienst auf Bundesautobahnen werden auf Grund der Bedeutung dieser Verkehrsadern hohe Anforderungen gestellt. Der geforderte Standard kann nur gewährleistet werden, wenn der Winterdienst optimal organisiert und ausgestattet ist und die Einsätze innerhalb kürzester Zeit durchgeführt werden können. Dies gilt insbesondere für Autobahnmeistereien, die Winterdienst auf hoch belasteten Streckenabschnitten bzw. auf Autobahnabschnitten mit erschwerten Randbedingungen wie hohen Längsneigungen durchführen. Besonders deutlich wird dies unter Berücksichtigung der Kapazitätsrückgänge bei winterlichen Fahrbahnzuständen, wie die Untersuchungsergebnisse in Kapitel 4 in Größenordnungen bereits zeigen. Die Wirksamkeit des Straßenwinterdienstes auf die Verkehrssicherheit und die Wirtschaftlichkeit des

Verkehrsablaufs auf Bundesautobahnen ist in den Untersuchungen von DURTH et al. (1996) dargestellt. Die Beschleunigung eines Winterdienstes in einer Autobahnmeisterei um 10 Minuten führt schon zu erheblichen Einsparungen der Straßennutzerkosten. Zusammenfassend stellten DURTH et al. (1996) fest, dass „der Winterdienst trotz seines Aufwandes in seiner heutigen Form volkswirtschaftlich sinnvoll ist“. Es bestehen aber immer noch Möglichkeiten, den Winterdienst durch Maßnahmen, die umlaufzeitverkürzend bzw. arbeitgeschwindigkeitserhöhend wirken bzw. den Verkehrsablauf positiv beeinflussen, noch effektiver zu gestalten.

Dazu wurden im Rahmen dieses Forschungsprojektes ausgewählte Maßnahmen, die in Pilotprojekten in einzelnen Autobahnmeistereien Anwendung finden, vom Forschungsnehmer untersucht und in der Praxiserprobung wissenschaftlich begleitet. Dazu gehörten der Einsatz eines Hochleistungskehrblas-Gerätes, der Einsatz einer mobilen Taumittelsprühanlage im Bereich einer Baustelle, die Benutzung von blauem Blinklicht an Winterdienstfahrzeugen, der Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeuges zur Reduktion der Umlaufzeiten, die Reduktion der Beladungszeiten durch verschiedene Beladungstechniken, die Nutzung von Betriebsumfahrten im Winterdienst, die Möglichkeiten einer optimierten Winterdienststeuerung durch eine Winterdienstzentrale sowie die Anwendung von verkehrsbeschränkenden Maßnahmen wie temporären Fahrbahnsperren.

### **5.2 Einsatz eines Hochleistungsfahrzeugs mit Ausrüstung eines Kehrblass-Aggregates für den Winterdienst**

#### **5.2.1 Einführung und Grunddaten**

Bei der Pilotmaßnahme „Einsatz eines Hochleistungsfahrzeugs mit Ausrüstung eines Kehrblass-Aggregates für den Winterdienst“ kommen bei der Autobahnmeisterei Alsfeld (Hessen) und der Autobahnmeisterei Freudenberg (Nordrhein-Westfalen) zwei von der Schweizer Marcel Boschung AG entwickelte Kehrblass-Geräte (Jetbroom) zum Einsatz. Dieses Spezialfahrzeug wurde für die Unterhaltung von Flugbetriebsflächen im Allgemeinen und den Winterdienst im Speziellen entwickelt. Ziel bei der Entwicklung des Kehrblass-Gerätes war eine sehr hohe Arbeitsgeschwindigkeit, eine verbesserte

<b>Abmessungen Grundfahrzeug</b>	
Länge	8,71 m
Breite	2,48 m
Höhe	3,59 m
Achsabstand	5,40 m
Bodenfreiheit	0,23 m
Spurkreis-Ø mit 2-Rad-Lenkung	32,00 m
Spurkreis-Ø mit 4-Rad-Lenkung	12,00 m
<b>Gewichte Grundfahrzeug</b>	
Leergewicht	13,9 t
Zul. Gesamtgewicht (tech. zulässig)	28,0 t
Zul. Gesamtgewicht (Straßenzulassung)	25,5 t
<b>Fahrleistung</b>	
Fahrgeschwindigkeit	85 km/h
<b>Gerätemerkmale Jetbroom „Flughafen“</b>	
Durchfahrtsbreite	> 5,10 m
<b>Schneepflug MF 10.3</b>	
Räumbreite in Geradstellung	6,40 m
Räumbreite in Schrägstellung (Schwenkschar ausgefahren)	5,43 m
Anzahl Schare	6 Stck.
<b>Kehrblasgerät</b>	
Besenbreite	4,30 m
Kehrbreite (Arbeitsposition)	3,85 m
<b>Bürste (Stahl/Polypropylen)</b>	
Bürstendurchmesser	0,93 m
Bürstendrehzahl	0–1.100 U/min
<b>Turbinenleistung</b>	
Luftdurchsatz	600 m <sup>3</sup> /min
Betriebszahl	2.400 U/min
<b>Gerätemerkmale Jetbroom „Autobahn“</b>	
Durchfahrtsbreite	4,50 m
<b>Schneepflug MFS 11.3/MFS 12.3</b>	
Räumbreite in Geradstellung	5,00 m/5,20 m
Räumbreite in Schrägstellung (Schwenkschar ausgefahren)	4,24 m/4,70 m
Räumbreite in Schrägstellung (Schwenkschar eingefahren)	3,40 m/3,65 m
Anzahl Schare	4+1/4+1 Stck.
<b>Kehrblasgerät</b>	
Besenbreite	4,15 m
Kehrbreite (Arbeitsposition)	3,77 m
<b>Bürste mit Kettengetriebe (Stahl)</b>	
Bürstendurchmesser	0,93 m
Bürstendrehzahl	0–900 U/min
<b>Turbinenleistung</b>	
Luftdurchsatz	600 m <sup>3</sup> /min
Betriebszahl	2.400 U/min

Tab. 9: Technische Daten der Kehrblas-Geräte für Flughafen und Autobahn

Räumqualität durch die erhöhte mechanische Räumleistung und eine multifunktionale Einsetzbarkeit. Seit 1987 werden Jetbrooms im Ausland auch im Straßenwinterdienst berücksichtigt.

Das hier in der Pilotmaßnahme untersuchte Spezialfahrzeug ist der „Jetbroom BJB 8000“. Das Fahrgestell besteht aus einem Hilfsrahmen mit abgekröpften 2-Holm-Längsträgern. Dies ermöglicht das Anbauen von großen Arbeitsgeräten zwischen den Achsen. Der BJB 8000 hat einen Fahr- sowie einen Arbeitsmotor, beides Deutz-Turbodiesel-6-Zylinder-V-90°Motoren. Die Leistung liegt jeweils bei 300 kW bzw. 408 PS. Das 6-Gang-Automatikgetriebe und die elektronische Vorder- und Hinterachslenkung mit proportional-hydraulischer Steuerung entlasten den Fahrer bei den Arbeitseinsätzen. Die Allradlenkung und die Möglichkeit des Fahrens im Hundegang dienen einer höheren Wendigkeit. Die Allradlenkung wird automatisch bei einer Fahrgeschwindigkeit > 30 km/h zurückgestellt und verriegelt. Die Abmessungen des Grundfahrzeuges können der Tabelle 9 entnommen werden.

Für den Einsatz im Winterdienst wird das Fahrzeug mit einem Mehrscharschneepflug mit einer dem Gesamtsystem angepassten Räumbreite – im Regelfall mit Schwenkschar und Räumbreite > 4 m – sowie zwischen den Achsen mit einem Kehrblas-Aggregat und am Fahrzeugheck mit Gebläsedüsen für Rechts- oder Linksräumeinsatz ausgerüstet. Das Kehrblas-Aggregat besteht aus der Kombination einer rotierenden Bürstenwalze mit Gebläsedüsen. Die Gebläsedüsen am Kehrblas-Aggregat und Fahrzeugheck werden von einer Hochleistungsturbine mit einem steuerbaren Luftstrom versorgt. Mit einem 4-m<sup>3</sup>-Standard-Aufbaustreueautomat plus entsprechender Feuchtsalzanlage wird das Hochleistungsfahrzeug komplettiert (vgl. Bild 8). Vergleichend dazu ist das Hochleistungs-Kehrblas-Gerät in Bild 7 gegenübergestellt, wie es in der AM Freudenberg eingesetzt wird. Das Hochleistungsfahrzeug ist mit einem 5-m<sup>2</sup>-Streueautomat für FS 5 ausgestattet.

Im Kehrblas-Betrieb erfolgt somit nach der Schneeräumung durch den Schneepflug direkt eine weitere kombinierte mechanisch-pneumatische Räumung des verbliebenen Schnees, Schneematsches oder Wassers. Die Kehrbürste, die parallel zum schräg gestellten Pflug entgegen der Fahrtrichtung rotiert, kann in Abhängigkeit von der vorliegenden Schneebeschaffenheit mit gewellten Stahl-



draht- oder Kunststoffbüscheln ausgestattet werden. Der Anpressdruck der Kkehrbürste kann stufenlos reguliert werden. Die Bürste passt sich automatisch der Bodenbeschaffenheit an und soll hohe Räumgeschwindigkeiten erlauben. Die von der Bürste nach vorne transportierten Schneereste werden über die am Kehraggregat schwenkbar angeordneten Luftdüsen zur Seite geblasen. Dies erlaubt eine hohe Räumqualität bei einer geringen Schrägstellung der Kkehrbürste. Die letzten verbliebenen Schneereste werden dann durch die am Fahrzeugheck montierten Gebläsedüsen aus dem Räumquerschnitt befördert. Die vom Hersteller angegebene Räumleistung liegt bei Einsatz von Pflug, Kkehrblas-Einheit und Granulatstreuer zwischen 176.000 bis 220.000 m<sup>2</sup>/h. Mit diesem Gerätesystem sollen Räumgeschwindigkeiten unter Einhaltung guter Räumqualität von bis zu 50 km/h möglich sein. Detailaufnahmen der in der Autobahnmeistereien Alsfeld und Freudenberg eingesetzten Hochleistungs-Kkehrblas-Geräte befinden sich in der Anlage 12.

1987 wurde in der Schweiz der Jetboom erstmals im Straßenwinterdienst eingesetzt. Dieses als Spezialausführung und Prototyp eingesetzte Fahrzeug wurde im praktischen Einsatz auf der N 9 (Brig – Simplan – Gondo) im Wallis getestet. In den Folge-



**Bild 7:** Hochleistungs-Kkehrblas-Gerät als Straßenwinterdienstfahrzeug der AM Freudenberg



**Bild 8:** Hochleistungs-Kkehrblas-Gerät „Jetboom BJB 8000“ als Straßenwinterdienstfahrzeug der AM Alsfeld im Dezember 2002

jahren wurden noch weitere vier Jetbrooms (Kanton Tessin, N 2; Kanton St. Gallen, N 1; Kanton Wallis, N 9) beschafft (MICHAUD, 2002). Um diese insbesondere für den Winterdienst beschafften Fahrzeuge das ganze Jahr einsetzen zu können, wurden die Jetbrooms in Abhängigkeit der speziellen Anforderungen der Einsatzstrecken mit Aufbauaggregaten für den Straßensommerdienst ausgestattet. Damit sind beispielsweise Kehrsaug-Arbeiten mit einer speziellen Kkehrwalze, Reinigung von Entwässerungseinrichtungen oder Mäharbeiten mit Grünschnittaufnahme möglich.

Der Jetboom wird als Fahrzeug für den Straßenwinterdienst zurzeit neben der Schweiz noch in Griechenland und in Russland (darunter in der Stadt Moskau) eingesetzt.

Während des Untersuchungszeitraumes dieses Forschungsprojektes wurden in der Autobahnmeisterei Alsfeld mit der Auslieferung Mitte Dezember 2002 und Anfang Februar 2003 zwei Hochleistungs-Kkehrblas-Geräte für den Straßenwinterdienst auf hoch belasteten Autobahnen versuchsweise eingesetzt. In der Pilotphase im Winter 2002/03 war das erste Hochleistungs-Kkehrblas-Gerät für den Einsatz in der Autobahnmeisterei Alsfeld zunächst in breiter Version mit 4,70 m maximaler Räumbreite bei einer Durchfahrtsbreite von ca. 5,20 m ausgeführt. Die Hochleistungs-Kkehrblas-Geräte wurden nach ersten Praxiserfahrungen auf Grund der für den Autobahneinsatz zu großen Durchfahrtsbreite im Laufe des Winters umgerüstet und zum Winter 2003/04 mit den in Tabelle 9 für den „Jetboom Autobahn“ genannten Abmessungen eingesetzt.

Das Einsatzgebiet der Hochleistungs-Kkehrblas-Geräte lag zwischen der Anschlussstelle Alsfeld-West (A 5, km 396,0) und Anschlussstelle Niederaula (A 7, km 533,3). Als neuralgischer Streckenabschnitt sind die Steigungs- und Gefällstrecken im Bereich des Rimbergs zwischen km 380 und dem Hattenbacher Dreieck (km 375) auf der A 5 (vgl. Kapitel 3.2) anzusehen. Die Längsneigungen nehmen hier Werte bis 6,7 % an.

In der Autobahnmeisterei Freudenberg in Nordrhein-Westfalen wurden zwei Hochleistungs-Kkehrblas-Geräte im Winter 2003/04 erstmals im Straßenwinterdienst eingesetzt. Im vorangegangenen Sommer wurden beide Geräte in einer ersten Pilotphase als Kehrsaug-Geräte betrieben. Die Abmessungen können der Tabelle 9 entnommen werden, ausgestattet waren die Fahrzeuge mit dem Mehrscharschneepflug MFS 12.3.

Die Hochleistungs-Kehrblas-Geräte wurden sowohl zu Streu- als auch zu Räum- und Streueinsätzen auf der A 45/A 4 im gesamten Zuständigkeitsbereich der AM Freudenberg (vgl. Kapitel 3.4) eingesetzt. Die A 45 ist hier durch häufige Längsneigungswechsel mit Maximalwerten von 4 % geprägt. Die kritischen Bereiche bilden die Anstiege zum Streckenhochpunkt „Kalteiche“.

### 5.2.2 Allgemeine Einsatzanalyse und Entwicklungen

Der Forschungsnehmer hat zur Analyse und Beurteilung der Hochleistungs-Kehrblas-Geräte für den Winterdienstseinsatz auf Autobahnen während der Winterdienstseinsätze Einsatzbeobachtungen mit Foto- und Filmaufnahmen durchgeführt, die zur Verfügung gestellten Winterdienst-Einsatzberichte und Fahrtenschreiber ausgewertet sowie Gespräche mit dem Personal der Autobahnmeistereien geführt. Ziel war, die Räumqualität bei hohen Räumgeschwindigkeiten, die praktischen Räumgeschwindigkeiten sowie die Einsatzfähigkeit des Hochleistungs-Kehrblas-Gerätes im Hinblick auf mögliche Schwierigkeiten bzw. besondere Randbedingungen während der Einsätze auf Autobahnen zu untersuchen.

Die Hochleistungs-Kehrblas-Geräte der AM Alsfeld konnten über die zwei Winterperioden 2002/03 und 2003/04, die der AM Freudenberg während des Winters 2003/04 untersucht werden, wobei bei der Einsatzanalyse zu beachten ist, dass Einsätze während der jeweils ersten Winter durch Eingewöhnungs- und Lernphasen beeinflusst waren. Beide Untersuchungswinter sind im Vergleich zu den vorangegangenen Wintern als durchschnittliche Winter einzustufen, bei dem sich die Winterereignisse auf den zweiten Teil des Winters konzentrierten.

	Einsatztage [7 Uhr–7 Uhr] [d]	Einsatzstunden [h]	Räum- und Streukilometer [km]
Winter 2002/03			
Jetbroom 1	12	84,5	3.343
Jetbroom 2	3	25	889
Winter 2003/04			
Jetbroom 1	22	186	5.191
Jetbroom 2	6	126	3.816

**Tab. 10:** Winterdienst-Einsatzdaten der Hochleistungs-Kehrblas-Geräte der AM Alsfeld im Winter 2002/03 und 2003/04

Die Hochleistungs-Kehrblas-Geräte in Alsfeld wurden nur bei Schneefall mit Räumseinsätzen eingesetzt. Laut den Winterdienst-Einsatzberichten bzw. Fahrtenbüchern der AM Alsfeld waren die beiden Hochleistungs-Kehrblas-Geräte im Winter 2002/03 ab Dezember 2002 (Jetbroom 1) bzw. ab Februar 2003 (Jetbroom 2) sowie während des gesamten Winters 2003/04 wie in Tabelle 10 aufgeführt im Winterdienstseinsatz. Die analysierten Einsätze sind unter Berücksichtigung der Einführungsphase im Winter 2003/03 so weit belastbar, dass Aussagen zu Räumgeschwindigkeiten, Räumfeld und Erfahrungen im praktischen Einsatz gemacht werden können.

In der AM Freudenberg wurden beide Hochleistungs-Kehrblas-Geräte sowohl im Rahmen von Streu- als auch von Räum- und Streueinsätzen genutzt, um u. a. die Fahrer intensiv in die neue Fahrzeugtechnik einzuführen und frühzeitig Erfahrungen zu sammeln. Daraus resultieren die im Vergleich zu den Einsatzdaten der AM Alsfeld weit höheren Einsatzstunden bzw. -kilometer (siehe Tabelle 11).

In der AM Alsfeld kamen die Hochleistungs-Kehrblas-Geräte erstmals in Deutschland auf der Autobahn zum Winterdienstseinsatz. Im Laufe des Winters 2002/03 wurden mit Hilfe erster Einsatzerfahrungen die Hochleistungs-Kehrblas-Geräte für den speziellen Einsatz auf hoch belasteten Autobahnen umgerüstet und optimiert.

Als wesentlichste Weiterentwicklung ist die Reduktion der Durchfahrtsbreite von 5,20 m auf 4,50 m bei gleichzeitiger Optimierung des Verhältnisses Arbeitsbreite zu Durchfahrtsbreite zu nennen.

Eine anfängliche Durchfahrtsbreite von 5,20 m brachte erhebliche Schwierigkeiten und Verlustzeiten mit sich, da das Fahrzeug durch ein Begleitfahrzeug abgesichert werden musste und im Bereich der Rampen der Anschlussstellen bzw. Betriebsumfahrten sehr langsam fahren musste, um keine Verkehrseinrichtungen, Wildschutzzäune etc. zu berühren und dabei diese bzw. das Gerät zu be-

	Einsatztage [7 Uhr–7 Uhr] [d]	Einsatzstunden [h]	Räum- und Streukilometer [km]
Winter 2003/04			
Jetbroom 1	44	303	11.158
Jetbroom 2	40	280,5	12.212

**Tab. 11:** Winterdienst-Einsatzdaten der Hochleistungs-Kehrblas-Geräte der AM Freudenberg im Winter 2003/04

schädigen sowie keine anderen Verkehrsteilnehmer zu gefährden.

Durch konstruktive Änderung des Kehrwalzenantriebs konnte die Durchfahrtsbreite erheblich reduziert und dennoch eine Arbeitsbreite der Kehrwalze eines Fahrstreifens (siehe Tabelle 9) erreicht werden. Dazu wurden die beiden seitlich am Kehrwalzenkörper angeordneten Hydraulik-Kolbenmotoren mit nach außen ragenden Hydraulikschläuchen durch einen über der Kehrwalze angeordneten Motor mit seitlichem Kettenantrieb getauscht. Beide Antriebsvarianten sind in der Anlage 12 abgebildet. Dies führte zu einer insgesamt erhöhten Arbeitsgeschwindigkeit, da beispielsweise Engstellen durch Verkehrseinrichtungen oder bauliche Elemente schneller passiert werden können, sowie zu einer verbesserten Manövrierbarkeit im Verkehr.

Auf Grund ihrer Überbreite und besonderen Einsatzbedingungen wurden die Hochleistungs-Kehrblas-Geräte aus Verkehrssicherheitsgründen mit blauen Rundumleuchten ausgestattet. Weiterhin ist die Kehrwalze beiderseits mit Blitzleuchten ausgestattet.

### 5.2.3 Räumgeschwindigkeiten

Zur Beurteilung der Räumgeschwindigkeiten wurden die Fahrtenschreiber unter Hinzunahme der entsprechenden Winterdienst-Einsatzberichte für die Winter 2002/03 und 2003/04 untersucht. Hierbei wurden in der AM Alsfeld insgesamt Geschwindigkeitsverläufe von 67 Einsatzstunden im Winter 2002/03 und 123 Einsatzstunden im zweiten Winter 2003/04 der beiden Hochleistungs-Kehrblas-Geräte ausgewertet. Es sind nur die Zeitintervalle aufgeführt, die in die Berechnung der mittleren Räumgeschwindigkeit (s. u.) eingingen. In der AM Freudenberg, bei der die Hochleistungs-Kehrblas-

Geräte im Winter 2003/04 erstmals zum Einsatz kamen, konnten 60 Einsatzstunden zur Ermittlung der mittleren Räumgeschwindigkeiten analysiert werden. Zusätzlich wurden zu Vergleichszwecken die Fahrtenschreiber von Standard-Winterdienstfahrzeugen beider Autobahnmeistereien ausgewertet.

Zur Ermittlung der mittleren Räumgeschwindigkeit wurden aus den Geschwindigkeitsverläufen der Fahrtenschreiber Mittelwerte aus 5-Minuten-Intervallen gebildet. Die Bildung von kleineren Intervallen erwies sich als nicht zweckmäßig. Mit Hilfe der Winterdienst-Einsatzberichte konnten die Geschwindigkeitsverläufe zum überwiegenden Teil auch eindeutig Streckenabschnitten zugeordnet werden. Bei den unten aufgeführten mittleren Räumgeschwindigkeiten gingen ausschließlich die Durchschnittsgeschwindigkeiten ein, die auf den durchgehenden Fahrbahnen unbehindert erreicht wurden. Die Geschwindigkeiten im Bereich von Anschlussstellen und Betriebsumfahrten sowie Standzeiten gehen in diese Mittelwerte nicht ein. Ebenfalls ausgeschlossen wurden die Geschwindigkeitsverläufe, bei denen das Hochleistungs-Kehrblas-Gerät durch protokollierte Staus beim Räumen stark behindert wurde.

In Tabelle 12 sind die mittleren Räumgeschwindigkeiten ohne Verlustzeiten durch Wendemanöver bzw. Stauereignisse in Abhängigkeit von Einsatz-tag und Fahrer aufgeführt. Die gefahrenen durchschnittlichen Räumgeschwindigkeiten lagen zwischen 36 und 54 km/h.

Die Unterschiede bei den durchschnittlichen Räumgeschwindigkeiten begründen sich zum Teil fahrerspezifisch. Dies zeigt sich auch an den Geschwindigkeitsverläufen der einzelnen Fahrer. Weiterhin kommen die unterschiedlichen Mittelwerte

Einsatz- stunde	Mittlere Räumgeschwindigkeit in [km/h]										
	31.12.2002	06.01.2003	11.01.2003	13.01.2003	18.01.2003	29.01.2003	30.01.2003	01.02.2003	02.02.2003	03.02.2003	05.02.2003
	1 h	2 h 45 min	2 h	5 h	1 h	9 h	13 h	5 h	7 h 45 min	13 h 45 min	6 h 45 min
Fahrer 1	-	-	-	-	-	50	47	-	-	-	-
Fahrer 2	-	-	-	-	51	43	-	43	54	42	-
Fahrer 3	-	-	-	36	-	-	46	-	51	38	-
Fahrer 4	47	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fahrer 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45
Fahrer 6	-	-	45	-	-	-	-	-	-	-	-
Fahrer 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	-

**Tab. 12:** Mittlere Räumgeschwindigkeiten ohne Verlustzeiten (AM Alsfeld) in Abhängigkeit von Einsatz-tag und Fahrer im Winter 2002/03



Einsatz- stunde	Mittlere Räumgeschwindigkeit in [km/h]										
	15.12.2003	04.01.2004	19.01.2004	24.01.2004	28.01.2004	29.01.2004	08.02.2004	10.02.2004	25.02.2004	05.03.2004	06.03.2004
	5 h	16 h	14 h	12,5 h	43 h	20,5 h	18 h	9 h	10,5 h	3 h	6,5 h
Fahrer 1	-	-	-	46	-	54	-	-	-	-	-
Fahrer 2	48	48	-	46	-	49	-	-	-	51	-
Fahrer 3	45	-	-	-	53	-	57	-	58	-	-
Fahrer 4	-	-	-	-	52	-	-	-	-	-	-
Fahrer 5	-	-	-	-	-	52	-	-	49	-	-
Fahrer 6	-	46	47	-	49	50	-	-	-	-	49
Fahrer 7	-	-	46	-	48	-	39	39	-	-	-

**Tab. 13:** Mittlere Räumgeschwindigkeiten ohne Verlustzeiten (AM Alsfeld) in Abhängigkeit von Einsatztag und Fahrer im Winter 2003/04

an einzelnen Tagen auch durch Verkehrsstörungen zustande, wie z. B. am 03.02.2003. Hier wurden aber, wie oben bereits erwähnt, Zeitabschnitte mit Stillständen durch Stau nicht eingerechnet. Die einzelnen Geschwindigkeitsverläufe zeichnen sich an solchen Tagen durch extreme Unstetigkeit aus. Die insbesondere zu Beginn der Pilotphase beobachteten Lernprozesse und Anfangsschwierigkeiten der Fahrer beim Umgang mit dem neuen Gerät schlugen sich nicht in den mittleren Räumgeschwindigkeiten auf den durchgehenden Fahrbahnen nieder. Lediglich bei wenigen Fahrern sind Steigerungen auch in den mittleren Räumgeschwindigkeiten bemerkbar.

Beim Vergleich der mittleren Räumgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Einsatztag und Fahrer im zweiten Winter 2003/04 liegt das Niveau der Arbeitsgeschwindigkeit insgesamt wesentlich höher (vgl. Tabelle 13). Es werden hier u. a. die Ergebnisse der Eingewöhnungsphase des ersten Winters deutlich.

Weiterhin wurden auch die mittleren Räumgeschwindigkeiten des Hochleistungs-Kehrblas-Geräts in Abhängigkeit von der Streckencharakteristik über alle Einsatztage und Fahrer ermittelt. Ergänzend wurden zum Vergleich Fahrtenschreiberdaten herangezogen, die bei Räum- und Streueinsätzen von Standard-Winterdienstfahrzeugen aufgezeichnet wurden, die zeitgleich auf den gleichen Streckenabschnitten wie das Hochleistungs-Kehrblas-Gerät im Einsatz waren. Der Streckenverlauf der AM Alsfeld wurde in die Klassen „flach“, „bergig“ und „gemischt“ eingeteilt. Die Grenzen ergaben sich aus den gefahrenen Touren. Zur Klasse „flach“ gehört der Streckenabschnitt mit geringen Längsneigungen zwischen der Anschlussstelle Alsfeld-West (km 392,6) und der Betriebsumfahrt bei

km 382,0. Zum „bergigen“ Bereich zählt der östliche Meistereibezirk über den Rimberg mit hohen Längsneigungen bis hinter das Hattenbacher Dreieck zwischen km 382,0 auf der A 5 und der Anschlussstelle Niederaula auf der A 7 bei km 533,3. Als „gemischt“ wurden alle Umläufe klassifiziert, die sowohl Streckenabschnitte der Klasse „flach“ als auch der Klasse „bergig“ enthielten. Die Zuordnung erfolgte über den Vergleich der Fahrtenschreiber mit den Winterdienst-Einsatzberichten. Verläufe, die nicht eindeutig mit Hilfe der Winterdienst-Einsatzberichte Streckenabschnitten zugeordnet werden konnten, wurden hier nicht berücksichtigt.

In der AM Freudenberg sind in der Regel zwei Routen angewendet worden; der Südbezirk zwischen AM Freudenberg und AS Haiger-Burbach sowie der Nordbezirk zwischen Meistereigehöft und AS Drolshagen. Auf Grund dieser langen Umläufe konnten keine eindeutigen Zuordnungen zu charakteristischen Streckenabschnitten getroffen werden, wodurch alle Ergebnisse zur Klasse „gemischt“ gezählt wurden.

Die ermittelten Räumgeschwindigkeiten für das Hochleistungs-Kehrblas-Gerät und für das Standard-Winterdienstfahrzeug im Einsatzgebiet der AM Alsfeld sind für beide Winter getrennt der Tabelle 14 zu entnehmen.

Es ist beim Hochleistungs-Kehrblas-Gerät festzustellen, dass nach dem Einführungswinter bei der mittleren Räumgeschwindigkeit im zweiten Winter bemerkbar höhere Werte erreicht wurden. Dabei ist aber davon auszugehen, dass die Mittelwerte sich in diesem Niveau von ca. 50 km/h stabilisieren werden. Die Klasse „gemischt“ stellt das größte Datenkollektiv der drei Klassen dar. Der Mittelwert der Klasse „gemischt“ ist damit der entscheidende

Winter 2002/03				
	Hochleistungs-Kehrblas-Gerät		Standard-Winterdienstfahrzeug	
Streckenverlauf	$V_{\text{mittel}}$ [km/h]	Anteil $\geq 50$ km/h [%]	$V_{\text{mittel}}$ [km/h]	Anteil $\geq 50$ km/h [%]
flach	43	39	46	30
gemischt	45	53	40	51
bergig	40	28	36	25
Winter 2003/04				
	Hochleistungs-Kehrblas-Gerät		Standard-Winterdienstfahrzeug	
Streckenverlauf	$V_{\text{mittel}}$ [km/h]	Anteil $\geq 50$ km/h [%]	$V_{\text{mittel}}$ [km/h]	Anteil $\geq 50$ km/h [%]
flach	54	76	41	38
gemischt	49	68	45	53
bergig	44	39	39	20

**Tab. 14:** Mittlere Räumgeschwindigkeiten ohne Verlustzeiten in Abhängigkeit vom Streckenverlauf im Winter 2002/03 und 2003/04 (AM Alsfeld)

	Hochleistungs-Kehrblas-Gerät		Standard-Winterdienstfahrzeug	
Streckenverlauf	$V_{\text{mittel}}$ [km/h]	Anteil $\geq 50$ km/h [%]	$V_{\text{mittel}}$ [km/h]	Anteil $\geq 50$ km/h [%]
gemischt	45	36	35	11

**Tab. 15:** Mittlere Räumgeschwindigkeiten ohne Verlustzeiten im Winter 2003/04 (AM Freudenberg)

Wert für die mittlere Räumgeschwindigkeit, da hier andere Einflüsse wie Fahrer oder Verkehrszustände über die große Datenzahl relativiert werden. Diese Einflussfaktoren sind bei den beiden anderen Klassen mit kleineren Datenkollektiven wahrscheinlich noch zu stark. Insbesondere die Veränderungen bei den Mittelwerten der Klasse „flach“ sind davon betroffen und sind zurückhaltend zu bewerten.

Das Standard-Winterdienstfahrzeug hat bis auf die flachen Streckenverläufe im Mittel um 10 % langsamere Räum- und Streugeschwindigkeiten. Auffällig sind die im Vergleich zum Hochleistungs-Kehrblas-Gerät zwar niedrigeren zeitlichen Anteile, bei denen die Mittelwerte der 5-Minuten-Intervalle 50 km/h und mehr betragen; absolut betrachtet sind diese jedoch für den Räumeeinsatz eines Standard-Winterdienstfahrzeugs unerwartet hoch.

Die mittleren Räumgeschwindigkeiten der Hochleistungs-Kehrblas-Geräte, die für die Eingewöhnungsphase 2002/03 bei der AM Alsfeld ermittelt worden sind, bestätigen sich in den Ergebnissen des ersten Winters für die AM Freudenberg. Sie sind der Tabelle 15 zu entnehmen. Im Vergleich zu einem Standard-Winterdienstfahrzeug liegt die Räumgeschwindigkeit um etwa 10 km/h höher.

Die ermittelten Räumgeschwindigkeiten liegen somit beispielsweise um knapp 50 % höher als die Räumgeschwindigkeiten, die für die Berechnung der Räum- und Streupläne angenommen werden, bzw. zwischen 10 und 20 % über den ermittelten

Räumgeschwindigkeiten eines Standard-Winterdienstfahrzeugs.

Im Fall von Verkehrsstauungen hatte das Hochleistungs-Kehrblas-Gerät im Regelfall keine Möglichkeit, auf Grund der großen Fahrzeugmaße und der vergleichsweise geringeren Wendigkeit den Winterdiensteeinsatz durch eine gebildete Räumgasse fortzusetzen. Dies bestätigt sich sowohl aus den Geschwindigkeitsverläufen der Fahrtenschreiber als auch den Erfahrungen der Fahrer.

Allgemein lässt sich festhalten, dass nach einer Eingewöhnungsphase für die Hochleistungs-Kehrblas-Geräte mittlere Räumgeschwindigkeiten von 50 km/h angenommen werden können. In beiden Wintern lagen bei den untersuchten Räumeeinsätzen jedoch keine großen Schneehöhen ( $\geq 10$  cm) bzw. nasse/schwere Schneekonsistenzen vor, was die Einsätze erschwert hätte. Es ist davon auszugehen, dass bei solchen Randbedingungen die Räumgeschwindigkeiten niedriger liegen. Insbesondere bei nassem Schnee ist die Räumgeschwindigkeit nach oben hin begrenzt, um z. B. erhebliche Schäden an Schildern, Notrufsäulen oder Steuerungskästen im Straßenseitenraum zu vermeiden.

## 5.2.4 Räumqualität

Die Räumqualität wurde visuell beurteilt. Hierzu wurden zum einen Video- und Fotoaufnahmen beim Hinterherfahren hinter den Hochleistungs-

Kehrblas-Geräten gemacht, zum anderen wurden ebenfalls Aufnahmen von höher gelegenen Stellen wie Brücken angefertigt. Damit war ein wiederholbarer, direkter visueller Vergleich des Fahrbahnzustandes vor und nach dem Räumvorgang am Bildschirm möglich.

Beim Vergleich der Räumbilder von Standard-Winterdienstfahrzeugen, die nur mit einem Schneepflug räumen, und einem Hochleistungsfahrzeug mit Schneepflug und Kehrblas-Aggregat, zeigt sich die zusätzliche mechanisch-pneumatische Räumung im Ergebnis deutlich. Bild 9 zeigt zwei Räumbilder, die am 13.01.2003 im Abstand von wenigen Minuten hintereinander auf der Brücke an der Raststätte „Rimberg“ aufgenommen wurden. Während bei den oberen Einsatzbildern das Fahrzeug mit einem Frontpflug nur die oberen Schneeschichten zur Seite räumen kann, wird bei den unteren Einsatzbildern in Kombination mit zusätzlichem Kehrblas-Betrieb über die gesamte Räumbreite der Schnee annähernd vollständig aus dem Räumquerschnitt entfernt. Durch die flexiblen Eigenschaften der Bürste wird der Schnee auch aus

Bereichen von Unebenheiten und Spurrinnen geräumt. Selbst die Markierung wird wieder sichtbar. Durch die hohe mechanische Wirkung kann ein gleichmäßiger Fahrbahnzustand mit entsprechender Griffbarkeit wieder erreicht werden. Insbesondere das Videobild unten links verdeutlicht die zusätzliche mechanische Räumleistung des Kehrblasgerätes. Die Hauptleistung stammt dabei vom Kehrblas-Aggregat in Fahrzeugmitte, die zusätzliche Wirkung durch die Gebläsedüsen am Fahrzeugheck waren bei den Beobachtungen kaum sichtbar. Bild 10 zeigt ein weiteres Vorher-Nachher-Bild der Fahrbahnoberfläche.

Ähnliche Beobachtungen konnten bei Einsatzanalysen im Winter 2003/04 gemacht werden. Bild 11 zeigt mit den ersten 3 Bildern das Räumbild durch die Hochleistungs-Kehrblas-Geräte, die hier am 19.01.2004 in Staffel räumten. Das vierte Foto unten rechts, 3 Minuten später aufgenommen, zeigt das Räumbild durch ein Standard-Winterdienstfahrzeug. Trotz gut räumfähiger Schneekonsistenz bleiben beim Standard-Winterdienstfahrzeug Schneereste auf der Fahrbahn, sodass der



**Bild 9:** Vergleich des Räumbildes zwischen einem Standard-Winterdienstfahrzeug (oben) und dem Hochleistungs-Kehrblas-Gerät (unten) am 13.01.2003 an der Raststätte Rimberg [Videobilder]



Zusatzfahrstreifen durch die Verkehrsteilnehmer, insbesondere durch Lkw, vorerst nicht genutzt wurde. Dies hat auch die Analyse der Videoaufnahmen bestätigt.

Hohe Längsneigungen, wie sie auch im Bereich des Rimbergs vorzufinden sind, stellen im Winter neuralgische Stellen dar. Insbesondere Lkw blei-

ben in solchen Steigungs- und Gefällstrecken bei winterlichen Fahrbahnzuständen häufig stehen bis hin zum Querrutschen der Lkw. Die Folge sind Verkehrsbehinderungen und winterlich bedingte Staus. Durch eine verstärkte mechanische Schneeräumung, die sowohl die Griffbarkeit wieder erhöht als auch psychologisch positive Auswirkungen auf



**Bild 10:** Räumung des Zusatzfahrstreifens am 13.01.2003 an der Raststätte „Rimberg“ [Videobilder]



**Bild 11:** Vergleich der Räumergebnisse bei Staffleräumung durch Hochleistungs-Kehrblas-Gerät und Standard-Winterdienstfahrzeug (unten rechts) am 19.01.2004 an der Raststätte Rimberg

das Fahrverhalten hat, können solche Behinderungen reduziert werden (Bild 12).

Die Bilder 13 und 14 zeigen beispielhaft weitere gute Räumergebnisse während der Einsatzbeobachtungen im Untersuchungszeitraum 2002/03 bis 2003/04.

Das in Bild 15 dargestellte Videobild verdeutlicht die unterschiedlichen Räumergebnisse des Pfluges und des Kehrbles-Gerätes, da die Räumbreite der Kehrbürste geringer ist als die des Pfluges. Damit kann auch verhindert werden, dass die Kehrbürste durch zu große Schneemengen zu stark beansprucht wird.



**Bild 12:** Durch Jetbroom geräumter Fahrstreifen (13.01.2003)



**Bild 13:** Geräumter Standstreifen durch Hochleistungs-Kehrbles-Gerät am 30.01.2003



**Bild 14:** Hochleistungs-Kehrbles-Gerät am 04.01.2004 (links) und am 19.01.2004 (rechts) im Bereich der Raststätte Rimberg



Voraussetzung für ein gutes Räumbild im Kehrbetrieb ist die optimale bzw. korrekte Einstellung des Kehrwalzenbetriebes. Wesentliche Faktoren sind hierbei der Anpressdruck der Kehrwalze auf die Fahrbahnoberfläche und die Bürstendrehzahl. Die Bürstendrehzahl ist abhängig von der Räumgeschwindigkeit und dem Durchmesser der Kehrwalze. Beim Einsatz des Hochleistungs-Kehrbetriebsgerätes auf Autobahnen tritt dieses Problem im Vergleich zum Einsatz auf Flugbetriebsflächen verstärkt auf, da hier neben der kontinuierlichen Abnutzung der Kehrwalze die Räumgeschwindigkeiten auf Grund äußerer Einflüsse nicht gleich blei-



**Bild 15:** Unterschiedliche Wirkung von Pflug und Kehrwalze am 13.01.2003 [Videobild]

bend sind. Erste Erfahrungen im praktischen Einsatz haben gezeigt, dass in Abhängigkeit vom Abnutzungsgrad die Bürstendrehzahl zwischen 500 und 800 U/min eingestellt werden sollte.

Erste Anhaltswerte bieten die Drehzahlen in Tabelle 16 aus der Gerätebeschreibung. Es erscheint aber empfehlenswert, weiterführende Untersuchungen zu optimalen Drehzahlen in Abhängigkeit des Abnutzungsgrades und der Geschwindigkeit für den Autobahneinsatz durchzuführen.

Weiterhin ist es notwendig, den Kehrspiegel zur Überprüfung des Anpressdrucks regelmäßig vor und bei lang anhaltenden Einsätzen auch während der Winterdiensteinsätze (alle 50 bis 100 km) zu

Bürstendurchmesser [cm]	Bürstendrehzahl [U/min]
920	bis 550
800	bis 600
700	bis 650
600	bis 700
480	bis 800

**Tab. 16:** Bürstendrehzahl in Abhängigkeit der Abnutzung



**Bild 16:** Schlechte Räumqualität durch Fehleinstellungen der Kehrwalze oder Dejustierungen nach längeren Einsätzen, hier beispielhaft am 13.01.2003 (oben) und am 19.01.2004 (unten)

kontrollieren. Hierzu wird die Kehrwalze bei stehendem Fahrzeug betrieben. Beim richtigen Anpressdruck zeichnet sich dann auf der Fahrbahnoberfläche ein etwa 8 bis 10 cm breiter Kehrspiegel ab. Bei zu geringem Anpressdruck ist die mechanische Wirkung nicht mehr ausreichend, bei zu starkem Anpressdruck wird jedoch der Bürstenbesatz zu stark beansprucht, was zu einem schnellen Verschleiß der Kehrbürste führt. Weiterhin verschlechtert sich bei zu großem Kehrspiegel das Räumbild durch Zusetzen der Bürste mit Schnee.

Bei Fehleinstellungen der Kehrwalze kann sich das Räumbild so stark verschlechtern, dass die zusätzliche mechanische Wirkung des Kehrbles-Betriebs aufgehoben wird. Wie in Bild 16 zu sehen, erscheint das Räumbild gleich dem eines Standard-Winterdienstfahrzeugs, das nur mit einem Pflug ausgestattet ist; es findet keine Schwarzräumung mehr statt.

Zur Entlastung des Betriebspersonals und Gewährleistung einer optimalen Einstellung der Kehrwalze erscheint es sinnvoll, durch technische Änderungen eine permanente automatische Überprüfung und Anpassung des optimalen Anpressdrucks der Kehrbürste zu schaffen.

Das Hochleistungs-Kehrbles-Gerät der AM Alsfeld war zu Beginn des Pilotwinters 2002/03 mit einer Kehrwalze mit Bürstenbesatz aus Polypropylen ausgestattet. Mit der Umrüstung wurde die Kehrwalze mit gewellten Stahldrahtbüscheln ausgerüstet (vgl. Bild 17). Die Beobachtungen zeigten sowohl bei der Kehrwalze mit Polypropylenbüscheln als auch bei der mit Stahldraht bei korrekten Einstellungen gute Räumergebnisse. Bei der Stahldrahtkehrwalze kann man aber von einer aggressiveren Räumarbeit ausgehen, was sich bei bestimmten Fahrbahnzuständen positiv auswirken kann.

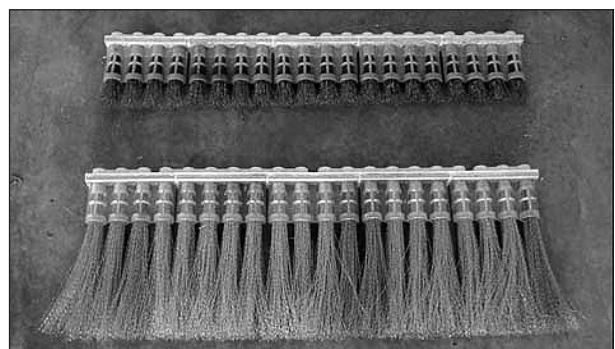
Die Lebensdauer eines Bürstensatzes lag in der AM Alsfeld während des Untersuchungszeitraumes i zwischen 50 und knapp 70 Einsatzstunden bzw. zwischen rund 1.500 und 1.850 km (vgl. Tabelle 17). Ähnliche Werte zeigen die Erfahrungen aus der Schweiz. Bei der Einsatzplanung ist der Zeitpunkt des Bürstensatzwechsels entsprechend zu beachten. Das Wechseln nimmt etwa eine halbe Stunde in Anspruch. Bild 18 zeigt einen neuen und abgenutzten Bürstenbesatz.



**Bild 17:** Kehrwalze mit Bürstenbesatz aus Polypropylen (links) und Stahl (rechts)

Bürstenwechsel	Jetbroom 1		Jetbroom 2	
	Einsatz-km	Einsatz-stunden	Einsatz-km	Einsatz-stunden
19.01.04	1.519	54	849	34
29.01.04	1.859	67	1.597	51
Saisonende	1.813	65	1.370	41

**Tab. 17:** Einsatzstunden und -kilometer pro Bürstensatz in der AM Alsfeld im Winter 2003/04



**Bild 18:** Schiene mit abgenutzten und neuen Stahldrahtbüscheln

### 5.2.5 Weitere Ergebnisse zur Einsatzfähigkeit des Hochleistungs-Kehrblas-Gerätes

Die größere Fahrzeugbreite wie auch die zusätzliche Räumtechnik am Fahrzeug machen es notwendig, dass vor dem ersten Einsatz sowohl die Fahrer als auch das technische Personal der Autobahnmeisterei durch die Herstellerfirma am Fahrzeug ausreichend geschult werden. Bei der Schulung der Fahrer sind Fahrübungen insbesondere auch an Engstellen und bei schlechten Sichtverhältnissen durchzuführen sowie Einstellungen und korrekte Benutzung der Geräte zu lehren. Solche Schulungskurse sollten regelmäßig, mindestens aber einmal im Jahr, intern oder durch die Herstellerfirma wiederholt werden.

Als positiv wurde von den Fahrern der Einsatz der Vierradlenkung, des Automatikgetriebes mit Retarder (Hilfsbremseinrichtung als Dauerbremse) sowie des Thermomats genannt. Sie entlasten den Fahrer bei der Arbeit wesentlich, der sich damit verstärkt auf das Manövrieren des Jetbrooms und auf die anderen Verkehrsteilnehmer konzentrieren kann. Die Vierradlenkung hat sich im Bereich von Knotenpunkten, Betriebsumfahrten etc. als vorteilhaft erwiesen. Die Möglichkeit des Fahrens im Hundegang wurde während der Pilotphase nicht benötigt. Die hohen Leistungsfähigkeiten der Fahr- und Arbeitsmotoren mit je 300 kW sind ausreichend dimensioniert.

Die während der Pilotphase aufgetretenen Störungen und Reparaturen am Hochleistungs-Kehrblas-Gerät wurden von den Pilotautobahnmeistereien erfasst und in Eigenregie bzw. durch die Herstellerfirma beseitigt. Auf Grund der Neuartigkeit des Einsatzbereiches sind sie als nicht überdurchschnitt-

lich zu bewerten, bedürfen aber für eine zukünftig zuverlässige Betriebssicherheit des Hochleistungs-Fahrzeugs einer genauen technischen Untersuchung und entsprechenden Verbesserung. Darunter ist insbesondere die Vermeidung der Korrosionsschäden durch das Streusalz anzuführen.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden im Winter 2003/04 in der AM Alsfeld die Hochleistungs-Kehrblas-Geräte auch zu Räumeesätzen in Staffel eingesetzt. Im Hinblick auf den Verkehrsablauf bzw. die Verkehrssicherheit ist der Abstand zwischen den beiden Einsatzfahrzeugen von großer Bedeutung. Wenn der Abstand, wie Bild 19 deutlich zeigt, zu groß wird, nutzen Verkehrsteilnehmer diesen zum Überholen beider Hochleistungs-Kehrblas-Geräte. Dabei werden von den Verkehrsteilnehmern trotz unterschiedlichster Fahrbahnzustände, des aufgeworfenen Schneewalls durch das erste Hochleistungs-Kehrblas-Gerät und Sichtbeeinträchtigungen durch das Kehrblas-Aggregat kritische Fahrsituationen in Kauf genommen.

Zur Vermeidung dieser Fahrmanöver ist der Abstand zwischen den Hochleistungs-Kehrblas-Geräten durch die Fahrer entsprechend klein zu wählen und zu halten (vgl. Bild 20, linkes Bild). In den USA wird zum Teil der Verkehrsteilnehmer zusätzlich durch „Keep away!“-Aufforderung am Fahrzeugheck zur Vorsicht vor den Winterfahrzeugen gewarnt. In Anlehnung daran könnten Winterdienstfahrzeuge mit LED-Anzeigen (z. B. Überholverbot) ausgestattet werden.

Die Reduktion der Durchfahrtsbreite führten wie oben beschrieben zu einer erhöhten Arbeitsgeschwindigkeit sowie zu einer verbesserten Manövrierbarkeit im Verkehr. Bild 21 und Bild 22



**Bild 19:** Staffelfräumung mit großem Abstand der Winterdienstfahrzeuge an der A 5 im Bereich der TR Berfa am 04.01.2004 [Videobilder]





**Bild 20:** Staffelräumung an der A 5 im Bereich „Rimberg“ am 04.01.2004 mit unterschiedlichen Abständen der Einsatzfahrzeuge



**Bild 21:** Überholvorgänge bei hohem Lkw-Anteil im Bereich der AM Alsfeld am 30.01.2003 [Videobilder]



**Bild 22:** Verkehrsablauf bei Einsatz auf der A 45 [Bildquelle: AM Freudenberg]

zeigen beispielhaft das Überholverhalten bei hohem Lkw-Anteil.

Im Bereich von Brücken muss insgesamt langsamer geräumt und die Turbinenleistung des Gebläses heruntergefahren werden, um unter der Brücke

verlaufende Verkehrswege, Personen und Gegenstände nicht zu gefährden bzw. zu schädigen.

Die Beladung des Hochleistungs-Kehrblas-Gerätes mit Trockensalz erfolgt in der AM Alsfeld mit Hilfe eines Radladers mit Hochkippschaufel. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die Kehrwalze in die entsprechende Schrägstellung gedreht ist, damit der Radlader nah genug an das Fahrzeug bzw. an den Streustoffbunker heranfahren kann (vgl. Bild 23).

Zur Beladung des 4-m<sup>3</sup>-Streustoffbunkers sind zwei bis drei Radladerschaufeln notwendig. Stichprobenartige Messungen vor Ort ergaben mittlere Beladungszeiten von 4 bis 5,5 Minuten. Alternativ kann, wie in der AM Freudenberg angewendet, die Beladung mittels eines Radlader mit Teleskoparm erfolgen, um eine ausreichende Ladehöhe zentral über dem Fahrzeug zu erreichen. Der Beladungsvorgang ist in Bild 24 dargestellt.



**Bild 23:** Beladen von Trockensalz mit Radlader im Gehöft der AM Alsfeld



**Bild 24:** Beladung mit FS 5 mit Radlader im Gehöft der AM Freudenberg [Bildquelle: AM Freudenberg]

Die Beladung mittels Streustoffsilos ist auf Grund der Breite des Kehrblass-Gerätes im Regelfall nicht durchführbar. Die Durchfahrtsbreite von Standard-Streustoffsilos liegt in der Regel unter 4 m, maximal jedoch bei 4,15 m.

Als nachteilig in der Praxis bei der Betankung mit Salzlösung erwies sich die hohe Lage des Anschlussstutzens am Fahrzeug (vgl. Bild 25). Die Handhabung und Geschwindigkeit sind ansonsten gleich der bei anderen Winterdienstfahrzeugen. Die Gesamtladezeit der Betankung mit Salzlösung betrug im Mittel 8 bis 10 Minuten.

Die Hochleistungs-Kehrblass-Geräte sind in beiden Autobahnmeistereien mit Thermomaten ausgestattet. Neben einer Reduktion des Streusalzverbrauches durch Einsatz des Thermomaten wurde auch eine Streusalzeinsparung auf Grund der erhöhten mechanischen Räumung mittels einer reduzierten Stufeneinstellung am Thermomaten angestrebt. Beim Vergleich der Streumengen pro Einsatzkilometer zwischen den Hochleistungs-Kehrblass-Geräten und den Standard-Winterdienstfahrzeugen



**Bild 25:** Betanken mit Salzlösung im Gehöft der AM Alsfeld



gen der AM Alsfeld wurde im Winter 2003/04 eine zusätzliche Stremengenreduktion von ca. 4 % realisiert.

Für die Umrüstung dieses Spezialfahrzeugs von der Winterdienst- zur Sommerdienstausstattung und die Reinigung der Geräte sollten etwa 3 Tage und 2 Mann angesetzt werden. Um das Fahrzeug ganzjährig auszulasten, werden sowohl die in Hessen als auch in Nordrhein-Westfalen eingesetzten Hochleistungs-Kehrblas-Geräte für den Sommerdienst als Großflächen-Kehrmaschinen mit Zwischenachskehrsaug-Aggregat, einem Schmutzbehälter, einem Dreifach-Tellerbesen-Aggregat (Vorbaugerät) sowie mit Saugrohrenreinheiten zur Ablaufschachtreinigung ausgestattet. Insbesondere bei der Flächenreinigung (Bsp. Standstreifen) sind im Vergleich zu einer Standard-Kehrmaschine bemerkbar höhere Leistungen durch höhere Kehrgeschwindigkeiten zu erwarten. Damit kann dieses Fahrzeug für mehrere Autobahnmeistereien die Kehrarbeiten übernehmen, was die Einsparung von einzelnen Kehrmaschinen zur Folge haben könnte.

### 5.2.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Empfehlungen

Mit dem Einsatz des Hochleistungs-Kehrblas-Gerätes können zwei wesentliche Ziele zur Optimierung des Winterdienstes auf Autobahnen erreicht werden. Zum einen können auf Grund der deutlich höheren Räumgeschwindigkeiten der Winterdienst beschleunigt und somit die Umlaufzeiten verkürzt werden. Zum anderen können durch die zusätzliche mechanisch-pneumatische Räumung eine Schwarzümräumung und somit ein im Vergleich zum Räumergebnis eines Standard-Winterdienstfahrzeugs verbesserter Fahrbahnzustand erzielt werden. Insbesondere im Bereich von neuralgischen Autobahnabschnitten kann mittels der optimierten Räumereinsätze die Gefahr von winterlich bedingten Staus bis hin zu Verkehrszusammenbrüchen gemindert werden, was sich im volkswirtschaftlichen Nutzen deutlich widerspiegelt. Weiterer volkswirtschaftlicher Nutzen ergibt sich aus der Reduzierung von Unfällen bei winterlichen Straßenbedingungen.

Der volkswirtschaftliche Nutzen wird daher im Folgenden auf Basis winterbedingter Unfälle und Fahrzeitverluste durch Verkehrsstauungen und verminderter Geschwindigkeiten exemplarisch am Beispiel der AM Freudenberg dargestellt. Nach Angaben der Straßenbauverwaltung lagen die Kosten

der Unfälle bei Eis- und Schneeglätte im kritischen Bereich der A 45 (AS Freudenberg bis Landesgrenze Hessen) bei rund 700.000 EUR pro Jahr. Die durch Stauwirkungen bei Eis- und Schneeglätte verursachten Zeitkosten betragen hier ca. 1.100.000 EUR/Jahr. Durch die höhere Einsatzgeschwindigkeit und Räumqualität des Hochleistungs-Kehrblas-Gerätes werden die Zeitanteile mit Schneeglätte reduziert und damit eine verminderte Unfall- und Stauhäufigkeit erreicht. Unter der Annahme, dass auf Grund der optimierten Räumereinsätze im Bereich der kritischen Abschnitte 50 % der volkswirtschaftlichen Kosten eingespart werden können, errechnet sich ein Nutzen von rund 900.000 EUR pro Jahr.

Auf Grund von Angaben zur AM Alsfeld kann von einem volkswirtschaftlichen Nutzen durch vermiedene Zeitkosten in einer ähnlichen Größenordnung ausgegangen werden; zu den Unfallkosten lagen keine detaillierten Daten vor.

Dem gegenüber stehen die zusätzlichen Kosten, die sich aus dem Ersatz von Standard-Winterdienstfahrzeugen durch Hochleistungs-Kehrblas-Geräte ergeben. Beim Einsatz von 2 Hochleistungs-Kehrblas-Geräten mit Winterdienstausrüstung entstehen nach Tabelle 18 jährliche Mehrkosten von rund 178.000 EUR. Die Abschreibungskosten beziehen sich auf die Investition für das Fahrzeug und die Winterdienstausrüstung. Die gesonderte Auflistung der Kraftstoffkosten erfolgte wegen des zusätzlichen Dieselverbrauchs (Standard-Winterdienstfahrzeug: 40 l/100 km; Hochleistungs-Kehrblas-Gerät: 60 l/100 km). Angenommen wurden hier 10.000 Einsatzkilometer im Winter. Wegen des abgeschätzten hohen Nutzen-Kosten-Verhältnisses erscheint aber der Einsatz eines Hochleistungs-Kehrblas-Gerätes bei Randbedingungen wie in der AM Freudenberg zweckmäßig und empfehlenswert.

		Standard-Winterdienstfahrzeug	Hochleistungs-Kehrblas-Gerät
Abschreibungsdauer	[a]	10	10
Abschreibung	[EUR/a]	18.000	67.900
Verzinsung	[EUR/a]	4.500	16.975
Reparatur/Wartung	[EUR/a]	9.000	33.950
Kraftstoff	[EUR/a]	3.550	5.325
kalkulatorische Kosten und Betriebskosten	[EUR/a]	35.050	124.150

**Tab. 18:** Kostenvergleich von Standard-Winterdienstfahrzeug und Hochleistungs-Kehrblas-Gerät pro Winter [Quelle: Straßen NRW]

Mit den ersten Erkenntnissen zum Einsatz dieses Hochleistungs-Kehrblas-Gerätes auf Autobahnen zeigt sich, dass es kein Fahrzeug für den generell flächendeckenden Einsatz im Winterdienst ist, sondern ein hochleistungsfähiges Gerät für den Einsatz an neuralgischen Streckenabschnitten darstellt. In Bereichen von solchen neuralgischen Streckenabschnitten, insbesondere Strecken mit hohen Längsneigungen, kann dieses Fahrzeug durch die mechanische Schwarzümräumung bei gleichzeitig sehr geringen Umlaufzeiten (< 1 Stunde) den Winterdienst verbessern. Die Steigungsstrecken des Rimbergs im Zuständigkeitsbereich der AM Alsfeld können beispielsweise von den Hochleistungs-Kehrblas-Geräten in einer Umlaufzeit von 20 bis 25 Minuten bedient werden. Diese Zeiten wurden in Praxiseinsätzen im Winter 2003/04 erzielt. Es müssen allerdings, wie oben beschrieben, die örtlichen Bedingungen im Hinblick auf Durchfahrtsbreiten, Wendemöglichkeiten etc. gegeben sein bzw. geschaffen werden.

Größere Durchfahrts- und Arbeitsbreiten, wie sie die Fahrzeuge zu Beginn des Pilotprojektes in der AM Alsfeld aufwiesen, sind für den Einsatz auf hoch belasteten Autobahnen nicht zweckmäßig. Zum einen wird die hohe Arbeitsgeschwindigkeit durch geringe Fahrgeschwindigkeiten im Bereich von Betriebsumfahrten und Anschlussstellen wieder kompensiert, zum anderen ist das überbreite Fahrzeug bei Verkehrsstörungen im Verkehr „gefangen“. In protokollierten Staufällen hatten die Hochleistungs-Kehrblas-Geräte beider Autobahnmeistereien in der Regel keine Möglichkeit, durch eine Räumgasse durch den Stau zu fahren. Auf Grund dieser Gegebenheiten ist es notwendig, bei der Einsatzplanung weiterer Hochleistungs-Kehrblas-Geräte die örtlichen Gegebenheiten wie Vorhandensein von breiten Standstreifen, ausreichende Durchfahrtsbreiten bei Benutzung von nachgeordneten Straßen oder Betriebsumfahrten zu beachten. Die Durchfahrtsbreite der Hochleistungs-Kehrblas-Geräte sollte die Fahrstreifenbreite im Einsatzbereich nicht übersteigen. Weiterhin müssen auch die Winterdiensteinsätze der benachbarten Autobahnmeistereien überprüft und eventuell mit an die örtlichen Bedingungen angepassten Maßnahmen optimiert werden, sodass auch dort die Wahrscheinlichkeit winterlich bedingter Staus minimal ist und Rückstauungen in das Einsatzgebiet des Hochleistungs-Kehrblas-Gerätes bzw. anderer Meistereibezirke vermieden werden.

Im Regelfall sollte der Räumeeinsatz mit den Hochleistungs-Kehrblas-Geräten ebenfalls in einer Staffelfräumung erfolgen, um einen gleichmäßigen Fahrbahnzustand zu erreichen. Der Abstand der Räumfahrzeuge sollte wie in Kapitel 5.2.5 dargestellt so gering gewählt werden, dass keine Überholvorgänge durch Verkehrsteilnehmer erfolgen. Im Fall von starken Schneefällen ist die Staffel aufzulösen, sodass der rechte Fahrstreifen durch verkürzte Umlaufzeiten verstärkt betreut wird.

Es ist davon auszugehen, dass unter Berücksichtigung der Einsatzerfahrungen noch leicht höhere Räumgeschwindigkeiten erreicht werden können.

Aus den Erfahrungen der Piloteinsätze ist zu erwarten, dass das ursprünglich für den Flughafenbetrieb entwickelte Hochleistungs-Kehrblas-Gerät durch die Weiterentwicklung von technischen und betrieblichen Komponenten für den Winterdiensteinsatz auf hoch belasteten Autobahnen weiter optimiert wird. Dieser Optimierungsprozess ist für einen effektiven Einsatz dieser Technologie im Straßenwinterdienst dringend erforderlich. Weitere Effektivitätssteigerungen sind darüber hinaus durch regelmäßige Schulungen der Fahrer und des technischen Personals zu erwarten.

## 5.3 Mobile Taumittelsprühanlage

### 5.3.1 Allgemeines

Taumittelsprühanlagen (TMS) sollen bei Streckenabschnitten, die besonders frühzeitig zur Glättebildung neigen, für eine erhöhte Verkehrssicherheit sorgen. Im Fall einer mobilen Taumittelsprühanlage handelt es sich um eine Anlage, die ohne größeren technischen Aufwand und mit geringen finanziellen Aufwendungen für kurze Zeitabschnitte installiert werden kann. Geeignet sind solche mobilen Anlagen zum einen für kurze Straßenabschnitte mit vorübergehender Änderung der Verkehrsführung und gleichzeitiger hoher Glättegefahr (z. B. Winterbaustellen) und zum anderen für glättegefährdete Abschnitte, bei denen der Einsatz einer stationären Taumittelsprühanlage vorab provisorisch überprüft werden soll.

Bei einer Mini-Taumittelsprühanlage wird zwar auch nur ein kurzer Streckenabschnitt anlagentechnisch ausgestattet, im Gegensatz zu einer mobilen Taumittelsprühanlage handelt es sich aber um eine dauerhafte Installation, die um weitere Elemente wie eine Glättemeldeanlage (GMA) oder eine

automatisierte Anlagensteuerung erweitert werden kann. Mini-Taumittelsprühanlagen sind im Bereich der Autobahnen insbesondere an extrem glättegefährdeten Rampen von Anschlussstellen bzw. innerhalb von Autobahnkreuzen in glättegefährdeten Bereichen der Rampen und Brücken empfehlenswert.

Im Rahmen dieses Projektes wurde im Oktober 2002 am Frankfurter Kreuz im nordöstlichen Teil der Rampe zur Verbindung von der A 3 aus Richtung Würzburg auf die A 5 in Richtung Karlsruhe (Zuständigkeitsbereich der AM Rüsselsheim) eine solche Mini-Taumittelsprühanlage als Pilotanlage installiert. Allerdings hatte die im Frankfurter Kreuz untersuchte Mini-Taumittelsprühanlage auf Grund des relativ milden Winters 2002/03 und verschiedener Ausfälle u. a. durch einen Unfall nur sehr wenige Einsätze. Im weiteren Verlauf dieses Projektes wurde der Untersuchungsschwerpunkt auf den Einsatz einer mobilen Taumittelsprühanlage im Bereich einer Baustelle gelegt.

### 5.3.2 Einsatz einer mobilen Taumittelsprühanlage im Bereich einer Baustelle

#### Allgemeine Einsatzbedingungen

Eine mobile Taumittelsprühanlage zeichnet sich dadurch aus, dass sie ohne große Aufwendungen temporär in kritischen Bereichen im Herbst aufgestellt und im Frühjahr wieder abgebaut werden kann. Im Laufe des Winters 2003/04 wurde eine derartige mobile Pilotanlage auf der A 4 in westlicher Richtung zwischen TR Herleshausen und AS Wommen im Verschwenkungsbereich einer Baustelle eingerichtet. Bei dieser Verschwenkung wurde von einer 4+0- auf eine 0+4-Verkehrs-

führung gewechselt. Die zweistreifige Fahrbahnbreite in diesem Bereich betrug 6,25 m. Gesichert wurde die Verschwenkung durch eine Vario-Guard-Stahlschutzwand.

Im Rahmen des Pilotprojektes wurden Standardteile einer Taumittelsprühanlage verwendet. Der Aufbau bzw. Abbau der Anlage war mit 1 bis 2 Personen in 2 Tagen durchführbar. Vorbereitend musste für die Stromversorgung der Anlage (380 V mit 16 A) von einem ca. 400 m entfernten Stromverteilerkasten der Autobahnbaustelle eine aufgeständerte Stromzuleitung gelegt werden. Das Kabel am Stromverteilerkasten wurde mit gelbem Band gekennzeichnet, um ein versehentliches Herausziehen des Kabels zu vermeiden. Da sich die geplante mobile Taumittelsprühanlage in einer Wasserschutzzone III befand, war von der hessischen Straßenbauverwaltung zum Einsatz der Anlage eine entsprechende Genehmigung von der Unteren Wasserbehörde einzuholen.

Die mobile Taumittelsprühanlage hatte eine Gesamteinsatzlänge von ca. 110 m. In einem auslaufsickeeren, doppelwandigen Streugutbehälter mit integrierter Pumpstation befand sich ein 550-Liter-Tank für die Salzlösung. Das Taumittel wurde über Druckrohre zu den Kompaktventilen transportiert und über Sprühköpfe, die an der Vario-Guard-Stahlschutzwand ohne zusätzliche Bohrungen etc. befestigt werden konnten (siehe Bild 26), auf die Fahrbahn aufgebracht. Die Sprühköpfe haben dabei nicht in den Fahrraum hineingereicht.

Die Pilotanlage wurde mit 11 Sprühköpfen, die in einem regelmäßigen Abstand von 10,40 m installiert worden sind, ausgerüstet. Für einen gleichmäßigen Druckaufbau wurden Zwischendruckspei-



**Bild 26:** Befestigung eines Sprühkopfes an der Stahlschutzwand und Ausstattung des Sprühkopfes mit 3 Normalstrahldüsen und einer Breitstrahldüse



cher zwischengeschaltet. Um das Taumittel gleichmäßig über die gesamte Fahrbahn zu verteilen, wurden die Sprühköpfe neben 3 Normalstrahldüsen mit einer Breitstrahldüse ausgestattet (vgl. Bild 26). Diese Düse hat eine breitere und feinere Verteilung. Bei einer Auslösung werden pro Sprühkopf ca. 2 Liter Taumittel versprüht. Bezogen auf die Fläche entspricht dies etwa 7 g tauwirksamem Anteil pro m<sup>2</sup>.

Detailaufnahmen der in der Verschwenkung aufgebauten Mobilten Taumittelsprühanlage sind in Anlage 13 enthalten.

Die Auslösung dieser Taumittelsprühanlage wurde per Funkfernbedienung gesteuert, um die Mobilität durch aufwändige Einrichtungen und Anlagenteile nicht einzuschränken. Die Installation einer solchen Anlage in glättegefährdeten Bereichen einer Baustelle ist für den Winterdienstesinsatz hilfreich, da der Fahrer, der mit seinem Winterdienstfahrzeug die durchgehende Fahrbahn abstreut, per Funk die Anlage in der Gegenrichtung auslösen kann und somit dieser Abschnitt frühzeitiger bedient wird. Bei längerem Schneefall wird zudem der Schnee nicht festgefahren und bleibt räumfähig.

Für Auf-/Abbau und Wartung der Anlage sowie zur Befüllung des Salzlösungstanks konnte die nahe gelegene Baustellenzufahrt genutzt werden. Weiterhin wurden die Verkehrsteilnehmer durch ein Hinweisschild mit der Aufschrift „Taumittelsprühanlage 200 m“ und einem entsprechenden Piktogramm auf mögliche Sprühvorgänge aufmerksam gemacht.

Voll einsatzfähig war die mobile Taumittelsprühanlage ab dem 02.03.2004. Die anlagen- und messtechnische Ausstattung dieser Pilotanlage ist in Bild 27 schematisch dargestellt.

Während des Untersuchungszeitraums wurde die mobile Taumittelsprühanlage einmal mit Salzlösung befüllt. Die Betankung kann durch ein Winterdienstfahrzeug durchgeführt werden. Der reine Befüllungsvorgang (ca. 500 l) nimmt etwa 15 Minuten in Anspruch. Mit den aufgeführten Ausstattungselementen von 11 Sprühköpfen kann die Taumittelsprühanlage zwischen 20 und 25 Mal ausgelöst werden. Der Ablauf des Betankens ist in Bildern in Anlage 13 dargestellt.

Weiterhin wurden Sprüheinsätze der mobilen Taumittelsprühanlage vor Ort beobachtet und analysiert. Auf Grund der beengten Raumverhältnisse und des mittleren Lkw-Anteils von 18 % (häufig im

Kolonnenverkehr) wurde das Taumittel von einzelnen Sprühköpfen gegen vorbeifahrende Lkw gesprüht (siehe Anlage 13.1), sodass das Taumittel nicht die zu besprühende Fläche abdecken konnte. Im Mittel betrafen diese Fehlsprühungen 18 % der Sprühköpfe, die Spannweite lag zwischen 0 und 63 %.

### **Verkehrsablauf**

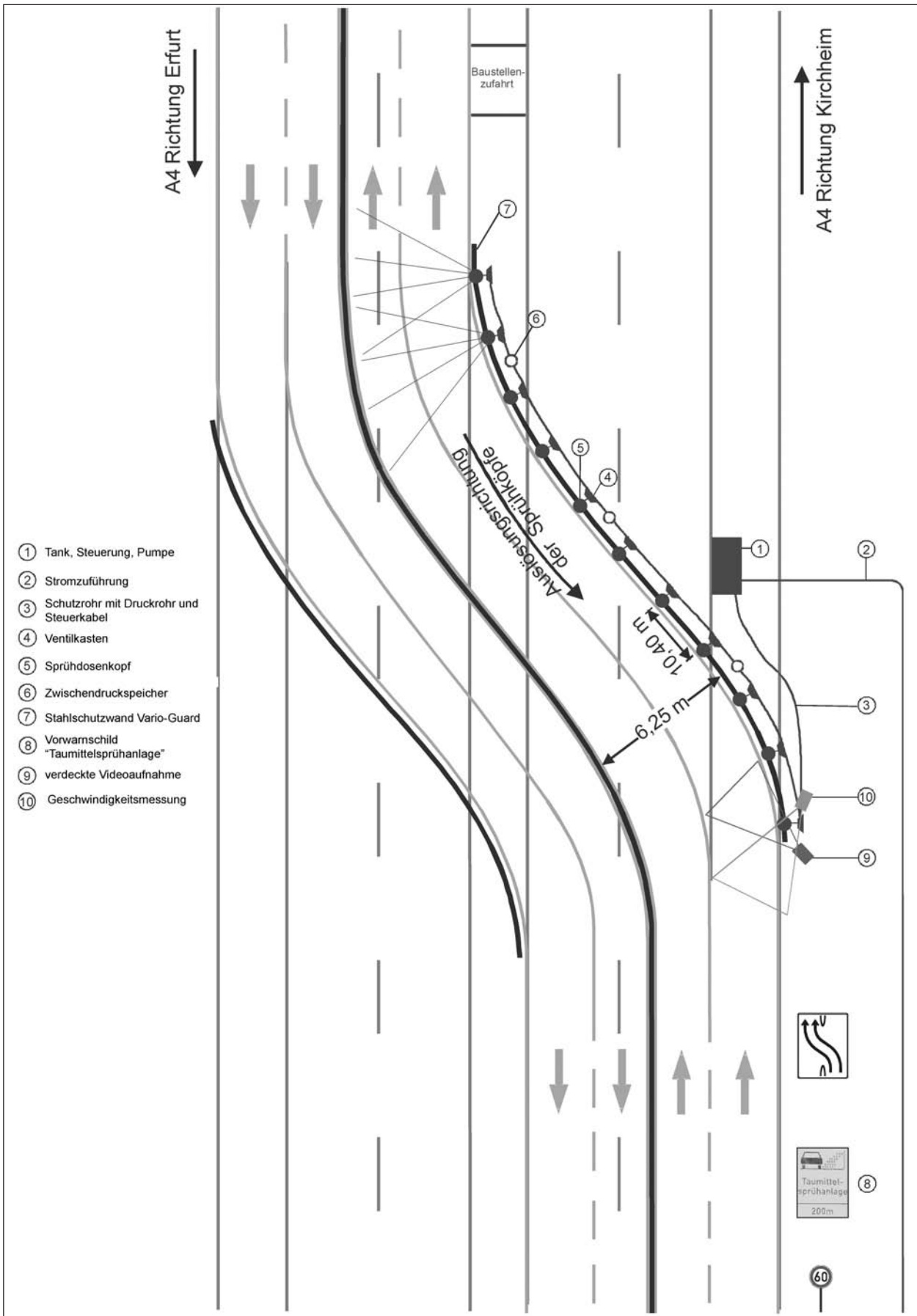
Die mobile Taumittelsprühanlage war in einem über 100 m langen zweistreifigen Verschwenkungsbereich installiert. Die Fahrbahnbreite betrug durchweg ca. 6,25 m, innerhalb des Verschwenkungsbereiches gab es keine Aufweitungen. Die Besonderheit einer Taumittelsprühanlage innerhalb einer solchen Baustelle besteht darin, dass die Fahrzeuge in unmittelbarer Nähe an den Sprühköpfen vorbeifahren. Im Rahmen des Pilotprojektes wurden die Auswirkungen der Einsätze der Taumittelsprühanlage auf den Verkehrsablauf durch Untersuchungen zum Fahrverhalten vor, während und nach Sprüheinsätzen dieser Anlage analysiert. Hierzu wurden Langzeitmessungen zum Geschwindigkeitsverhalten und verdeckte Videobeobachtungen zum Fahrverhalten durchgeführt.

Die Geschwindigkeit war im Vorfeld auf 60 km/h beschränkt und die Verkehrsteilnehmer wurden 200 m vor der Verschwenkung durch eine Hinweistafel auf die Taumittelsprühanlage aufmerksam gemacht.

### **Fahrverhalten**

Der Frage, inwieweit die Taumittelsprühungen auf das Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer im beengten Baustellenbereich Einfluss haben, wurde mit Hilfe von Videoaufzeichnungen sowohl während der Taumittelsprühungen als auch außerhalb des Anlagenbetriebes vergleichend analysiert. Dazu wurde eine Videokamera, die die Verkehrsteilnehmer u. a. zur Bremslichterkennung von hinten filmte, hinter einer Tafel für den Verkehrsteilnehmer nicht sichtbar aufgestellt (vgl. Lageplan Bild 27 und Bild 28).

Der beobachtete Bereich ist als aufmerksamkeits-erhöhend einzuordnen, da der Verkehrsteilnehmer bei winterlichen Fahrbahnbedingungen, reduzierten Fahrstreifenbreiten ohne Aufweitungen im Verschwenkungsbereich und einem mittleren Lkw-Anteil von ca. 18 % beim Fahren extrem stark gefordert wird. Zur Reduktion des Gefährdungspotenzials durch „überraschende“ Taumittelsprühungen



**Bild 27:** Anlagen- und messtechnische Ausstattung der mobilen Taumittelsprühanlage auf der A 4



**Bild 28:** Messeinrichtung für verdeckte Videoaufnahmen



**Bild 29:** Kurzer Bremsvorgang während eines Sprühvorgangs [Videobilder]

wurde im Vorfeld eine international verständliche Hinweistafel auf die Taumittelsprühanlage aufgestellt. Der Verkehrsteilnehmer kann den seitlichen Sprühstrahl sehen, wobei der Sprühstrahl nicht entgegen der Fahrtrichtung ausgerichtet ist. Die Auswertung der Videoaufzeichnungen ergab, dass Lkw-Fahrer auf den Sprühstrahl in ihrer Fahrweise überhaupt nicht reagieren und bei den Pkw-Fahrern trotz der unmittelbaren Nähe zum Sprühkopf und des verengten Fahrraums nur vereinzelt leichte Bremsreaktionen feststellbar waren (siehe Beispiel in Bild 29). Gefährdende Bremsvorgänge bzw. ausweichende Fahrmanöver waren während der Untersuchungen in keiner Form erkennbar.

### **Geschwindigkeit**

Die Untersuchung des Geschwindigkeitsverhaltens sollte aufzeigen, in welcher Art sich die Geschwindigkeit bei winterlichen und nicht winterlichen Fahrbahnzuständen im Baustellenbereich ändert und inwieweit sich der Einsatz einer Taumittelsprüh-

anlage hierbei auswirkt. Für die Geschwindigkeitsmessungen wurde im Verschwenkungsbereich ein institutseigener Radardetektor von Ende Januar bis Ende März 2004 eingesetzt. Zur Absicherung der Radardaten wurden weiterhin die Daten der Langzeitzählstelle bei der AS Wommen herangezogen.

Bei den Radardetektoren vom Typ SR 3 des Herstellers Sierzega Elektronik GmbH handelt es sich um flexibel einsetzbare Geräte. Mit den Geräten können Länge und Geschwindigkeit der passierenden Einzelfahrzeuge sowie der zeitliche Abstand (Zeitlücke) zum vorausfahrenden Fahrzeug bestimmt werden. Für die Ermittlung der Verkehrszusammensetzung wird aus der gemessenen Länge auf den Fahrzeugtyp geschlossen. Durch die unscheinbare Gestaltung des Radardetektors ist keine Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens auf Grund der Messeinrichtung zu erwarten. Standort und Messeinrichtung sind in Bild 27 sowie in Bild 30 zu sehen.



**Bild 30:** Installierter Radardetektor zur Geschwindigkeitsmessung und zügiges Auslesen der Daten in regelmäßigen Abständen

		nicht winterliche Zeitfenster (keine Winterdienst-Einsätze)		winterliche Zeitfenster mit Streueinsätzen		winterliche Zeitfenster mit Räumereinsätzen	
		V <sub>50</sub> [km/h]	V <sub>85</sub> [km/h]	V <sub>50</sub> [km/h]	V <sub>85</sub> [km/h]	V <sub>50</sub> [km/h]	V <sub>85</sub> [km/h]
Pkw	Gesamt	63	67	64	67	60	65
	Tag (6-20 Uhr)	62	66	64	67	61	65
	Nacht (20-6 Uhr)	63	68	63	69	59	65
Lkw	Gesamt	57	61	59	64	56	60
	Tag (6-20 Uhr)	57	61	59	64	57	61
	Nacht (20-6 Uhr)	57	63	59	66	55	60

**Tab. 19:** Mittlere Geschwindigkeiten V<sub>50</sub> und V<sub>85</sub> für Pkw und Lkw bei verschiedenen Fahrbahnzuständen

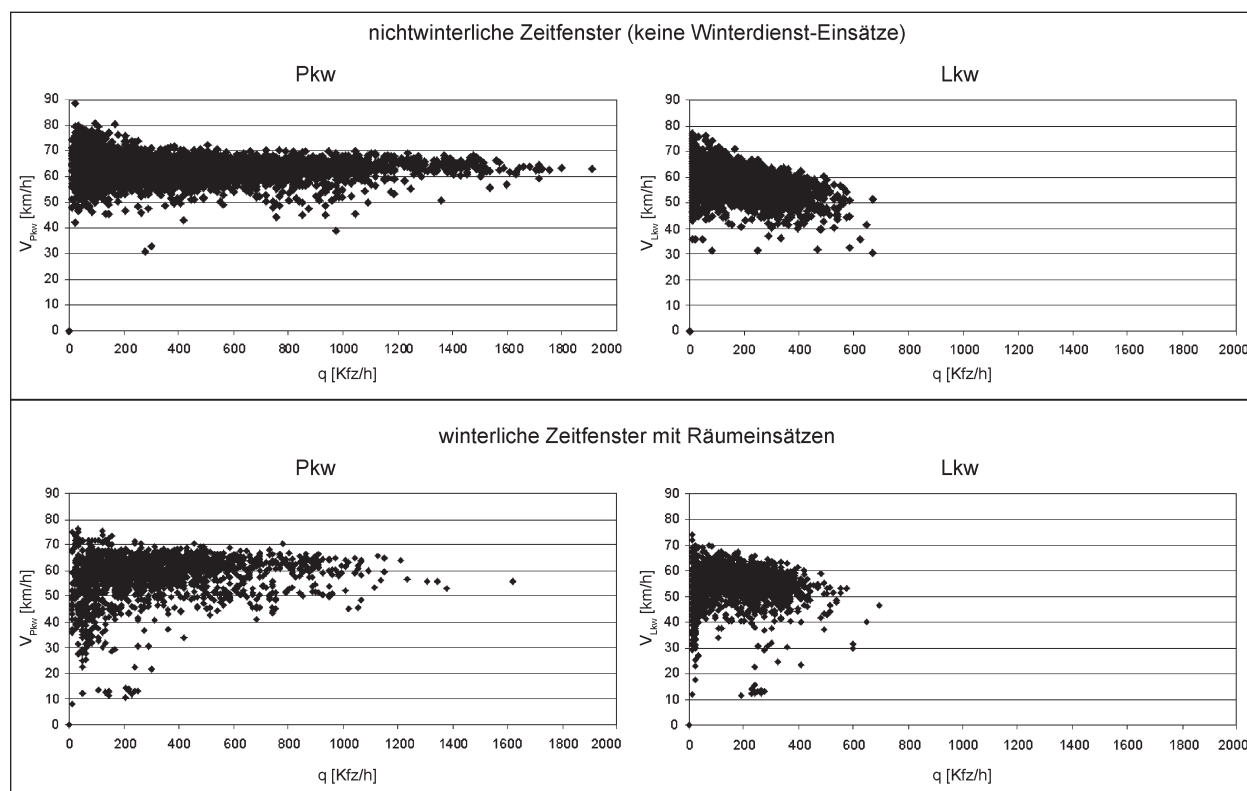
Zur Untersuchung des Geschwindigkeitsverhaltens innerhalb der Baustelle bei verschiedenen Fahrbahnzuständen mit und ohne Einsatz der mobilen Taumittelsprühanlage wurden die Daten des Radardetektors sowie die Winterdienst-Einsatzberichte der AM Kirchheim herangezogen. In den Winterdienst-Einsatzberichten wurde zusätzlich das Auslösen der Taumittelsprühanlage per Funkfernsteuerung und Betanken festgehalten. Da sich in keiner vertretbaren Entfernung eine Glättemeldeanlage befand, konnten keine detaillierteren Daten über Fahrbahnzustände und Niederschläge genutzt werden.

Mit Hilfe der Winterdienst-Einsatzberichte konnten die Zeitpunkte und Einsatzfähigkeiten der Winterdienstfahrzeuge im Untersuchungsabschnitt ermittelt werden, eine differenziertere Betrachtung der Zwischenzeiträume war nicht möglich. Die Fahrbahnzustände wurden in nicht winterliche Zeitfenster (keine Winterdiensteinsätze) sowie in winterliche Zeitfenster mit Streueinsätzen und winterliche Zeitfenster mit Räum- und Streueinsätzen eingeteilt.

Es ist bei der Bewertung der Geschwindigkeitsdaten zu berücksichtigen, dass die zulässige Höchstgeschwindigkeit 60 km/h betrug. Die Ergebnisse der mittleren Geschwindigkeiten bzw. der V<sub>85</sub> für Pkw und Lkw bei unterschiedlichen Fahrbahnzuständen sind in Tabelle 19 dargestellt.

Es ist tendenziell zu erkennen, dass die Geschwindigkeiten bei winterlichen Zeitfenstern mit Räumereinsätzen, d. h. mit Schneefällen im Vergleich zu den nicht winterlichen Zeitfenstern deutlich absinken. Die Geschwindigkeiten an winterlichen Zeitfenstern mit Streueinsätzen, d. h. mit möglicher Fahrbahnglätte, und Normaltagen (nicht winterliche Zeitfenster) bewegen sich jedoch auf etwa gleichem Niveau. Die Spanne der Fahrbahnzustände bei den winterlichen Zeitfenstern mit Räumereinsätzen reicht von schneebedeckter Fahrbahn bis nasse Fahrbahn, da eine genauere Kenntnis der Entwicklung des Fahrbahnzustandes mit der Datengrundlage nicht reproduzierbar war. Daraus folgt, dass das Geschwindigkeitsniveau in Zeitfenstern mit Schneefällen eigent-



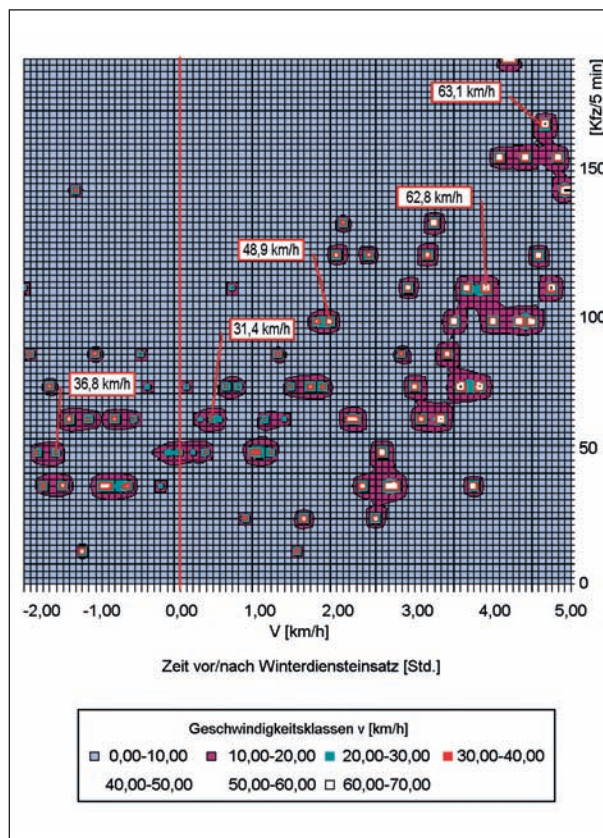


**Bild 31:** Mittlere Geschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke und den Umfeldbedingungen für Pkw und Lkw

lich weit niedriger liegen muss. Weiterhin ist hier deutlich zu erkennen, dass das Geschwindigkeitsverhalten der Verkehrsteilnehmer erst durch sichtbar winterliche Fahrbahnzustände bzw. durch winterliche Umfeldbedingungen wie Schneefall dem Fahrbahnzustand angepasst wird; nicht erkennbare mögliche Fahrbahnglätte hat aber keine Auswirkungen bei der mittleren Geschwindigkeitswahl.

Bei Betrachtung der mittleren Geschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke und den Umfeldbedingungen für Pkw und Lkw in der graphischen Aufbereitung (vgl. Bild 31) sind bei winterlichen Fahrbahnzuständen zum einen die Schwankungen in der Geschwindigkeitsverteilung in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke und zum anderen die Rückgänge in der erreichten Verkehrsstärke insgesamt zu erkennen. Besonders deutlich wird dies bei den Pkw, bei den Lkw sind die Auswirkungen erwartungsgemäß geringer. Weiterhin können die Geschwindigkeiten auf Grund der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h und der Verkehrsführung nicht so stark variieren.

Bei weiter gehender Untersuchung einzelner Räum- und Streueinsätze im Untersuchungsabschnitt werden der Nutzen des Winterdienstes und damit im Weiteren der Einsatz einer Taumittelsprühanlage erkennbar. In Bild 32 kann man beispielhaft für den



**Bild 32:** Geschwindigkeitsverteilung im Bereich der Verschwendung während eines Winterereignisses am 29.02.2004 über Verkehrsstärke  $q$  und Zeitpunkt des Winterdienstes



29.02.2004 die Verteilung der mittleren Geschwindigkeiten (z-Achse) über die Verkehrsstärke und über das Zeitfenster von 2 Stunden vor bis 5 Stunden nach dem Winterdienst deutlich ablesen. Die Geschwindigkeiten sind hier in Klassen farblich gegliedert dargestellt. Sowohl die mittleren Geschwindigkeiten als auch die Verkehrsstärke nahmen nach dem Winterdienst wieder zu. Durch Einsatz einer Taumittelsprühanlage in diesem Bereich könnte diese Entwicklung bereits früher starten.

Die Untersuchung der sehr wenigen erfolgten Einsätze der mobilen Taumittelsprühanlage am Ende des Winters lassen noch keine belegbaren Auswirkungen auf den Verkehrsablauf zu. Eine mobile Taumittelsprühanlage bekämpft Fahrbahnglätte und hält bei Schneefall den Schnee räumfähig. Wie die Untersuchungen aber bereits in Tendenzen zeigen, kann eine mobile Taumittelsprühanlage in kritischen Abschnitten innerhalb von Baustellen entstehender Fahrbahnglätte frühzeitiger entgegenwirken und damit wesentlich zur Verkehrssicherheit beitragen.

Auswirkungen auf das Geschwindigkeitsverhalten zeigen sich erst bei Änderungen der Umfeldbedingungen wie beispielsweise Schnee, der Nutzen einer Taumittelsprühanlage beginnt aber bereits viel früher. Im Winter 2003/04 hatte die AM Kirchheim insgesamt 121 Einsatztage, wovon 84, d. h. etwa 70 %, Streueinsätze waren. Bei diesem Pilotprojekt lag die mobile Taumittelsprühanlage etwa 2 km vor dem Wendepunkt der Streufahrzeuge, was unter der Annahme von 40 km/h und einer Wendezeit in der Anschlussstelle von 2 Minuten eine 8 Minuten frühere Betreuung des gefährdeten Streckenabschnitts ergab. Die zeitlichen Vorteile können in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten aber noch weit größer sein.

### 5.3.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Empfehlungen

Wie schon KUTTER (1993) formulierte, sind Taumittelsprühanlagen dazu konzipiert, kurzfristig erforderliche, lokal begrenzte Winterdiensteinsätze an kritischen Punkten des Straßennetzes zu ersetzen bzw. vorbeugende Maßnahmen überflüssig zu machen. Die frühzeitige Glättebekämpfung spiegelt sich in einer erhöhten Verkehrssicherheit wider. Nach Untersuchungen von WIRTZ/MORITZ (1993) gingen nach dem Einbau einer stationären TMS an der A 45 die Unfälle aufgrund winterlicher Straßenverhältnisse im Streckenbereich der Anlage insgesamt um mehr als die Hälfte zurück. Eine beson-

ders starke Absenkung von 85 % war bei den Unfällen mit leicht Verletzten zu beobachten. Es ist davon auszugehen, dass eine mobile Taumittelsprühanlage auf Grund einer frühzeitigeren Glättebekämpfung auch in kritischen Baustellenabschnitten positive Effekte auf die Verkehrssicherheit hat. Diese sind um so höher zu bewerten, da in Baustellenbereichen grundsätzlich mit einer erhöhten Unfallzahl zu rechnen ist. Weiterhin ist durch die stark eingeeengten Querschnitte sowohl aus betriebsdienstlicher als auch aus verkehrstechnischer Sicht die Notwendigkeit in besonderem Maße gegeben, winterlich bedingte Verkehrsstörungen bzw. Blockaden bei einstreifiger Verkehrsführung zu verhindern und unterstützende Maßnahmen für den Winterdienst zu schaffen.

Im Rahmen der Glättebekämpfung können sowohl durch den Einsatz von Mini-Taumittelsprühanlagen als auch mobilen Taumittelsprühanlagen zeitintensive Leerfahrten vermieden werden. Dies macht sich gerade bei der Betreuung der Rampen von Autobahnkreuzen, von Winterbaustellen etc. bemerkbar. Insbesondere würden mobile Taumittelsprühanlagen eine wesentliche Unterstützung für den Winterdienst bei Baustellen mit einer 3+1-Verkehrsführung darstellen. Vor allem die Betreuung der beiden einzeln geführten Fahrstreifen bedeutet für den Betriebsdienst häufig zusätzlichen Aufwand und besonders in diesen Abschnitten sind Verkehrsstörungen in jedem Fall zu verhindern, da keine Vorbeifahrmöglichkeiten bestehen. Bei Streueinsätzen müssen bei dieser Verkehrsführung die Fahrstreifen der aufgetrennten Fahrtrichtung zweimal bzw. mit 2 Winterdienstfahrzeugen abgestreut werden. Daher könnte insbesondere in Regionen mit überwiegender Glättebildung und wenigen Schneefällen (z. B. norddeutsches Flachland) ein Großteil dieser Streueinsätze abgedeckt und der zusätzliche Einsatz von Lkw bzw. Geräteträgern (notwendig bei schmaler Durchfahrtsbreite) vermieden werden.

Der jeweilige Nutzen einer mobilen Taumittelsprühanlage ist abhängig von der Lage der Baustelle im zu betreuenden Streckennetz, dem Abstand zu den nächsten Wendemöglichkeiten und der Verkehrsführung innerhalb der Baustelle. Der Einsatz der Mobilien Taumittelsprühanlage kann in Zukunft auf Grund der wahrscheinlich vermehrt notwendigen Winterbaustellen verstärkt an Bedeutung gewinnen.

Die Kosten für beide Systeme sind in Tabelle 20 aufgeführt. Für eine mobile Taumittelsprühanlage

		Mini-Taumittelsprühanlage	Mobile Taumittelsprühanlage
Abschreibungsdauer	[a]	18	15
Abschreibung	[EUR/a]	10.479	3.055
Verzinsung	[EUR/a]	3.930	1.146
Reparatur/Wartung	[EUR/a]	7.859	2.291
Kraftstoff	[EUR/a]	in Abschreibung enthalten	2.300
kalkulatorische Kosten und Betriebskosten	[EUR/a]	22.268	8.792

**Tab. 20:** Kosten pro Winter für Mini-Taumittelsprühanlage und mobile Taumittelsprühanlage [Quelle: Boschung Mecatronic]

zum Einsatz in Baustellen (Länge: 200 m; Sprühbreite: 5 m) können Kosten von rund 46.000 EUR angenommen werden. Bei einer Mini-Taumittelsprühanlage (Länge: 400 m; Sprühbreite: 8 m) mit Funkauslösung inkl. Montage liegt die Investition bei rund 157.000 EUR. Der volkswirtschaftliche Nutzen wird aber, wie erläutert, die hieraus resultierenden jährlichen Kosten weit überschreiten.

Im Rahmen der Untersuchungen sind verschiedene Einsatzvarianten für eine mobile Taumittelsprühanlage erarbeitet worden. Die Varianten sind skizzenhaft in Anlage 13 dargestellt. Einerseits könnte man ein solches mobiles System in einer räumlich kurzen Baustelle, zum Beispiel einer Brückenbaustelle mit 4+0-Verkehrsführung, einsetzen. Die Einsatzseite der Taumittelsprühanlage bei dieser Verkehrsführung bestimmt sich aus den Routenplänen, da das Winterdienstfahrzeug per Fernsteuerung die Anlage in der Gegenrichtung auslöst und somit eine frühzeitige Glättebekämpfung des gesamten Baustellenabschnitts in beiden Fahrrichtungen ermöglicht werden kann. In Anlage 13 sind ebenfalls die möglichen Varianten der Anlageninstallation für die 3+1-Verkehrsführung aufgeführt. Bei der Variante „3+1 links“ wird die Integration der mobilen Taumittelsprühanlage durch die beengten Raumverhältnisse im Mittelstreifen erschwert. Hierbei ist bereits bei der Planung der Baustelle darauf zu achten, dass beispielsweise durch Auseinanderziehen der Verschwenkungsbereiche zusätzlicher, abgesicherter Raum für Betriebsdienstfahrzeuge geschaffen wird, um Installations- und Wartungsarbeiten sowie das Befüllen des Salzlösungstanks zu ermöglichen.

Die maximale Länge für eine noch kostengünstige, flexibel einsetzbare mobile Taumittelsprühanlage beträgt nach Boschung Mecatronic rund 200 bis 240 m bei einem Abstand der Sprühköpfe zwi-

schen 10 und 12 m; sie kann mit maximal 20 Sprühköpfen ausgestattet werden. Eine Ausstattung der Anlage mit weiteren Sprühköpfen zieht bei der beschriebenen Anlagentechnik erhebliche Mehraufwendungen im Bereich der Steuerung, Druckversorgung und Tankkapazität nach sich. Bei längeren zu betreuenden Baustellenabschnitten empfiehlt es sich, bei Verwendung dieser Anlagentechnik eine zweite baugleiche Taumittelsprühanlage im Anschluss zu installieren.

Auf Grundlage des Piloteinsatzes der mobilen Taumittelsprühanlage im Bereich eines räumlich kurzen Baustellenabschnitts innerhalb einer Verschwenkung können aus dem Praxiseinsatz folgende Empfehlungen und Hinweise formuliert werden.

Die Installation einer Taumittelsprühanlage für einen kurzen Zeitraum ist nur dann praxisrelevant, wenn im Herbst die Anlage ohne größeren Aufwand für eine Winterperiode auf- und abgebaut und bei Bedarf vor dem nächsten Winter wieder an einer anderen Stelle installiert werden kann. Dazu ist es zukünftig empfehlenswert, durch standardisierte Konstruktionselemente der mobilen Taumittelsprühanlage die Auf- und Abbaueiten für verschiedene Einsatzfelder zu reduzieren. Damit ist es dann auch möglich, dass geschultes Personal der Autobahnmeistereien die Anlagen installieren, kalibrieren und warten kann.

Generell können Sprühdüsenköpfe nach Boschung Mecatronic mit verschiedenen Aufstellungsarten angebracht werden:

- aufgeschraubt auf den Ventilkasten,
- angewinkelt an ein Mauerstück,
- auf einer justierbaren Halterung,
- befestigt in einer Kernlochbohrung.

Für einen zukünftig kostengünstigen sowie schnellen Aufbau von mobilen Taumittelsprühanlagen innerhalb von Baustellen empfiehlt es sich, standardisierte Sprühdüsenkopfhalterungen zu konstruieren, die installationsfreundlich in die temporäre Schutzeinrichtung eingehängt bzw. geschraubt werden. Hierzu wird es wahrscheinlich notwendig sein, sich auf eine sehr kleine Auswahl von temporären passiven Schutzeinrichtungen festzulegen, um den kostengünstigen Aufbau gewährleisten zu können. Daraus resultiert, dass eventuell bereits vor Vergabe der Baustellensicherung entsprechende Festlegungen zur temporären passiven

Schutzeinrichtung beachtet werden. Weitere Befestigungsmöglichkeiten für Sprühköpfe sind in der Anlage 13 abgebildet.

Insgesamt beschränken sich die Optimierungspotenziale nicht auf die beschriebenen Konstruktionsdetails, sondern es sind für den Einsatz von Taumittelsprühanlagen innerhalb von Baustellen weitere grundlegende Optimierungen durch angepasste Anlagenkonzeptionen und Technologien denkbar und sinnvoll.

Bei der Standortwahl der Taumittelsprühanlage bzw. der Anlagenteile sind grundsätzlich folgende Punkte zu berücksichtigen.

Es ist bei einer Vorortbesichtigung sicherzustellen, dass es durch das Ausbringen der Salzlösung oder durch mögliche Anlagenstörungen der mobilen Taumittelsprühanlage innerhalb der Baustelle zu keinerlei Beeinträchtigungen (z. B. Korrosion etc.) an den noch nicht fertig gestellten Bauwerkselementen kommen kann.

Falls sich die geplante Taumittelsprühanlage in einem Wasserschutzgebiet befindet, sind frühzeitig entsprechende Vorkehrungen zu treffen und eventuelle Genehmigungen einzuholen. Es ist allgemein empfehlenswert, dass die Pumpstation mit dem Tank auf eine Stelle mit ebenem und festem Untergrund positioniert wird.

Der für die mobile Taumittelsprühanlage notwendige Anschluss für die Stromversorgung sollte sich in unmittelbarer Nähe befinden. Bei Nutzung des Baustellenstroms ist das Kabel von der Anlage aus so entlangzuführen, dass es zu keinen Behinderungen der Bauarbeiten bzw. des Baustellenverkehrs kommen kann. Alternativ sollte zukünftig über eine von der Baustelle unabhängige Stromversorgung mittels eines Generators nachgedacht werden. Damit können kostenintensive Stromzuführungen über teilweise Hunderte von Metern eingespart werden und die mögliche Gefahr eines Stromausfalls durch versehentliches Steckerziehen im Stromverteilerkasten ist in der Form nicht gegeben.

Weiterhin sollten die Speicherbehälter für die Salzlösung leicht und sicher zugänglich sein, um die Wiederbefüllung mit Hilfe der Winterdienstfahrzeuge gefahrlos und Zeit sparend gewährleisten zu können. Der Salzlösungstank muss abhängig von der Einsatzhäufigkeit und Sprühkopfanzahl regelmäßig durch Meistereipersonal aufgefüllt werden. Ergänzend dazu können zur Reduktion der Befüllungsintervalle weitere Behälter aufgestellt werden.

Bei einer mobilen Taumittelsprühanlage kann die Auslösung per Funk oder manuell gesteuert werden, da ansonsten die Mobilität durch aufwändige Einrichtungen und Anlagenteile eingeschränkt werden würde. Als problematisch hatte sich bereits im Praxiseinsatz der Taumittelsprühanlage im Frankfurter Kreuz gezeigt, dass der Fahrer des Winterdienstfahrzeugs, der während der Vorbeifahrt per Funk den Einsatz der Taumittelsprühanlage auslöst, keine direkte Überprüfungsöglichkeit hat, ob das Signal durch die Anlagensteuerung erfasst wurde. Hier muss technisch gewährleistet werden, dass der Fahrer beispielsweise durch ein Lichtzeichen an der Anlage eine Rückmeldung über die Funktionsauslösung erhält. Eine weitere Möglichkeit bestünde darin, dass beim Auslösen der Taumittelsprühanlage ein Blitzlicht am 200 m entfernten Hinweisschild aktiviert wird. Damit hätte der Fahrer eine Überprüfungsöglichkeit und die Verkehrsteilnehmer würden verstärkt auf den aktuellen Anlagenbetrieb hingewiesen werden, was wiederum mögliche Überraschungseffekte reduzieren würde. Alternativ ist zu überlegen, ob die zuständige Autobahnmeisterei online bzw. per SMS die Anlage aktivieren und Einsatz- und Störungsprotokolle von der Anlage erhalten kann. Hierdurch wird ein Präventiveinsatz möglich und bei Funktionsausfällen und -störungen kann aufgrund der Rückmeldung sofort reagiert werden.

Für eine weitere Beurteilung mobiler Taumittelsprühanlagen im Hinblick auf ihre Einsatzfähigkeit und Gesamtwirtschaftlichkeit sind weitere Einsätze über einen längeren Zeitraum empfehlenswert.

## **5.4 Einsatz von blauem Blinklicht und Einsatzhorn auf Winterdienstfahrzeugen**

### **5.4.1 Rechtliche Grundlagen**

Bei starken bzw. langanhaltenden Schneefällen sowie bei Schnee- und Eisglätte kommt es insbesondere auf den hoch belasteten Streckenabschnitten schnell zu winterbedingten Stauungen. Die Praxis zeigt, dass sich die Winterdienstfahrzeuge dann häufig selbst im Stau befinden, da für die Räumfahrzeuge keine Räumgasse gebildet wird und der Einsatz der gelben Rundumleuchten bei den Verkehrsteilnehmern nicht den gewünschten Warnereffekt hat. Daher wurden in verschiedenen Bundesländern zu der Fragestellung Pilotmaßnahmen eingerichtet, inwieweit der Einsatz von blauen

Blinklichtern im Winterdienst Abhilfe in dieser Problematik schaffen kann. In den untersuchten Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern, Hessen und Rheinland-Pfalz wird der Einsatz des blauen Blinklichts mit Einsatzhorn teilweise sehr unterschiedlich praktiziert. In Nordrhein-Westfalen ist der Einsatz des blauen Blinklichts bei Fahrzeugen des Straßenbetriebsdienstes nicht gestattet. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, dass ein Fahrzeug der Autobahnpolizei mit blauem Rundumleuchten und Einsatzhorn vor dem Winterdienstfahrzeug vorausfährt und eine Gasse bildet. Allerdings ist gerade bei extremen Winterereignissen die Polizei selbst durch z. B. Unfallaufnahmen und -absicherungen bzw. andere Hilfskräfte wie THW etc. mit Einsätzen ausgelastet, sodass sie, wenn überhaupt, der AM häufig erst nach größerer Zeitverzögerung zur Verfügung stehen können. Eine andere Möglichkeit ist durch die Ausstattung eines bzw. mehrerer AM-Fahrzeuge mit blauen Blinklichtern und Einsatzhorn gegeben.

Nach § 70 StVZO können „die zuständigen obersten Landesbehörden oder die von ihnen bestimmten oder nach Landesrecht zuständigen Stellen“ entsprechende Ausnahmen zur Anbringung und Nutzung solcher Sonderwarneinrichtungen genehmigen. Fahrzeuge der Autobahnmeisterei werden dann gemäß den Bestimmungen in § 52 StVZO mit einer oder mehreren Kennleuchten für blaues Blinklicht (z. B. Rundumlicht) und gemäß § 55 StVZO mit Einsatzhorn ausgerüstet. § 55 StVZO besagt weiterhin, dass Fahrzeuge, die blaues Blinklicht nach § 52 StVZO führen, „mit mindestens einer Warneinrichtung mit einer Folge von Klängen verschiedener Grundfrequenz (Einsatzhorn) ausgerüstet sein müssen“.

Bei den untersuchten Bundesländern gelten folgende grundsätzliche Auflagen und Bedingungen für die Benutzung des blauen Blinklichts:

- Die Verwendung der jeweils genehmigten Einrichtungen ist auf solche Situationen beschränkt, wenn die Benutzung des blauen Blinklichts mit Einsatzhorn gemäß § 38 StVO zur Aufrechterhaltung bzw. Wiederherstellung der öffentlichen Sicherheit oder Ordnung oder zur Abwendung schwerer gesundheitlicher Schäden dringend geboten ist.
- Die Benutzung der Sondersignale gewährt nach § 38 StVO dem Wegerechtsinhaber Vorrechte, d. h., alle übrigen Verkehrsteilnehmer sind verpflichtet, sofort freie Bahn zu schaffen, es sind

aber hiermit keine Sonderrechte nach § 35 StVO verbunden. Dies bedeutet, dass das Winterdienstfahrzeug bei Anwendung des blauen Sondersignals von den übrigen Vorschriften der Straßenverkehrsordnung nicht befreit wird.

- Beim Einschalten der blauen Blinklichter muss technisch sichergestellt sein, dass automatisch die gelben Rundumleuchten ausgeschaltet werden.
- Die Einsätze mit blauem Sondersignal sind einzeln im Fahrtenbuch bzw. in speziellen Protokollen mit Datum, Ort, Grund und Wirkung festzuhalten.
- Es ist empfehlenswert, die mit Sondersignalen ausgerüsteten Fahrzeuge von entsprechend erfahrenen Fahrzeugführern fahren zu lassen. Vorab sind diese Fahrer über die Auflagen und den gewissenhaften Umgang mit den Sondersignalen z. B. durch die Polizei zu belehren.

#### 5.4.2 Modellversuche in einzelnen Bundesländern

Nachstehend werden die bundeslandspezifischen Modellversuche mit ihren Unterschieden für die Benutzung des blauen Blinklichts mit Einsatzhorn dargestellt.

In Baden-Württemberg wurde im Jahre 1991 mit der versuchsweisen Ausrüstung von Winterdienstfahrzeugen verschiedener Autobahnmeistereien mit Blaulicht und Sondersignal begonnen. In der untersuchten AM Ulm-Dornstadt sind 3 von 7 Fahrzeugen mit blauen Rundumkennleuchten und einer Tonfolgeanlage (Martinshorn) ausgerüstet worden (vgl. Bild 33), die insbesondere auf den neuralgischen



**Bild 33:** Winterdienstfahrzeug der AM Ulm-Dornstadt mit gelben und blauen Rundumlichtern



Streckenabschnitten des Drackensteiner Hanges/Albaufstiegs zum Einsatz kommen. Für ganz Baden-Württemberg können zurzeit per Ausnahmegenehmigung maximal 22 im Winterdienst eingesetzte Nutzfahrzeuge der Autobahnmeistereien mit Blaulicht und Sondersignal ausgestattet werden. Der Einsatz des blauen Blinklichts darf grundsätzlich nur bei Winterdiensteseinsätzen erfolgen, und zwar, wenn bei winterlichen Fahrbahnverhältnissen durch stockenden oder zäh fließenden Verkehr die Winterdienstfahrzeuge behindert werden und der Winterdienst zur Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses unverzüglich erfolgen muss.

In Bayern werden einzelne fahrzeuggebundene Ausnahmegenehmigungen zur Ausrüstung von Dienst-Pkw mit blauem Rundumlicht und Einsatzhorn ausgesprochen. Die Ausrüstung der Fahrzeuge mit diesen Sonderwarneinrichtungen ist auf den Winterzeitraum zwischen 15.10. und 15.05. beschränkt. Das blaue Rundumlicht ist nur dann einzusetzen, wenn die Durchführung des Winterdienstes ansonsten unverhältnismäßig behindert bzw. gefährdet wäre.

Das Fahrzeug ist zusätzlich mit einer nach vorne wirkenden besonderen Beleuchtungseinrichtung mit der Aufschrift „Winterdienst“ auszustatten, um den Verwendungszweck des Fahrzeugs kenntlich zu machen.

In Hessen kann je Autobahnmeisterei ein Dienstfahrzeug zusätzlich mit blauem Rundumlicht und Martinshorn ausgerüstet werden (vgl. Bild 34). Im Regelfall erhält das Dienstfahrzeug des Dienststellenleiters die Ausnahmegenehmigung. Die Fahrzeuge sind zumeist gleichzeitig mit gelber und blauer Kennleuchte ausgestattet, wobei diese automatisch wechselseitig schaltbar sind und somit technisch bedingt immer nur ein Sondersignal benutzt werden kann. Weiterhin sind die in der AM Alsfeld im Einsatz befindlichen Hochleistungs-Kehrblas-



**Bild 34:** Mit blauer und gelber Kennleuchte ausgerüstetes Dienstfahrzeug der AM Rüsselsheim

Geräte auf Grund ihrer außergewöhnlichen Ausmaße und besonderen Einsatzbedingungen per Ausnahmeregelung mit Blaulicht ohne Martinshorn ausgestattet. Diese Ausstattung der Fahrzeuge beschränkt sich allerdings auf den Winterzeitraum.

Die Anwendung des blauen Blinklichts ist in Hessen ganzjährig in folgenden definierten Fällen gestattet:

- Schaffung von Fahrzeuggassen nach Staubildung für den Winterdienst und bei Unfällen,
- Warnung vor besonderen Gefahrensituationen wie gefährlichen Arbeits- und Unfallstellen,
- Erhöhte Warnung vor besonderen Fahrmanövern z. B. Rückwärtsfahren, Räumen entgegen der Fahrtrichtung.

Im Gegensatz zu den Regelungen in Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg muss für den Fall, dass ein Winterdienstfahrzeug ein Fahrzeug mit blauen Kennleuchten und Einsatzhorn zur Räumgassenbildung benötigt, der Dienst-Pkw erst zum betroffenen Streckenabschnitt fahren, was wiederum die Gefahr erheblicher Zeitverluste in sich birgt.

Der Einsatz von Blaulicht auf Winterdienstfahrzeugen wird in Rheinland-Pfalz seit Februar 2000 bei den Autobahnmeistereien Emmelshausen und Wattenheim erprobt. In der AM Emmelshausen sind 2 von 7 Winterdienstfahrzeugen versuchsweise mit zwei blauen nur nach vorne wirkenden Blitzleuchten unterhalb der Windschutzscheibe und einem Starktonhorn ausgestattet (vgl. Bild 35). Die Blitzleuchten sind möglichst weit außen und so niedrig wie möglich am Fahrzeug anzubringen. Hiermit wird erreicht, dass zum einen die blauen Blitzleuchten nur nach vorne wirken und zum an-



**Bild 35:** Mit Blitzleuchten und Mehrklangsignalhorn ausgestattetes Winterdienstfahrzeug der AM Emmelshausen



deren sie auch dann noch von Verkehrsteilnehmern im Rückspiegel gesehen werden können, wenn das Winterdienstfahrzeug im Staufall bereits relativ dicht an das Fahrzeug herangefahren ist. Anders als in den anderen Bundesländern werden hier die Fahrzeuge mit einem Starktonhorn mit gleich bleibenden Grundfrequenzen, das auch in Intervallen ertönen darf, ausgerüstet. Damit erklingen sie nicht wie ein Einsatzhorn (Martinshorn) im Wechsel, haben aber einen sehr auffälligen und durchdringenden Klang. Die Meistereifahrzeuge mit den blauen Blitzleuchten werden in der AM Emmelshausen für die Routen auf den höher gelegenen Streckenabschnitten eingesetzt. Das blaue Blinklicht in Verbindung mit dem Starktonhorn wird ausschließlich im Falle von Stauungen während eines Winterdienstes mit starken Winterereignissen (geschlossene Schneedecke; Glatteis) verwendet.

#### 5.4.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Empfehlungen

Die Fragestellung des Einsatzes des blauen Blinklichts und Einsatzhorns im Straßenwinterdienst auf Autobahnen ist im Wesentlichen eine rechtliche. Die betriebswirtschaftlichen Aufwendungen zur Umsetzung dieser Maßnahme sind sehr gering, der volkswirtschaftliche Nutzen durch zügige Räumgassenbildung im Staufall und schnellere Auflösung eines Staus ist hingegen recht hoch.

Zusammenfassend lassen sich folgende Empfehlungen für einen Einsatz des blauen Blinklichts im Winterdienst unter besonderer Berücksichtigung der rechtlichen Randbedingungen formulieren.

Grundsätzlich kann der Einsatz des blauen Blinklichts mit dem Einsatzhorn auf Winterdienstfahrzeugen mit den in § 38 StVO genannten Voraussetzungen (Abwendung von Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung; Abwendung von schweren gesundheitlichen Schäden) in Einklang gebracht werden. Der Winterdienst hat gerade im Bereich von neuralgischen Streckenabschnitten (große Längsneigungen, hoch belastete Querschnitte ohne vollausgebauten Standstreifen, Streckenabschnitte mit extrem hohen Verkehrsdichten, „Glättefallen“) die Erhöhung der Verkehrssicherheit und Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses zur Aufgabe. Solange auch im Fall von Verkehrsstauungen der Winterdienst durchgeführt werden kann, trägt dies zur Vermeidung von Notsituationen durch langanhaltende Staus und damit

zur Gefahrenabwehr bei. Durch stark verzögertes Räumen und Streuen auf Grund von im Stau stehenden Winterdienstfahrzeugen haben ansonsten auch Einsatzkräfte der Polizei, Feuerwehr und Rettungsdienste Schwierigkeiten, ihren Einsatzort zügig zu erreichen. Somit kann für einen effektiven und schnellen Winterdienst gesorgt werden, wenn in den genannten kritischen Abschnitten stets ein Fahrzeug mit blauem Blinklicht und Einsatzhorn im Fall von sehr hoher Staugefahr bzw. bei bereits entstandenen Verkehrsstauungen und starken bzw. langanhaltenden Schneefällen hier selbstständig und schnell wirkend Räumgassen bilden kann, ohne auf ein anderes Fahrzeug mit entsprechender Sonderwarneinrichtung warten zu müssen. Damit kann der Streckenabschnitt mit Stau zwar nur eingeschränkt, die Bereiche vor der Stauspitze aber zeitnah wieder vollständig geräumt und gestreut werden und somit eine Verschlechterung des Fahrbahnzustandes sowie ein vollständiger Verkehrszusammenbruch eventuell vermieden werden. Es sollte daher vom Gesetzgeber geprüft werden, ob man innerhalb des § 38 StVO (Wegerecht) den Straßenwinterdienst auf Autobahnen unter definierten Randbedingungen mit in den in § 52 StVZO genannten Kreis der Berechtigten aufnimmt.

Auch die praktischen Erfahrungen in den untersuchten Autobahnmeistereien haben gezeigt, dass die Ausstattung eines Winterdienstfahrzeuges mit blauer Kennleuchte und Starktonhorn in Räumabschnitten mit neuralgischen Stellen den gewünschten, sofortigen Warneffekt bei den Verkehrsteilnehmern hat. Ergebnis der Expertengespräche und Einsatzbeobachtungen vor Ort ist, dass beim Einsatz des blauen Blinklichts in Verbindung mit dem Einsatzhorn im Falle eines Staus während eines Winterdienstes von den Verkehrsteilnehmern unmittelbar und sehr schnell eine Gasse gebildet wird, sodass das Winterdienstfahrzeug langsam, aber relativ ungehindert den betroffenen Streckenabschnitt betreuen kann. Dieses Verhalten zeigt ein Großteil der Verkehrsteilnehmer in der gleichen Situation beim Einsatz mit gelben Rundumleuchten nicht. Dies wurde beispielsweise bei Einsätzen im gleichen Stau festgestellt, bei denen ein Winterdienstfahrzeug mit blauen Kennleuchten und Einsatzhorn im größeren zeitlichen Abstand einem Winterdienstfahrzeug mit gelben Blinkleuchten folgte. Viele Verkehrsteilnehmer machten den Winterdienstfahrzeugen mit gelben Kennleuchten nur sehr langsam bzw. erst nach persönlicher Aufforderung durch den AM-Mitarbeiter Platz für eine

Räumgasse, was zu hohen Verlustzeiten in den Umläufen führt (vgl. Bild 36).

Bei Bildung einer Räumgasse mit Hilfe der Polizei wurde von den Einsatzkräften häufig beobachtet, dass für das Polizeifahrzeug mit eingesetztem Sondersignal im Staufall eine Gasse gebildet wird. Da das Winterdienstfahrzeug mit Pflug und Geräten aber nicht gleich schnell durch die gebildete Gasse fahren kann, wurde die Räumgasse nach dem vorausfahrenden Polizeifahrzeug wieder durch Verkehrsteilnehmer zugestellt, sodass ein Durchkommen für das Winterdienstfahrzeug trotz polizeilicher Hilfe nur schwer möglich war.

In Ausnahmefällen kann das Blaulicht in Winterdienstesätzen auch bei besonderen Fahrmanövern wie Räumen entgegen der Fahrtrichtung zum Einsatz kommen.

Voraussetzung für eine dauerhafte Wirkung ohne negative Rückkopplungseffekte für Polizei, Rettungsdienste oder Feuerwehr ist allerdings der äußerst restriktive Einsatz des blauen Blinklichts im Winterdienst. Wie die Protokolle der Blaulichteinsätze und die Auskünfte der Meistereien belegen, bewegt sich die Anzahl der Einsätze pro Autobahnmeisterei jährlich zwischen 0 und 20, die Zahl ist je nach Strenge des Winters stark schwankend. Damit zeigt sich, dass diese Einsätze seltene Ereignisse bei aber gleichzeitig großer Wirkung sind und somit eine Absenkung der allgemeinen Akzeptanz des blauen Blinklichts nicht zu erwarten ist.

Es sollte durch technische Einrichtungen ausgeschlossen sein, dass am Winterdienstfahrzeug das blaue und gelbe Blinklicht gleichzeitig benutzt werden können, falls das blaue Rundumlicht von allen Seiten des Fahrzeugs sichtbar ist. Es ist daher für den Winterdienstesatz empfehlenswert, dass die blauen Kennleuchten so am Winterdienstfahrzeug

installiert werden, dass sie nur nach vorne wirken (siehe Beispiel Rheinland-Pfalz, Bild 35), um den Verkehrsteilnehmer frühzeitig auf die Gassenbildung hinzuweisen. Wirkungsrichtungen des blauen Blinklichts zur Seite bzw. nach hinten sind für die spezielle Aufgabe der Gassenbildung im Winterdienst nicht notwendig. Hierfür sind wie im Normalfall die gelben Kennleuchten zu nutzen. Es ist weiterhin darauf zu achten, dass die blauen Kennleuchten in der Höhe so angebracht werden, dass sie von den vorausfahrenden Verkehrsteilnehmern im Rückspiegel auch in unmittelbarer Nähe des Winterdienstfahrzeugs gesehen werden können. Denn nur so ist es für den Verkehrsteilnehmer möglich, das hörbare akustische Sondersignal dem Winterdienstfahrzeug zuzuordnen. Eine erhöhte Wirkung bzw. bessere Akzeptanz des blauen Blinklichts an orangefarbenen Winterdienstfahrzeugen könnte durch ein gleichartiges nach vorne wirkendes Signalbild wie beispielsweise eines Feuerwehrfahrzeugs (blaues Blinklicht mit signalroter Front) erzielt werden.

Neben dem Blaulicht ist die akustische Wirkung des Sondersignals im Hinblick auf eine schnelle Reaktion des Verkehrsteilnehmers wichtig. Hierbei haben sowohl die Warneinrichtung mit einer Folge von Klängen verschiedener Grundfrequenzen (Einsatzhorn) wie auch das Starktonhorn mit gleich bleibenden Grundfrequenzen (Beispiel Rheinland-Pfalz) gleich gute Wirkungen, wenn der Klang auffällig und durchdringend ist.

Von großer Bedeutung sind die Schulung und Einweisung der Fahrer in die korrekte und restriktive Benutzung des blauen Blinklichts mit Einsatzhorn. Dazu sind insbesondere die Einsatzbedingungen, bei welchen Situationen wie z. B. schneebedeckte Fahrbahn bzw. vorhandene Straßenglätte und Verkehrsstau diese Sonderwarneinrichtungen benutzt



**Bild 36:** Erschwerter Räumeeinsatz im Staufall

werden dürfen, klar und eindeutig zu definieren. Der widerrechtliche Einsatz darf, soweit nachweisbar, nicht folgenlos bleiben und hat gegebenenfalls zum Entzug der Ausnahmegenehmigung zu führen.

## 5.5 Zusätzliches Winterdienstfahrzeug

### 5.5.1 Einführung

ROOS/SCHLUND/BÖHM (1997) untersuchten in einem Forschungsvorhaben den optimalen Fahrzeugeinsatz auf Bundesautobahnen. Das Ergebnis dieser Untersuchung war eine Ausstattungsempfehlung für Autobahnmeistereien (Streckennetz von 70 km Länge) mit 7 Fahrzeugen im Ballungsgebiet und 6 Fahrzeugen im ländlichen Raum. Unter bestimmten Randbedingungen wie größerer Netzlänge, großem Anteil mehrstreifiger Straßen o. Ä., die einen Mehraufwand hervorrufen, kann auch ein Mehrbedarf an Fahrzeugen entstehen. Unter Berücksichtigung der ganzjährigen Auslastung und der Wirtschaftlichkeit ist zu prüfen, ob der Mehrbedarf an Fahrzeugen z. B. durch Anmietung abgedeckt werden kann.

Die Pilotmaßnahme „Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs“ hatte zum Ziel, eine verstärkte Schwerpunktbildung im Winterdienst durchführen zu können, um damit z. B. im Bereich von neuralgischen Streckenabschnitten die Umlaufzeiten erheblich zu reduzieren und frühzeitiger einen glättebekämpften Fahrbahnzustand zu erreichen. Es ist anzunehmen, dass daraus ein erheblicher volkswirtschaftlicher Nutzen folgt, da beispielsweise Zeitverluste durch winterbedingte Stauungen reduziert und angemessene Reisegeschwindigkeiten erreicht werden können.

Diese Pilotmaßnahme wurde in der AM Kirchheim als Beispielmeisterei wissenschaftlich begleitet. Ab dem Winter 2002/03 wurde ein weiteres Winterdienstfahrzeug eines Fremdunternehmers angemietet. Damit erhöhte sich der einsetzbare Fahrzeugbestand neben den zwei Mehrzweckgeräteträgern von derzeit 8 auf 9 Lkw. Das Streckennetz der AM Kirchheim zeichnet sich zum einen durch sehr hohe Längsneigungen bis 7 % mit starken Längsneigungswechseln im Bereich der A 7 und zum anderen durch eine dezentrale Lage des AM-Gehöfts aus, sodass zwischen dem Meistereigehöft und der Meistereigrenze auf der A 4 eine einfache Streckenlänge von über 51 km zurückzulegen ist (vgl. Kapitel 3.6). Diese Randbedingungen haben in vergangenen Wintern zu starken winterbedingten Verkehrsstörungen geführt.

Im Hinblick auf die Optimierung des Winterdienstes durch den Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs wurden nach Einpassung des neunten Fahrzeugs in die Räum- und Streupläne der AM Kirchheim die Umlaufzeiten analysiert. Weiterhin wurden allgemeine Kriterien für den Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs erarbeitet.

### 5.5.2 Analyse der Räum- und Streupläne

Grundlage der Untersuchung sind die Räum- und Streupläne der AM Kirchheim beim Winterdienst-einsatz unter Volllast, d. h. einem Einsatz aller 8 Lkw. Das Streckennetz wird von der AM Kirchheim in vier Räumabschnitte mit je zwei Winterdienstfahrzeugen eingeteilt:

- 1) Hattenbacher Dreieck, Kirchheimer Dreieck, A 4 Kirchheimer Dreieck bis AS Bad Hersfeld,
- (2) A 7 Kirchheimer Dreieck bis AS Homberg (Efze),
- (3) A 4 AS Bad Hersfeld bis AS Wildeck-Obersuhl,
- (4) A 4 AS Wildeck-Obersuhl bis Landesgrenze Thüringen.

Der Räum- und Streuplan mit den Umlaufzeiten aller Lkw ist auf Grundlage der Angaben der AM Kirchheim aufbereitet worden. Alle Angaben sind in Tabelle 21 zusammengestellt.

Die Umlaufzeiten betragen bis zum Ende des zweiten Umlaufs minimal für den Räumabschnitt der Autobahndreiecke 163 bis 182 Minuten und maximal im Bereich der A 4 225 Minuten. Die ersten Umläufe enden auf den Räumabschnitten der A 4 nach 131 bzw. 142 Minuten. Damit werden im Bereich der A 4 die im Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst auf Bundesfernstraßen geforderten Umlaufzeiten von 120 Minuten nach Einsatzbeginn für das Räumen und Streuen der Fahrstreifen der Richtungsfahrbahnen bzw. 150 Minuten nach Einsatzbeginn für das Räumen und Streuen der Rampen bei Anschlussstellen sowie der Zu- und Abfahrten von Rastanlagen nicht eingehalten. Als besonders problematisch fallen hier die großen Verlustzeiten bis zu 38 Minuten durch Lastfahrten zwischen dem Meistereigehöft und den entfernteren Räumabschnitten auf der A 4 auf, wodurch die eigentlichen Räum- und Streueinsätze erst sehr spät nach Einsatzbeginn starten. Weiterhin sind die Streckenabschnitte der A 7 mit großen Längsneigungen im Winterdienst als sehr kritisch einzustufen.

Aus diesem Grund wurde das zusätzliche neunte Winterdienstfahrzeug für einen beschleunigten Winterdienst als Szenario 1 auf der A 4 (weit entfernte Einsatzbereiche) sowie als Szenario 2 auf der A 7 (hohe Längsneigungen im Bereich der Kasseler Berge) in modifizierte Räum- und Streupläne integriert.

Im Fallbeispiel 1 wird das neunte Winterdienstfahrzeug auf der A 4 im äußeren Zuständigkeitsbereich der AM zwischen AS Wildeck-Hönebach und AS Wommen eingesetzt. Damit reduzieren sich bei allen vier dort eingesetzten Fahrzeugen die Umlaufzeiten, außerdem hat das zusätzliche Fahrzeug in seiner Räum Schleife einen direkten Anschluss zum Stützpunkt Hönebach. Die Umlaufzeiten für das Räumen und Streuen der Fahrstreifen der Richtungsfahrbahnen nach Einsatzbeginn reduzieren sich bei den Räum Schleifen zwischen 8 und 22 Minuten. Besonders bei den Räumabschnitten, die bis zur Landesgrenze von Thüringen eingerichtet

sind, verringert sich die erste Umlaufzeit von maximal 142 Minuten auf 120 bzw. 130 Minuten. Gleichzeitig erhöht sich für den ersten Umlauf aber die Gesamtlastfahrzeit von 118 auf 158 Minuten bzw. pro Lkw von 29,5 Minuten auf 31,6 Minuten. Durch den Einsatz des neunten Winterdienstfahrzeugs mit Ende des zweiten Umlaufs nach 124 Minuten reduzieren sich die Gesamtumlaufzeiten der vier betroffenen Räum Schleifen um 63 Minuten. Das Verhältnis aus Einsparung und zusätzlichem Aufwand beträgt in diesem Szenario rund 43 %.

Die A 4 hat zwischen Kirchheimer Dreieck und Landesgrenze Thüringen nur geringe Längsneigungen, ist aber auf Grund der langen Fahrzeiten zu den Einsatzpunkten im Winterdienst als kritisch einzustufen. Verstärkt wird dieser Nachteil durch den geringen Ausbauzustand (kein Standstreifen auf einer Länge von 36 km) der A 4. Daher ist hier zur deutlichen Reduktion der Verlustzeiten durch Leer- und Lastfahrten und damit der Umlaufzeiten statt des Einsatzes

Räum und Streuplan der AM Kirchheim für 8 Fahrzeuge					
Fahrzeug	Strecke	Räumzeit [min]	Leer-/Ladezeit [min]	Ende 1. Umlauf [min]	Ende 2. Umlauf [min]
1	A 4	111	102	142	213
2	A 4	107	94	142	201
3	A 4	124	101	131	225
4	A 4	124	101	131	225
5	A 4/A 7	109	73	114	182
6	A 4/A 7	88	75	103	163
7	A 7	102	87	109	189
8	A 7	102	87	109	189
Räum und Streuplan für 8 + 1 Fahrzeuge (Einsatz A 4)					
Fahrzeug	Strecke	Räumzeit [min]	Leer-/Ladezeit [min]	Ende 1. Umlauf [min]	Ende 2. Umlauf [min]
1	A 4	81	111	130	192
2	A 4	81	94	120	175
3	A 4	111	106	123	217
4	A 4	111	106	123	217
5	A 4/A 7	109	73	114	182
6	A 4/A 7	88	75	103	163
7	A 7	102	87	109	189
8	A 7	102	87	109	189
9	A 4	82	64	117	146
Räum und Streuplan für 8 + 1 Fahrzeuge (Einsatz A 7)					
Fahrzeug	Strecke	Räumzeit [min]	Leer-/Ladezeit [min]	Ende 1. Umlauf [min]	Ende 2. Umlauf [min]
1	A 4	111	102	142	213
2	A 4	107	94	142	201
3	A 4	124	101	131	225
4	A 4	124	101	131	225
5	A 4/A 7	109	73	114	182
6	A 4/A 7	88	75	103	163
7	A 7	81	55	99	136
8	A 7	81	55	99	136
9	A 7	80	44	80	124

Tab. 21: Variierte Räum- und Streupläne der AM Kirchheim bei Einsatz eines zusätzlichen neunten Winterdienstfahrzeugs

eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs der Ausbau eines Stützpunktes empfehlenswert. Durch eine Stationierung von zwei bis vier Winterdienstfahrzeugen am Stützpunkt Hönebach könnten auf Grund des neuen zentralen Ausgangspunktes für die A 4 die Lastfahrten auf ein Minimum verringert werden. Dieser Stützpunkt ist mit ausreichend dimensionierten Lagerkapazitäten an Trockensalz und Salzlösung, Garagen für die Winterdienstfahrzeuge sowie mit Sozialräumen für die Mitarbeiter auszurüsten. Weiterhin ist zu prüfen, ob Mitarbeiter, die in der Nähe des vollauszubauenden Stützpunktes wohnen, selbstständig direkt zum Stützpunkt fahren oder ob sie durch einen Dienst-Pkw vom Meistereigehöft aus zum Stützpunkt gebracht werden.

Aus diesem Grund wird das Szenario 2 mit Einsatz des zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs auf der A 7 untersucht. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass es hier auf Grund der hohen Längsneigungen mit starken Längsneigungswechseln bei Winterereignissen mit Schneefällen verstärkt zu winterbedingten Staus kommt. Einsatzziel des neunten Lkw ist eine Reduktion der Räum- und Streuzeiten durch Schwerpunktbildung im Bereich von neuralgischen Streckenabschnitten. Die maßgeblichen Umlaufzeiten in Tabelle 21 zeigen, dass die Räum- und Streuzeiten der Fahrstreifen der Richtungsfahrbahnen (erster Umlauf) nur noch zwischen 80 und 99 Minuten liegen. Im Bereich der Schwerpunktbildung können damit dann beispielsweise weitere Umlaufzeiten zur Betreuung des rechten Fahrstreifens von unter 45 Minuten erreicht werden. Die Umlaufzeiten der zwei Einsatzfahrzeuge auf der A 7 verringern sich insgesamt um 106 Minuten bei einer Einsatzzeit des zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs von 124 Minuten. Das Verhältnis der Änderungen der Umlaufzeiten hat hier einen Wert von gut 85 %.

### 5.5.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Empfehlungen

Der Einsatz zusätzlicher Winterdienstfahrzeuge dient einem zielgerichteten Winterdienst. Durch eine verstärkte Schwerpunktbildung im Winterdiensteinsatz können die Umlaufzeiten bei neuralgischen Streckenabschnitten, wie Bereichen mit sehr hohen Längsneigungen oder hoch belastete Autobahnkreuzen und -dreiecken, erheblich reduziert und somit die Abschnitte bedeutend schneller betreut werden. Innerhalb solcher kritischer Streckenabschnitte erscheint es empfehlenswert, durch Schwerpunktbildung Umlaufzeiten zu erreichen, die deutlich unterhalb der im Leistungsheft

für den Straßenbetriebsdienst auf Bundesfernstraßen genannten Werte liegen. Allerdings ist mit dieser Maßnahme nicht eine vergleichbare Qualität des Fahrbahnzustandes wie beim Einsatz der Hochleistungs-Kehrblas-Geräte erreichbar.

Der Bedarf an zusätzlichen Winterdienstfahrzeugen kann stundenweise durch angemietete Lkw von Fremdunternehmen abgedeckt werden. Beim Einsatz von Fremdunternehmerfahrzeugen werden die Fahrzeuge durch die Straßenbauverwaltung mit Streugerät und Pflug sowie dem notwendigen technischen Equipment ausgestattet.

Unter der Annahme von durchschnittlich 35 Winterdiensttagen pro Winter mit jeweils 4 Einsatzstunden ergeben sich variable Kosten aus dem Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs mit Fahrer von rund 15.500 EUR pro Winter und Fahrzeug (vgl. Tabelle 22).

Nimmt man als Berechnungsbeispiel eine Standardmeisterei mit 70 km Streckennetz und einer durchschnittlichen Verkehrsstärke von 2.500 Kfz/h, können durch gezielte Schwerpunktbildung innerhalb des zu betreuenden Netzes während des Winterdiensteinsatzes deutliche Verkürzungen der Umlaufzeiten erreicht werden. Beispielhaft für einen um 10 bzw. 15 Minuten beschleunigten Winterdienst beträgt der sich daraus ergebenden volkswirtschaftliche Nutzen nach dem aktualisierten Verfahren von DURTH et al. (1996) zwischen 156.000 und 235.000 EUR (vgl. Tabelle 23). Die für die Aktualisierung des Verfahrens genutzten Werte stammen aus VITT (2003).

	Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs
Winterdiensttage [d]	35
durchschnittl. Einsatzstunden [h]	4
Kostensätze	
- Lkw [EUR/h]	27
- Streuer und Pflug [EUR/h]	54
- Fahrer [EUR/h]	30
variable Kosten pro Stunde [EUR/h]	111
variable Kosten pro Winter [EUR]	15.540

Tab. 22: Variable Kosten für ein zusätzliches Winterdienstfahrzeug

	Beschleunigung Winterdienst [min]	Nutzen pro Umlauf [EUR]	Durchschnittl. Winterdiensttage [d]	Nutzen pro Winter [EUR]
Schwerpunkt 1	10	2.240	35	156.800
Schwerpunkt 2	15	3.360	35	235.200

Tab. 23: Volkswirtschaftlicher Nutzen durch reduzierte Umlaufzeiten beim Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs



Für dieses Beispiel stellt sich bereits ein sehr positives Nutzen-Kosten-Verhältnis ein, wenn man diesen volkswirtschaftlichen Nutzen (vgl. Tabelle 23), der sich aus dem beschleunigten Winterdienst durch Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs ergibt, den variablen Kosten gegenüberstellt.

Im Folgenden sind Kriterien für den Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeugs formuliert.

Im Rahmen der Einsatzplanung können zusätzliche Winterdienstfahrzeuge grundsätzlich mit verschiedenen Zielrichtungen eingesetzt werden:

- Das zusätzliche Fahrzeug kann als Springer/„Feuerwehr“ eingeplant werden. Dazu wird der Winterdienstbeauftragte situationsbedingt entscheiden, wann und wo er dieses Einsatzfahrzeug flexibel einsetzen wird. Solche Situationen entstehen beispielsweise durch winterbedingte Verkehrsstörungen, wodurch andere Streckenabschnitte nicht bzw. erst stark verzögert betreut werden könnten, oder durch Ausfall eines anderen Winterdienstfahrzeugs.
- Das zusätzliche Winterdienstfahrzeug wird unterstützend an neuralgischen Streckenabschnitten eingesetzt, die regelmäßig unter bestimmten Randbedingungen (Schneeschaue, hohe Verkehrsbelastung, ...) zu Problemen im Einsatzablauf führen. Zu diesen neuralgischen Streckenabschnitten zählen Steigungsstrecken, Autobahndreiecke und -kreuze, weit von der Autobahnmeisterei entfernte Streckenabschnitte etc.
- Das zusätzliche Fahrzeug wird standardmäßig in den normalen Räum- und Streuplan zur Abdeckung der Spitzen eingebunden. Dazu kann das Zusatzfahrzeug mit klar definierten Einsatzbereichen (z. B. Räumen der Anschlussstellen und Parkplätze) belegt werden, um flexible Abstimmungsvorgänge während der Einsätze mit den selten eingesetzten Fahrern zu minimieren.

Vornehmlich unter Berücksichtigung der notwendigen Auslastungsgrade der Meistereifahrzeuge sollte gemäß den Empfehlungen von ROOS/SCHLUND/BÖHM (1997) der Einsatz von angemieteten Winterdienstfahrzeugen geprüft werden. Hierbei kann auch eine Stationierung eines angemieteten Winterdienstfahrzeugs an einem Stützpunkt (beispielsweise durch Nähe des Firmenstandortes) zur Einsparung von Lastfahrten zum Einsatzgebiet besondere Vorteile mit sich bringen.

Die Erfahrungen der Autobahnmeistereien haben gezeigt, dass bei der Einsatzplanung der Winterdienstesätze mit Fremdunternehmen (siehe Bild 37) verschiedene Kriterien beachtet werden sollten.

Grundsätzlich muss ein Ansprechpartner des Fremdunternehmers während der Winterzeit zu jeder Zeit für einen Winterdienstesatz telefonisch erreichbar sein. Es muss gewährleistet sein, dass das angemietete Fahrzeug innerhalb einer zu definierenden Zeit (Bsp. 1 Stunde) nach Anforderung einsatzbereit ist. Durch Einbindung des Fremdunternehmers in eine Rufbereitschaft kann ggf. die Bereitstellungszeit reduziert werden. Die Fahrer des Fremdunternehmers sind wie das AM-Personal im Umgang mit den Winterdienstgeräten und den Anforderungen im Winterdienst vorab intensiv vertraut zu machen. Die Ortskenntnis der eingesetzten Fahrer muss so weit geschult sein, dass für die definierten Räumabschnitte die streckenspezifischen Besonderheiten sowie Umfahrungsmöglichkeiten im Sekundärnetz bekannt sind.

Auf Grund der Erfahrungen in Winterdienstesätzen können Winterdienstfahrzeuge der Fremdunternehmen in manchen Fällen nicht so flexibel eingesetzt werden wie die Meistereifahrzeuge. Die Erfahrungen aus der Praxis haben gezeigt, dass dann die Fahrzeuge der Fremdunternehmer auf genau definierten Räumschleifen einzusetzen sind, die nicht zu den neuralgischen Streckenabschnitten zählen, bei denen es beispielsweise durch winterbedingte Staus zu extremen Einsatzbedingungen kommen kann. Beim Einsatz von Fremdunternehmern muss sichergestellt sein, dass Fahrer 24 Std. zur Verfügung stehen, d. h., auch dort müssen unter Einhaltung der maximalen Lenkzeiten mehrere Fahrer im Schichtdienst eingesetzt werden. Weiterhin muss beim Unternehmen eine Rufbereitschaft eingerichtet werden.



**Bild 37:** Als Winterdienstfahrzeug ausgestatteter Lkw eines Fremdunternehmers

Als Nebeneffekt besteht durch die Möglichkeit des Zugreifens auf ein zusätzliches Fahrzeug die Sicherheit, dass bei Ausfall eines eigenen Winterdienstfahrzeugs im Volllasteinsatz in der Regel innerhalb von kurzer Zeit das zusätzliche Fahrzeug als Ersatzfahrzeug eingesetzt werden kann.

## 5.6 Reduktion der Beladungszeiten

Die Beladung der Winterdienstfahrzeuge mit Trockensalz bzw. die Betankung mit Salzlösung stellen während eines Winterdiensteinsatzes Verlustzeiten dar. Daher ist es notwendig, die Beladungszeiten auf ein Minimum zu beschränken. Ziel dieser Untersuchung ist der Vergleich der verschiedenen Beladungssysteme unter Berücksichtigung der systembedingten Beladungszeiten in der Winterdienstpraxis, um hiermit Empfehlungen für einen optimierten Einsatz zu erarbeiten.

### 5.6.1 Beladungssysteme

Die Beladung mit Trockensalz kann mit folgenden unterschiedlichen Systemen erfolgen:

- Streustoffförderband,
- Radlader,
- Streugutsilo,
- Brückenkran (selten).

Die in den untersuchten Autobahnmeistereien eingesetzten Beladungssysteme können den Anlagen 3 bis 10 entnommen werden.

### Streustoffförderband

Bei einem Streustoffförderband (vgl. Bild 38) handelt es sich um ein selbstfahrendes Endlosförderband mit Aufnahmeschnecke oder einem Becherwerk. Das Streustoffförderband kann sowohl zur Fahrzeugbeladung als auch zum Einlagern in den Lagerhallen genutzt werden. Außerhalb des Winterdienstes kann es nicht für weitere Aufgaben verwendet werden.

Die Beladung mit diesem System muss durch zwei Personen erfolgen. Während eine Person das Förderband bedient, um mit der Aufnahmeeinheit das Trockensalz aus der Streustoffhalde aufzunehmen, muss eine zweite Person das zu beladene Winterdienstfahrzeug während der Beladung rangieren. Der Mitarbeiter an einem Streustoffförderband ohne Fernbedienung befindet sich im Gefahrenbereich, insbesondere wenn bei höherer Luftfeuchtigkeit die Rieselfähigkeit reduziert ist und sich Salzwände ausbilden.

Das Streustoffförderband kann bei Ausfällen meist auf Grund der einfachen Technik schnell durch eigenes Personal repariert werden.

Bei den untersuchten Autobahnmeistereien wird das Streustoffförderband in der Regel nur noch an Stützpunkten eingesetzt.

### Radlader

Die Beladung mit einem Radlader und einer Standardschaufel (vgl. Bild 39) kann vom Fahrer selbst



**Bild 38:** Streustoffförderband und Beladung mit Streustoffförderband in der AM Kirchheim

vorgenommen werden, es ist keine zweite Person notwendig. Die Beladungszeit per Radlader ist stark von der Geübtheit des Fahrers abhängig. Beim Einsatz des Radladers ist eine spezielle Radlader-Fahrschulung empfehlenswert, um die Gefahr von Beschädigungen durch den Radladerführer während der Winterdiensteseinsätze zu minimieren. Beim Radlader handelt es sich um ein universelles Lade- und Arbeitsgerät. Daher kann der Radlader auch während des Sommerdienstes durch Bestückung mit verschiedenen Schaufeln zu anderen Arbeiten wie Erdarbeiten im Straßenseitenraum, Verschieben und Verladen von Baustoffen etc. eingesetzt werden.

Die Ladekapazität der Radladerschaufel sollte so ausgelegt sein, dass mit wenigen, in der Regel zwei



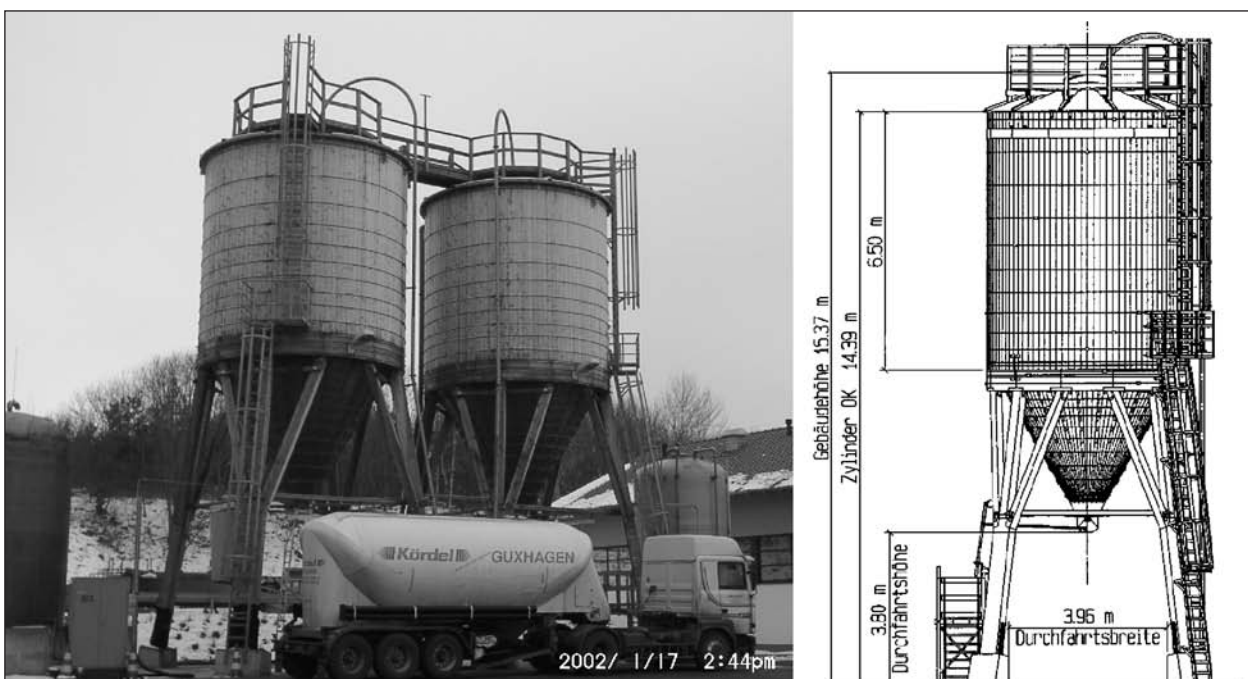
**Bild 39:** Beladung eines Winterdienstfahrzeugs per Radlader mit Hochkippschaufel (AM Alsfeld)

bis drei Schaufeln der Streustoffbunker des Lkw beladen ist. Weiterhin sollte der Radlader mit einer Hochkippschaufel, eventuell auch mit Teleskoparm, ausgerüstet sein, um auch Lkw mit Zwischenachs-Kehrblas-Aggregaten oder dreiachsige Lkw auf Grund ihrer höheren Ladekante ohne Probleme und schnell beladen zu können.

Alle untersuchten Autobahnmeistereien setzen Radlader auf ihrem Gehöft ein, zum Teil werden weitere Radlader auch in den Stützpunkten eingesetzt. Es besteht für Autobahnmeistereien die Möglichkeit, eigene Radlader zu beschaffen oder Radlader beispielsweise von Bauunternehmen während des Winters zu mieten. Problematisch ist allerdings die Korrosionsgefahr durch den direkten Kontakt mit dem Salz, was bei den Fremdunternehmen die Bereitschaft der Vermietung ihres Arbeitsgerätes mindert. Um die Korrosionsgefahr am Arbeitsgerät zu minimieren, sollte für den Radlader eine von der Salzhalle separate Unterstellmöglichkeit eingerichtet werden.

### Silotechnik

Bei der Silotechnik gibt es verschiedene Ausführungen von Schüttgutsilos, die in der Regel mit einem Unterfahrgestell ausgestattet sind (vgl. Bild 40). Streustoffsilos werden mit Fassungsvermögen zwischen 50 und 250 m<sup>3</sup> hergestellt. Es handelt sich dabei in der Regel um Holzsilos, sie können aber auch aus anderen Materialien wie Glasfaser-



**Bild 40:** Doppelsalzsilo der AM Kirchheim bei Befüllung und Skizze eines 150-m<sup>3</sup>-Silos [Quelle: HOLTEN]



Polyester bestehen. Die Silotechnik hat den Vorteil, dass der Streustoff platz sparend in die Höhe gelagert wird. Somit dient das Salzsilo gleichzeitig als Lagerstätte und Beladungseinrichtung. Zum pneumatischen Befüllen müssen spezielle Silofahrzeuge eingesetzt werden. Dabei ist zu beachten, dass zum Befüllen mit 25 t Salz etwa 45 bis 60 Minuten für Silos der in Bild 40 dargestellten Art benötigt werden, bei größeren Silos bis 250 m<sup>3</sup> (Höhe ca. 25 m, vgl. Bild 41) mit Beladungszeiten über einer Stunde zu rechnen ist. Während der Wintermonate kann dies bei Nachbestellungen eventuell zu Engpässen führen.

Zum Beladen fährt der Fahrer unter das Silo und steuert den Beladungsvorgang mittels eines Doppelsegmentschiebers mit Schiebergestänge (vgl. Bild 41). Der Beladungsvorgang kann im Einmannbetrieb durchgeführt werden, beim Einsatz von zwei Arbeitern wird der Beladungsvorgang entsprechend beschleunigt. Durch technische Einrichtungen kann der Streustoff nahezu verlustfrei verladen werden. Es ist empfehlenswert, die einzelnen Streustoffsilos nacheinander zu entleeren, damit auch beim zeitaufwändigen Befüllen weitere Streustoffsilos in noch ausreichenden Kapazitäten zur Verfügung stehen.

Während der Sommermonate muss das Streustoffsilo mindestens dreiviertel befüllt bleiben, um Verbackungen des Salzes insbesondere im unteren Trichter zu vermeiden. Die Rieselfähigkeit ist während dieser Zeit regelmäßig durch Probeentnahmen zu überprüfen, bei der Befüllung ist der Feuchtigkeitsgehalt des Salzes nach TL-STREU (2003) einzuhalten, um Verbackungen zu vermeiden. Nach TL-STREU (2003) darf die anhaftende Feuchte 0,6 M.-% nicht überschreiten.

## Brückenkran

Als Streustoffbeladungssystem kommt auch der Brückenkran mit Laufkatze, Seilwinde und Greifer zum Einsatz (vgl. Bild 42). Der Brückenkran wird im Einmannbetrieb per Fernsteuerung bedient. Nachdem das Winterdienstfahrzeug in die Lagerhalle gefahren ist, kann der Fahrer von einem Hochstand aus, der für den Überblick über den Beladungsvorgang notwendig ist, den Lkw beladen. Im Gegensatz zum Streustoffförderband befindet sich hier der Arbeiter außerhalb des Gefahrenbereichs.

Der Greifer hat im Allgemeinen ein Fassungsvermögen von ca. 0,8 bis 1,0 m<sup>3</sup>. Damit sind zum Beladen eines 5-m<sup>3</sup>-Streustoffbunkers mindestens 5 bis 6 Greifvorgänge notwendig. Der Ladevorgang pro Greifvorgang nimmt ca. 2 Minuten in Anspruch, woraus eine Gesamtbeladungszeit von 10 bis 12 Minuten resultiert. Der Greifer entnimmt das Salz von oben an unterschiedlichen Stellen, was zu



**Bild 42:** Hallenkran mit Bedienpodest des Stützpunktes Americh (AM Montabaur)



**Bild 41:** Beladung mit 250-t-Streustoffsilos am Stützpunkt Merklingen der AM Ulm-Dornstadt

einem relativ gleichmäßigen Abbau der Salzhalde führt und keine größeren Wände entstehen lässt. Ein vollständiger Abbau der Salzhalde ist auf effiziente Weise mit dem Brückenkran nicht möglich, hierzu muss zum Zusammenschieben der Salzreste ein Radlader o. Ä. eingesetzt werden.

Bei Einsatz eines Brückenkranes müssen Statik und Höhe der Salzhalle ausreichend dimensioniert werden.

### Salzlösungstankanlage

Die Salzlösungstankanlagen sind Anlagen zur Lagerung, Aufbereitung und Betankung von Salzlösungen für die Feuchtsalztechnik. Die Betankungsgeschwindigkeit ist im Wesentlichen abhängig von der Pumpenleistung und dem Schlauchdurchmesser. Die Pumpenleistung der Salzlösungstankanlagen beträgt bei den untersuchten Autobahnmeistereien 300 bis 400 l/min, die Vorratsbehälter haben hier Fassungsvermögen zwischen 30.000 l und 90.000 l (vgl. Anlagen 3 bis 10). Hochgerechnet auf einen durchschnittlichen 2.000-l-Flüssigkeitstank des Streustoffautomaten ergeben sich damit reine Tankzeiten zwischen 5 und 7 Minuten.

In der Regel sind auf den Gehöften der Autobahnmeistereien die Tankanlageneinrichtungen so installiert, dass ein gleichzeitiges Betanken mit Salzlösung und Beladen mit Trockensalz möglich sind. An den Stützpunkten kann häufig nur Trockensalz geladen werden.

### 5.6.2 Beladungszeiten

Zur Erfassung der Beladungszeiten wurden zum einen stichprobenartig Vor-Ort-Messungen durchgeführt, zum anderen wurden Beladungszeiten während der Winter 2001/02 und 2002/03 durch die Autobahnmeistereien in erweiterten Winterdienst-Einsatzberichten erfasst. Hierbei wurden Anfangs- und Endzeitpunkt der Beladung, das Beladungssystem und die Fragestellung, ob mehrere Lkw gleichzeitig auf Beladung warteten, durch das AM-Personal protokolliert. Durch das Erfassen der Beladungszeitpunkte konnte weiterhin festgestellt werden, ob gleichzeitig oder nacheinander Trockensalz und Salzlösung geladen wurden. Die protokollierten Beladungszeiten dienen nur als Tendenz, demonstrieren aber Größenordnungen der Beladungszeiten inklusive anderer Verlustzeiten wie Rangieren, Wartezeiten etc. Fünf der acht untersuchten Autobahnmeistereien haben die systemabhängigen Beladungszeiten während der

Winterdienst-Einsätze erfasst. Insgesamt wurden 1.114 Beladungsvorgänge ausgewertet.

In Tabelle 24 sind die Ergebnisse der protokollierten Beladungszeiten unter Berücksichtigung des Beladungssystems als Mittelwerte angegeben. Die Größenordnungen dieser Werte zeigen im Vergleich zu den vor Ort durch Messpersonal ermittelten reinen Beladungszeiten in Tabelle 25, dass hier auch Verlustzeiten durch Wartezeiten, Rangieren, Messungenauigkeiten etc. eingegangen sind. Die zeitlichen Differenzen zwischen den Autobahnmeistereien ergeben sich im Wesentlichen aus spezifischen örtlichen Randbedingungen wie Standort und Anfahrbarkeit der Beladungssysteme oder Verfügbarkeit bei gleichzeitiger Anwesenheit mehrerer Lkw.

Insgesamt kann aber festgestellt werden, dass die Beladungssysteme Radlader und Silotechnik im Mittel etwa gleich schnell sind, aber deutlich kürzere Beladungszeiten als das Streustoffförderband haben. Weiterhin sind bei Berechnungsansätzen der Beladungszeiten entsprechende Zuschläge für Verlustzeiten anzulegen, da die reinen Beladungszeiten in der Praxis nicht eingehalten werden können.

Aus den Aufzeichnungen der Beladungszeitpunkte konnte weiterhin ermittelt werden, ob Trockensalz und Salzlösung gleichzeitig bzw. nacheinander geladen wurden oder ob ausschließlich Trockensalz oder Salzlösung während eines Beladungsvorganges geladen wurden. In Tabelle 26 sind die jeweili-

	Trockensalz			Salzlösung
	Streustoffförderband [min]	Radlader [min]	Silotechnik [min]	Tankanlage [min]
AM Alsfeld	14	9	13	13
AM Emmelshausen	19	12	-	15
AM Kirchheim	17	12	12	16
AM Rüsselsheim	25	19	-	19
AM Ulm-Dornstadt	19	15	-	18
Mittel	19	13	13	16

Tab. 24: Mittlere protokollierte Beladungszeiten unterschiedlicher Beladungssysteme inkl. Verlustzeiten

	$t_{\text{Mittel}}$ [min]
Streustoffförderband	14
Radlader	5
Silotechnik	4

Tab. 25: Mittlere gemessene reine Beladungszeiten unterschiedlicher Beladungssysteme



gen Anteile der einzelnen Beladungsvorgänge dargestellt. Auffällig sind die teilweise hohen Anteile, bei denen nur Trockensalz geladen bzw. Salzlösung getankt wurde. Dies ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass an den Stützpunkten in der Regel nur Trockensalz geladen werden kann. Dieser Anteil ist bei Meistereibezirken mit dezentralem Meistereigehöft besonders stark, da Winterdienstfahrzeuge der außen liegenden Räumerschleifen das AM-Gehöft mit Salzlösungstankanlage während der Winterdienstesätze nicht mehr anfahren und nur noch an den Stützpunkten nachladen.

Die Gesamtbeladungszeit kann sich durch Wartezeiten verlängern, wenn zwei oder mehr Lkw am Gehöft bzw. Stützpunkt gleichzeitig laden müssen, aber die gleichzeitig verfügbaren Ladekapazitäten nicht ausreichen. In Tabelle 27 ist die Häufigkeit dieses gleichzeitigen Zusammentreffens aufgeführt, wobei 100 % jeweils alle protokollierten Beladungsvorgänge pro Meisterei ergeben. Diese Vorfalshäufigkeit und die sich daraus ergebenden Wartezeiten sind insbesondere an Stützpunkten, die von mehreren Straßen- und Autobahnmeistereien angefahren werden, jedoch nur über ein Beladungssystem verfügen, besonders hoch. An diesen Stellen ist eine Kapazitätserhöhung der Beladungssysteme zu prüfen.

	Trockensalz laden + Salzlösung tanken		nur Trockensalz laden oder Salzlösung tanken [%]
	zeitgleich [%]	nacheinander [%]	
AM Alsfeld	17	8	75
AM Emmelshausen	59	5	36
AM Kirchheim	3	19	78
AM Rüsselsheim	60	2	38
AM Ulm-Dornstadt	56	13	31

**Tab. 26:** Verteilung der zeitlich kombinierten Beladung von Trockensalz und Salzlösung

	Vorfalshäufigkeit: 2 oder mehr Lkw gleichzeitig am Beladungsort [%]
AM Alsfeld	9
AM Emmelshausen	22
AM Kirchheim	4
AM Rüsselsheim	39
AM Ulm-Dornstadt	9

**Tab. 27:** Häufigkeit, dass zwei oder mehr Lkw gleichzeitig am Beladungsort laden wollten bzw. geladen haben

### 5.6.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Empfehlungen

Ziel eines optimierten Einsatzes der bestehenden Beladungssysteme ist die Reduktion der Beladungszeiten, die sich im Winterdienst als reine Verlustzeiten darstellen. Der durch die Reduktion der Beladungszeiten beschleunigte Winterdienst (z. B. durch Verkürzung der Umlaufzeiten) schlägt sich insbesondere in der Vermeidung bzw. Verringerung von winterbedingten Störungen und Unfällen auf dem hoch belasteten Autobahnnetz nieder.

Anhand einer standardisierten Autobahnmeisterei mit einer zu betreuenden Streckenlänge von 70 km wird im Folgenden beispielhaft der volkswirtschaftliche Nutzen durch eine Optimierung der eingesetzten Beladungssysteme sowie des Beladungsablaufs auf Basis der Auswertungsergebnisse der untersuchten Pilotmeistereien dargestellt. Bewertet wird dieser volkswirtschaftliche Nutzen nach dem aktualisierten Verfahren von DURTH et al. (1996).

Die Analyse der Beladungsvorgänge und die Auswertung der Messergebnisse zeigen drei Bereiche, in denen die Beladungszeiten weiter reduziert werden können:

- Beladen der Winterdienstfahrzeuge mit Radlader oder Silotechnik,
- zeitgleiches Beladen von Trockensalz und Salzlösung,
- Ermöglichen des gleichzeitigen Beladens von zwei Winterdienstfahrzeugen.

Die einzelnen Optimierungspotenziale können in den Autobahnmeistereien in Abhängigkeit von den örtlichen Randbedingungen stark unterschiedlich ausfallen. Die hier zur Berechnung des volkswirtschaftlichen Nutzens herangezogenen Potenziale sind Durchschnittswerte der untersuchten Autobahnmeistereien.

Im Durchschnitt wurden 23 % der Beladungsvorgänge mit Trockensalz per Salzladeband durchgeführt. Eine deutliche Beschleunigung der Beladung kann durch Umstellung von Salzladeband zu Radlader bzw. Streustoffsilo erreicht werden.

Das größte Optimierungspotenzial ist durch ein zeitgleiches Beladen von Trockensalz und Betanken mit Salzlösung zu erreichen. 30 % der Beladungsvorgänge laufen noch nacheinander ab.

Weiterhin trat in durchschnittlich 15 % der Fälle bei den untersuchten Autobahnmeistereien der Fall

ein, dass mindestens zwei Winterdienstfahrzeuge gleichzeitig zum Laden am Gehöft bzw. am Stützpunkt ankamen.

Unter der Annahme einer durchschnittlichen Verkehrsstärke von 2.500 Kfz/h ergibt sich mit aktualisierten Werten von DURTH et al. (1996) der in der Tabelle 29 aufgeführte volkswirtschaftliche Nutzen. Der anteilige Nutzen errechnet sich aus den o. g. durchschnittlichen Vorfalshäufigkeiten. Er bewegt sich zwischen rund 21.500 und 61.000 EUR pro Winter und Meisterei. Der ermittelte volkswirtschaftliche Nutzen befindet sich hier allerdings auf Grund der getroffenen Annahmen im unteren Skalenbereich. Es ist davon auszugehen, dass der Nutzen in der Regel weit höher liegt. Dem volkswirtschaftlichen Nutzen sind jährliche Kosten für ein Streustoffsilo (150 m<sup>3</sup>) bzw. einen Radlader in Höhe von rund 8.300 EUR bis 10.500 EUR gegenüberzustellen (vgl. Tabelle 28). Es zeigt sich, dass eine Optimierung bei den Beladungsvorgängen aus gesamtwirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist.

Zusammenfassend können damit folgende Empfehlungen formuliert werden.

Im Winterdienstbetrieb zeichnet sich die Beladung per Radlader bzw. mit der Silotechnik auf Grund der kurzen Beladungszeiten und des Einmannbetriebes aus. Die Beladung durch Streustoffförderbänder kann als Zusatz- und Ersatzsystem eingesetzt werden, falls die Kapazität der vorhandenen Beladungssysteme nicht ausreicht. Es muss bei der Dimensionierung der Beladungssysteme sichergestellt werden, dass der Ausfall eines Systems während eines Winterdiensteinsatzes (Streu-

stoffsilo leer oder verstopft; technischer Ausfall eines Radladers oder Streustoffförderbandes) durch andere Systeme kompensiert werden kann.

Zur Beladung der Winterdienstfahrzeuge lagern die Autobahnmeistereien die Streustoffe auf dem Gehöft und in den bis zu drei Stützpunkten. Für die bis zu vier Beladungspunkte müssen entsprechende Beladungssysteme und Ersatzsysteme vorgehalten werden. Auf Grund der Auslastung und Wirtschaftlichkeit ist die Gesamtanzahl der Radlader pro Meisterei beschränkt. Ebenfalls kann es sich wegen der Diebstahlgefahr als problematisch erweisen, diese teuren Baumaschinen auf abgelegenen Stützpunkten, die im Winterdienstbetrieb in der Regel nicht abgeschlossen sind, zu stationieren. Die Beladung vollständig auf Silotechnik umzustellen ist nicht durchführbar, da es auf Grund des zeitintensiven Befüllens der Silos nach tagelangen Winterdiensteinsätzen zu Versorgungsengpässen kommen kann und es nach Winterdiensteinsätzen in der Regel keine Möglichkeit gibt, die noch befüllten Bunker der Streuautomaten bei Bedarf zu entladen. Insbesondere bei Nutzung der Silotechnik von mehreren Meistereien sind Funktionsfähigkeit, Befüllstandsprüfung und Planung der Silobefüllung in die Winterdienstorganisation der zuständigen Meisterei einzuplanen.

Daher kann für die Autobahnmeistereien nur ein Mix der verschiedenen Beladungssysteme, im Wesentlichen Radlader und Silotechnik, in ausreichenden Kapazitäten für mehrtägige Volleinsätze empfehlenswert sein. Die Silotechnik kann insbesondere bei abgängigen Salzhallen der Stützpunkte eingesetzt werden, da die Streustoffsilos sowohl als Lager- als auch als Beladungssystem dienen (zu beachten sind dabei allerdings Hinweise zu Genehmigungsschwierigkeiten aus umweltfachlicher Sicht wegen Beeinträchtigung des Landschaftsbildes). Da Stützpunkte häufig auch gemeinschaftlich von mehreren Autobahn- und Straßenmeistereien genutzt werden, bieten die Streustoffsilos die Möglichkeit der gleichzeitigen Beladung mehrerer Winterdienstfahrzeuge (vgl. Kapitel 5.6.2). Dies gilt auch für das zeitgleiche

	Radlader	Streustoffsilo 150 m <sup>3</sup>
Abschreibungsdauer [a]	10	20
Abschreibung [EUR/a]	6.000	3.550
Verzinsung [EUR/a]	1.500	1.775
Reparatur/Wartung [EUR/a]	3.000	3.000
kalkulatorische Kosten und Betriebskosten [EUR/a]	10.500	8.325

Tab. 28: Jährliche Kosten für Radlader und 150-m<sup>3</sup>-Silo

	Beschleunigung Winterdienst [min]	Nutzen pro Umlauf [EUR]	anteiliger Nutzen pro Umlauf [EUR]	durchschnittl. Winterdiensttage [d]	anteiliger Nutzen pro Winter [EUR]
Laden von Trockensalz mit Radlader/Silo	6	1.344	309	35	21.638
gleichzeitiges Beladen von Trockensalz und Salzlösung	13	2.912	874	35	61.152
gleichzeitiges Beladen von zwei oder mehr Lkw	15	3.360	571	35	39.984

Tab. 29: Volkswirtschaftlicher Nutzen durch reduzierte Beladungszeiten pro Autobahnmeisterei (Annahme: 2 Umläufe pro Einsatz und Winterdiensttag)

Wiederbeladen der Fahrzeuge nach Staffeleinsätzen. Die jeweilige Ausstattung mit Beladungssystemen ist für die einzelne Autobahnmeisterei unter Berücksichtigung der örtlichen Randbedingungen und der vorhandenen Systeme zu erarbeiten.

Weiterhin sollten alle Stützpunkte mit Salzlösungstankanlagen ausgestattet werden, um beim flexiblen Einsatz der Winterdienstfahrzeuge in Volllast grundsätzlich die Anwendung von Feuchtsalz gewährleisten zu können.

Eine erhebliche Minimierung der Beladungszeiten kann, wie auch schon HANKE (2001) empfiehlt, durch ein verstärktes gleichzeitiges Beladen von Trockensalz und Salzlösung erreicht werden. Damit sind dann reine Beladungszeiten von 7 Minuten – maßgeblich ist hier die Leistung der Salzlösungstankanlage – möglich. Kleine Optimierungsreserven liegen letztendlich noch in der Erhöhung der Pumpenleistung und vergrößerten Aufnahmeschläuchen.

## 5.7 Winterdienstzentrale

### 5.7.1 Ausstattung und Funktionsweise einer zentralen Winterdienststeuerung

Der Landschaftsverband Westfalen-Lippe hat zur Optimierung des Winterdienstes aus organisatorischer Sicht im Winter 1997/98 die erste Winterdienstzentrale (WDZ) in Deutschland in Betrieb genommen (NIEBRÜGGE 2000). Ziel war es, winterdienstbetreffende Informationen zentral zu sammeln, kompetent zu interpretieren und frühzeitig entsprechende Winterdienstmaßnahmen einzuleiten sowie die Meistereien mit den notwendigen Informationen zu versorgen, um weitgehend Störungen im Verkehrsablauf und damit verbundene Gefährdungen zu vermeiden. Bislang wird der Winterdienst nur in Nordrhein-Westfalen in dieser Art zentral von einer Dienststelle aus koordiniert.

Die Winterdienstzentrale koordiniert den Winterdienst für 14 Autobahnmeistereien und 3 Straßenmeistereien im westfälischen Teil Nordrhein-Westfalens mit Dienstsitz in Hamm. Diese Meistereien betreuen ca. 1.000 km Straße. Die Winterdienstzentrale ist nach einer Aufbauphase heute mit 4 Computern zur Verarbeitung des Wetterradars, zur Beobachtung der rund 100 Glättemeldeanlagen und 5 Taumittelsprühanlagen sowie zum Erstellen der Winterdienst-Einsatzprotokolle, einer Monitorwand sowie mit mehreren Telefonen und 2 Faxgeräten, jeweils getrennt für eingehende und ausgehende Mel-

dungen, ausgestattet. Zusätzlich erhält die Winterdienstzentrale online Daten der Glättemeldeanlagen der benachbarten Bundesländer. Die Zentrale ist in der Winterzeit durchgehend mit einem Mitarbeiter im Schichtbetrieb besetzt, was einem Personalbestand von 5 bis 6 Mitarbeitern entspricht (NIEBRÜGGE 2002). Bei einer Vergrößerung des Zuständigkeitsbereiches ist der Personalbestand entsprechend zu erhöhen oder die Einrichtung weiterer Winterdienstzentralen vorzunehmen. Die Mitarbeiter sind für ihre Tätigkeit entsprechend ausgebildet, besitzen ausreichend Kenntnisse vom Einsatzgebiet und haben einen hohen Erfahrungsschatz, sodass sie in der Lage sind, die Vielzahl der eingehenden Informationen entsprechend zu filtern, zu interpretieren und geeignete Maßnahmen einzuleiten. Pro Wintersaison koordiniert die Winterdienstzentrale rund 1.000 bis 1.200 Winterdienstseinsätze.

Der Winterdienst wird mit Hilfe der Winterdienstzentrale wie folgt gesteuert (vgl. auch Bild 43): Die Autobahnmeistereien richten eine Rufbereitschaft

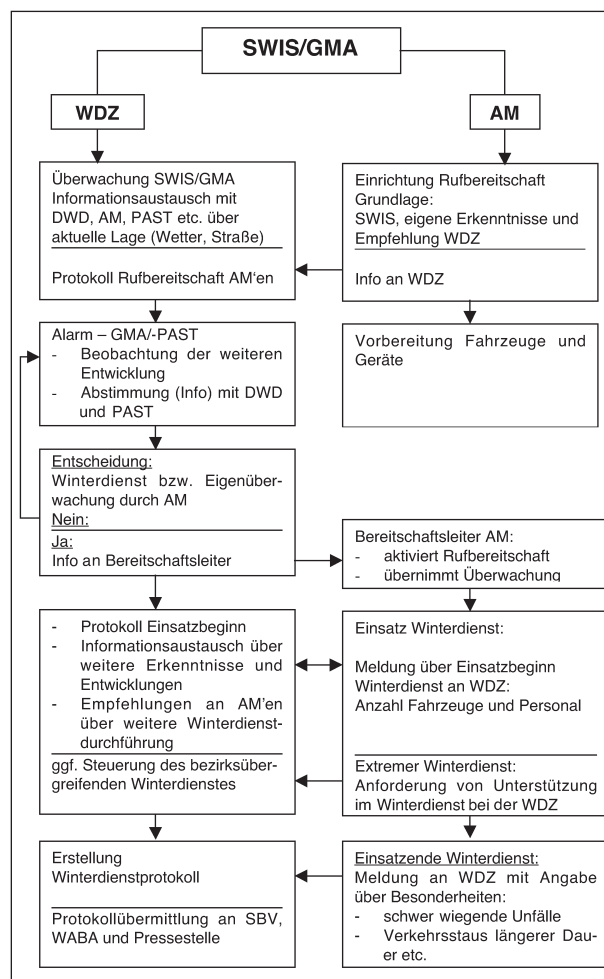


Bild 43: Arbeitsablauf Winterdienststeuerung (NIEBRÜGGE 2000)

ein, wenn ein möglicher Winterdiensteinsatz nach Informationen durch SWIS oder der Winterdienstzentrale abzusehen ist. Die Fahrzeuge stehen einsatzbereit mit Streuautomat und gegebenenfalls mit angebautem Pflug zu Verfügung. Der Bereitschaftsleiter der Autobahnmeisterei ist für die Winterdienstzentrale jederzeit mobil erreichbar.

In der Winterdienstzentrale werden die Bilder des Satellitenwetters und des Niederschlagsradars, die eingehenden Daten der Glättemeldeanlagen und der SWIS-Berichte sowie die Informationen des Deut-

schen Wetterdienstes, der Polizei und der Meistereien aufgenommen und beobachtet. Mit Hilfe der Daten der Glättemeldeanlagen der Nachbarländer können Niederschlagsart und Temperaturverlauf angezeigt Niederschläge frühzeitig eingeschätzt werden. Die Vielzahl der genannten Entscheidungshilfen im Verbund betrachtet führt zu einer Entscheidung, ob ein Winterdiensteinsatz ausgelöst werden soll oder nicht. Wenn sich ein Winterereignis ankündigt, alarmiert die Winterdienstzentrale die zunächst betroffenen Autobahnmeistereien bzw. die jeweiligen Bereitschaftsleiter – evtl. auch außerhalb der Ar-

Datum	von AM	nach AM	Lkw	Personal	Spezialgerät	Anlass
Sa, 22.12.2001	Lüdenscheid	Freudenberg	2	4		starke Schneefälle mit Staubbildung + keine ausreichende Kapazität
	Münster	Kamen	1	1		
	Lüdenscheid	Freudenberg	1	2		keine ausreichende Kapazität
	Kamen	Lüdenscheid	1	2		keine ausreichende Kapazität + ein Fz in AM Freudenberg
So, 23.12.2001	Dortmund	Dortmund	1	2		eisglatte Fahrbahn auf der Hohensyburg
Mo, 24.12.2001	Lüdenscheid	Freudenberg	1	0 (2)	0 (1)	
	Hagen	Lüdenscheid	1	0 (2)	0 (1)	Fahrzeugausfall AM Freudenberg
	Gelsenkirchen	Hagen	1	1 (2)	0 (1)	ab 14:00 Gelsenkirchen abgelöst durch AM Recklinghausen
	Recklinghausen	Hagen	1	1		keine ausreichende Kapazität + ein Fz in AM Lüdenscheid
Di, 25.12.2001	Wünnenberg	Freudenberg	1	2	0 (1)	keine ausreichende Kapazität + Schneeschleuder
Mi, 26.12.2001	Oelde	Freudenberg	1	2	0 (1)	keine ausreichende Kapazität + Schneeschleuder
	Oelde	Freudenberg	1	2	0 (1)	keine ausreichende Kapazität + Schneeschleuder
	Kamen	Lüdenscheid	1	2		keine ausreichende Kapazität
Do, 27.12.2001	Münster	Lüdenscheid	1	1 (2)	0 (1)	Fast-Truck mit Pflug
Fr, 28.12.2001	Dorsten	Lüdenscheid	1	2		keine ausreichende Kapazität
So, 06.01.2001	Werl	Werl	2	2		Eisregen + keine ausreichende Kapazität + auf Anforderung der Polizei zur Unterstützung
Fr, 22.02.2002		Freudenberg	2	4		sh. Auslösung/Durchführung Winterdienst!

Tab. 30: Fahrzeugverschiebungen im Rahmen des übergreifenden Winterdienstes im Winter 2001/02

Datum	von AM	nach AM	Lkw	Personal	Spezialgerät	Anlass
Do, 30.01.2003	Kamen	Hagen				keine ausreichende Kapazität + zw. AM-Grenze u AK-Westh.
Fr, 31.01.2003	Dortmund	Hagen	2	k. A. (2)		keine ausreichende Kapazität
	Kamen	Hagen	1	2 (1)		keine ausreichende Kapazität
Do, 06.01.2003	Oelde	Herford	2	4		starke Schneefälle mit Staubbildung + keine ausreichende Kapazität + Rückstau aus Niedersachsen

Tab. 31: Fahrzeugverschiebungen im Rahmen des übergreifenden Winterdienstes im Winter 2002/03

beitszeit –, sodass frühzeitig präventive Maßnahmen vor Ort eingeleitet werden können. Die Winterdienstzentrale kann auf Grund ihrer Kenntnisse den Autobahnmeistereien Empfehlungen beispielsweise zu Umfang und Schwerpunktbildung des Winterdienstes einsetzen geben und die Meistereien ständig über die weiteren Entwicklungen informieren. Die Winterdienstzentrale koordiniert auch Winterdienstesätze, die von Polizei oder Meistereien auf Grund lokaler Glättebildung und kleinräumiger Schneefälle angefordert werden, die von den Messstellen nicht registriert wurden. Von dieser zentralen Steuerungsstelle werden nach Angaben der Winterdienstzentrale rund 85 % der Einsätze ausgelöst, die restlichen werden auf Grund der Entscheidungen der verantwortlichen Autobahnmeister vor Ort durchgeführt. Die Entscheidungskompetenz der Autobahnmeistereien wird durch die Tätigkeit der Winterdienstzentrale nicht eingeschränkt, die Informationsqualität aber maßgeblich erhöht.

Die Winterdienstzentrale hat die Möglichkeit, bei extremen Winterereignissen wie langanhaltenden starken Schneefällen unter Einschätzung der Gesamtwetterbedingungen den Winterdienst meistereibezirksübergreifend zu organisieren. In Tabelle 30 und Tabelle 31 sind die Ereignisse mit meistereibergreifenden Maßnahmen zur Übersicht zusammengestellt. Bei Bedarf verlagert die Zentrale Winterdienstfahrzeuge bzw. -geräte sowie Personal derart in Nachbarmeistereien, dass Unterkapazitäten in den betroffenen Meistereien in kurzer Zeit flexibel ausgeglichen werden können. Hierbei sollen großräumige Verschiebungen von Personal- und Fahrzeugkapazitäten vermieden werden. Die Kapazitäten werden meistereieweise weitergereicht (z. B. 22.12.2001, 24.12.2001). Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass Autobahnmeistereien, die bereits im Winterdienstesatz sind, nahe gelegene Streckenabschnitte bzw. Gefahrenpunkte der Nachbarmeisterei abstreuen, bis diese Meisterei nach Alarmierung einsatzbereit ist. Über die Winterdienstzentrale können auch Spezialgeräte wie Schneeschleudern für die anfordernden Meistereien koordiniert werden.

Zusätzlich kann die Winterdienstzentrale flächendeckend die Funktionen der Glättemeldeanlagen und Taumittelsprühanlagen überwachen und bei Störungen entsprechende Gegen- und Ersatzmaßnahmen einleiten.

Von allen Winterdienstesätzen werden jeweils Protokolle über Einsatzzeit, Grund, Art und Umfang des Einsatzes erstellt.

### 5.7.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Empfehlungen

Die Koordination des Winterdienstes mit einer Winterdienstzentrale zeigt folgende Optimierungspotenziale im Vergleich zur dezentralen Koordination in den einzelnen Meistereien:

- Die den Winterdienst betreffenden Daten werden von geschultem und erfahrenem Personal kontinuierlich 24 Stunden am Tag, 7 Tage die Woche beobachtet und interpretiert.
- Es lassen sich Wetterentwicklungen wie der Verlauf von Niederschlagsfronten großräumig (Wetterradar, GMA benachbarter Bundesländer) beobachten und vorhersagen und es kann verknüpft mit Prognosen über die Entwicklung des Straßenzustandes (Fahrbahntemperatur, Gefrierpunkttemperatur etc.) und aktuellen lokalen Messwerten erreicht werden, dass Winterdienstesätze frühzeitig, aber zeitgerecht eingeleitet und koordiniert werden können.
- Durch die frühzeitigen Entscheidungen ist häufig die Möglichkeit gegeben, präventive Winterdienstesätze durchzuführen. Hierdurch wird Glätte vermieden bzw. die Zeitanteile mit vorhandener Glätte, die Zeitverluste der Verkehrsteilnehmer und der Salzverbrauch reduziert.
- Die Meistereien sind stets mit den für ihren Winterdienstesatz notwendigen Informationen in hohem Maße versorgt, was eine effiziente Koordination und Durchführung des Winterdienstes vor Ort ermöglicht. Die Winterdienstzentrale steht den Autobahnmeistereien als kompetenter Dienstleister zur Verfügung.
- Mit Hilfe der zentralen Steuerung in der Winterdienstzentrale können auch komplexe Steuerungsmechanismen, wie die kurzfristige Umsetzung eines meistereibezirksübergreifenden Winterdienstes (Verschiebung von Fahrzeugen und Personal), realisiert werden.
- Die Praxis hat gezeigt, dass alle Informationen durch den Wetterdienst, die Meistereien oder auch Hinweise der Polizei direkt bei der Winterdienstzentrale eingehen und zentral verwaltet werden, sodass zügig reagiert werden kann. Dadurch werden Schnittstellen, die Zeit- und Informationsverluste mit sich bringen, reduziert.
- Der Betrieb einer Winterdienstzentrale lässt eine wirtschaftliche Überwachung des Straßenzu-



standes zu, hierbei lassen sich insbesondere Personalkosten einsparen.

Neben dem genannten qualitativen Nutzen, der sich aus dem Betrieb einer Winterdienstzentrale ergibt, erweist sich die Winterdienstzentrale bereits aus betriebswirtschaftlicher Sicht beim Vergleich der zentralen und dezentralen Straßenzustandsüberwachung und Winterdienststeuerung als vorteilhafter. In Tabelle 32 ist ein Vergleich der Personalkosten bei zentraler und dezentraler Überwachung pro Winter dargestellt. In der Winterdienstzentrale wird ein 5-monatiger Schichtbetrieb mit 5 Mitarbeitern durchgeführt. Bei Auslösung von Winterdienstseinsätzen werden die Winterdienstverantwortlichen in den Autobahnmeistereien benötigt. Demgegenüber steht die dezentrale Überwachung in den 14 Autobahnmeistereien. Die dezentrale Straßenzustandsüberwachung und Winterdienststeuerung sowohl für den Fall „Besetzung nur bei kritischer Witterungslage“ als auch für den Fall einer „durchgängigen Besetzung entsprechend der Winterdienstzentrale an Winterdiensttagen“ betrachtet. Die in der Kostenbetrachtung verwendete Anzahl an Winterdiensttagen entspricht einem langjährigen Durchschnitt in Westfalen-Lippe.

Unter der Annahme, dass die Personalkosten bei dezentraler Überwachung in den Autobahnmeistereien nur bei kritischer Witterungslage stundenweise an Winterdiensttagen angesetzt werden, liegen die daraus entstehenden Kosten mit über 200.000

EUR/Winter in der Größenordnung der anfallenden Personalkosten einer Winterdienstzentrale mit rund 218.000 EUR/Winter. Auch unter Hinzunahme von 30.000 EUR/Jahr für die Abschreibung der Hardware-Ausstattung ergibt der Kostenvergleich einen klaren wirtschaftlichen Vorteil für die Winterdienstzentrale beim Vergleich mit einer durchgängigen dezentralen Überwachung in den Autobahnmeistereien. Hierbei wurden jedoch nicht die qualitativen Unterschiede in der Überwachungsgüte und -sicherheit durch die durchgehende Besetzung der Winterdienstzentrale mit entsprechend ausgebildetem Personal über die gesamte Wintersaison bewertet.

Die langjährigen Praxiserfahrungen mit der Winterdienstzentrale zeigen auf, welche Randbedingungen zu beachten sind, damit eine effektive Winterdienststeuerung möglich ist:

Die Zahl der Schnittstellen sollte auf ein Minimum reduziert bleiben bzw. werden. So sollten u. a. die Kommunikation und der Datenaustausch zwischen den Bundesländern abgestimmt und einfach möglich sein. Der Austausch der GMA-Daten mit den benachbarten Bundesländern ist bereits in die Praxis umgesetzt worden.

Der Aufgabenbereich einer Winterdienstzentrale muss klar definiert werden. Hierzu muss geregelt sein, wie Anfragen bzw. Anforderungen für Winterdienstseinsätze für das nachgeordnete Straßennetz

	zentrale Überwachung in Winterdienstzentrale (WDZ)		dezentrale Überwachung in AM	
	durchgängig in WDZ	bei Einsatz in AM	nur bei kritischer Witterungslage	durchgängig an Winterdiensttagen
Besetzung				
Anzahl Mitarbeiter	5	14	14	14
Tage pro Wintersaison [d]	150			
Winterdiensttage [d]		35	35	35
- an Werktagen [d]		25	25	25
- an Wochenenden [d]		10	10	10
Besetzung				
- an Werktagen* [h]	24	4	10	24
- an Wochenenden* [h]	24	4	16	24
Überwachungsstunden [h]	3.600	1.960	5.740	11.760
Übergabezeiten [h]	225		490	735
Arbeitsstunden insges. [h]	3.825	1.960	6.230	12.495
Personalkosten [EUR]	217.680		205.590	412.335
* Annahmen bei dezentraler Überwachung				

**Tab. 32:** Personalkostenvergleich pro Winter für eine zentrale (WDZ) und dezentrale (AM) Straßenzustandsüberwachung und Winterdienststeuerung [Datenquelle: Straßen NRW 2004]

zu behandeln sind. Weiterhin ist auch der Informationsfluss zwischen Winterdienstzentrale und Meisterei eindeutig festzulegen.

Bei den Autobahnmeistereien ist für die Sicherstellung der Erreichbarkeit und eines andauernden reibungslosen Betriebes während der Winterdienst-einsätze eine Ausstattung mit mehreren Kommunikationssystemen (E-Mail, Festnetz, Mobilnetz, Funk) empfehlenswert. Bei extremen Winterereignissen mit Verkehrsbehinderungen erreichen beispielsweise Mobilfunknetze häufig ihre Kapazitätsgrenzen, sodass die Erreichbarkeit von Einsatzleiter und Winterdienstfahrzeugen in diesem Fall anderweitig gewährleistet werden muss.

## 5.8 Betriebsumfahrten

### 5.8.1 Allgemeines

Bei Autobahnen haben Betriebsumfahrten eine hohe sowohl betriebliche als auch wirtschaftliche Bedeutung. Für den Straßenbetriebsdienst bieten Betriebsumfahrten die Möglichkeit, auch zwischen weit auseinander liegenden Anschlussstellen zu wenden und schneller den zu betreuenden Autobahnabschnitt zu erreichen. In besonderem Maße kommt dies beispielsweise im Winterdienst zum Tragen. Beim Winterdienst können durch Betriebsumfahrten an entsprechenden Stellen wie Meistereigrenzen, Autobahnkreuzen bzw. -dreiecken oder anderen neuralgischen Streckenabschnitten beispielsweise Leerfahrten und somit Verlustzeiten eingespart werden.

Allerdings gibt es im deutschen Regelwerk keine Anforderungen und Empfehlungen für die Anlage von Betriebsumfahrten an Autobahnen. Eine Auseinandersetzung mit diesem Thema erscheint aber dringend geboten, da durch Betriebsumfahrten an geeigneten Stellen im Meistereinetz erhebliche Kosten eingespart werden können; die entstehenden Investitions- und Unterhaltungskosten rechtfertigen sich zumindest aus volkswirtschaftlicher Sicht.

Im Rahmen dieser Untersuchung konnten entwurfs-technische und betriebliche Voraussetzungen sowie Empfehlungen zum Einrichten von Betriebsumfahrten an Autobahnen zusammengestellt bzw. erarbeitet werden. Der Schwerpunkt soll hierbei dem Nutzen für den Winterdienst auf Autobahnen gelten.

### 5.8.2 Standortwahl

Betriebsumfahrten sind im Sinne des § 1 Abs. 4 Nr. 4 FStrG Nebenanlagen, die überwiegend den Aufgaben der Straßenbauverwaltung der Bundesfernstraßen dienen. Für die Empfehlungen zur Standortwahl von Betriebsumfahrten werden in dieser Untersuchung insbesondere betriebstechnische, aber auch verkehrssicherheitsrelevante, ökologische und ökonomische Aspekte betrachtet.

Bei der Standortanalyse der Betriebsumfahrten der untersuchten Autobahnmeistereien zeigte sich, dass sie ungleichmäßig über das Streckennetz verteilt sind und keine einheitliche Struktur aufweisen. Die Gründe hierfür sind zum einen die örtlichen Gegebenheiten wie Topografie, Abstand der Anschlussstellen etc. und zum anderen die zur Zeit der Entstehung vorherrschenden Planungs- und Gestaltungsprinzipien bzgl. eines betriebsdienstfreundlichen Entwurfes.

Für einen optimierten Ablauf des Winterdienstes sind die Streckennetze der Meistereien besonders an folgenden Stellen im Hinblick auf eine Ausstattung mit Betriebsumfahrten zu untersuchen:

- unmittelbar an Autobahnmeistereien und Stützpunkten,
- an Meistereigrenzen,
- an Autobahnkreuzen und -dreiecken,
- zwischen entfernt auseinander liegenden Anschlussstellen,
- an neuralgischen Streckenabschnitten.

Gemäß den Richtlinien für die Anlage von Meistereien (RAM) (1997) sind AM-Standorte und Stützpunkte für den Betriebsdienst in der Nähe einer Anschlussstelle, eines Autobahnkreuzes oder eines -dreieckes zu wählen. Falls der Standort sich nicht in unmittelbarer Nähe einer Anschlussstelle befindet bzw. die Zufahrtsmöglichkeiten aus beiden Fahrtrichtungen nicht direkt gegeben sind, sind Betriebsumfahrten hier aus betriebstechnischer Sicht unbedingt erforderlich.

Zwischen aneinander grenzenden Räumschleifen und an Meistereigrenzen sind Überlappungsbereiche notwendig, um die durchgehende Fahrbahn lückenlos betreuen zu können. Zur Minimierung der Leerfahrten sollten daher z. B. an Meistereigrenzen, an Autobahnkreuzen und -dreiecken Standortmöglichkeiten für Betriebsumfahrten geprüft wer-

den. Im Bereich von Autobahnabschnitten mit weit auseinander liegenden Anschlussstellen kann bei Bedarf des Straßenbetriebsdienstes eine punktuelle Verdichtung von Betriebsumfahrten in Betracht gezogen werden.

Soll ein neuralgischer Streckenabschnitt im Winterdienst verstärkt betreut werden, um winterbedingte Verkehrsstörungen in diesen Streckenabschnitten zu vermeiden, sind verkürzte Umläufe erforderlich, wie dies im Bereich des „Drackensteiner Hanges“ der A 8 (AM Ulm-Dornstadt) praktiziert wird. In solchen Fällen sind Standorte von Betriebsumfahrten zu Beginn und am Ende des vorrangig zu bedienenden Streckenabschnittes zu prüfen.

Bei der Standortwahl zusätzlicher Betriebsumfahrten sind Standorte, an denen die bestehende Infrastruktur genutzt werden kann, zu bevorzugen. Dies sind Überführungs- bzw. Unterführungsbauwerke von Straßen oder land- bzw. forstwirtschaftlichen Wegen, die beim Anschluss an das nachgeordnete Straßennetz im Notfall (z. B. bei Vollsperrungen) auch zum kontrollierten Ausleiten des Verkehrs genutzt werden können. Grundsätzlich sind Standorte zu vermeiden, an denen die Autobahn topografisch ungünstig mit großen Höhenunterschieden zur Geländeoberkante verläuft. Weitere entwurfstechnische Hinweise sind in Kapitel 5.8.3 enthalten.

Eine Anordnung der Betriebsumfahrt innerhalb einer Rastanlage sollte ebenfalls kritisch geprüft werden, da parkende Fahrzeuge insbesondere in den Nachtstunden und bei Winterereignissen die Durchfahrt versperren oder zumindest die Manövrierbarkeit beispielsweise der Winterdienst-Einsatzfahrzeuge mit überbreitem Pflug stark einschränken können (siehe beispielhaft Bild 44).

Im Hinblick auf die Verkehrssicherheit sind die Anschlüsse der Betriebsumfahrten an die Autobahn so zu gestalten, dass der Verkehrsablauf auf der durchgehenden Strecke im Bereich der Betriebs-



**Bild 44:** Situation an der Rastanlage Gruibingen zu Beginn eines Winterereignisses

umfahrten so wenig wie möglich beeinträchtigt wird. Um dies zu erreichen, ist

- auf ausreichende Anfahrtsichtweiten vom Anschluss der Betriebsumfahrt aus zu achten,
- die Lage der Betriebsumfahrt hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Verkehr der durchgehenden Strecke sorgfältig zu prüfen,
- ein ausreichender Abstand zwischen Betriebsumfahrt und Ein- oder Ausfädelungstreifen vorausgehender oder nachfolgender Anschlussstellen anzustreben,
- zu ermöglichen, beim Ein- oder Abbiegen der Einsatzfahrzeuge an Betriebsumfahrten den notwendigen Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsvorgang außerhalb der Fahrstreifen des durchgehenden Verkehrs durchführen zu können, und
- ein Standort in Bereichen mit möglichst geringer Längsneigung der durchgehenden Fahrbahn zu bevorzugen.

### 5.8.3 Entwurfstechnische Hinweise

Im Folgenden werden entwurfstechnische Hinweise zur Gestaltung von Anschlüssen an die Autobahn, Rampen und Kreuzungsbauwerke für Betriebsumfahrten gegeben.

#### Bemessungsfahrzeug

Das Bemessungsfahrzeug mit seinen Schleppkurven bildet die Grundlage für den Entwurf von Anlagen und ermöglicht es, auch von den Regelentwürfen abweichende Lösungen auf ihre Befahrbarkeit hin zu überprüfen, wie dies bei Betriebsumfahrten der Fall ist. Im Hinblick auf den Straßenbetriebsdienst stellt das Winterdienstfahrzeug (großer 3-achsiger Lkw mit überbreitem Frontpflug) das zugrunde zu legende Bemessungsfahrzeug für Betriebsumfahrten dar. Ist die Betriebsumfahrt an das nachgeordnete Straßennetz angeschlossen, ist zum möglichen Ausleiten des Verkehrs (vgl. Kapitel 5.8.2) der Lastzug als zusätzliches Bemessungsfahrzeug zu berücksichtigen. Schleppkurven für den Lastzug können den Richtlinien Bemessungsfahrzeuge und Schleppkurven zur Überprüfung der Befahrbarkeit von Verkehrsflächen (2001) entnommen werden. Schleppkurven für Winterdienstfahrzeuge mit angebauten Pflügen existieren bislang nicht. Vereinfachend können hier die Schleppkurven eines 3-achsigen Lkw herangezogen werden, die dem Anbaugerät entsprechend verbreitert werden.

### Entwurf nach fahrgeometrischen Randbedingungen

Auf Grund der geringen gefahrenen Geschwindigkeiten sind fahrgeometrische, nicht fahrdynamische Randbedingungen für den Entwurf von Betriebsumfahrten maßgebend. Da ein zügiges Befahren der Betriebsumfahrt ohne Rangieren möglich sein soll, ist zur Bemessung mit Schleppkurven die Fahrkurve 1 gemäß Bemessungsfahrzeuge und Schleppkurven zur Überprüfung der Befahrbarkeit von Verkehrsflächen (2001) anzuwenden.

### Entwurfsfall „kein Begegnungsverkehr“

Da das Befahren von Betriebsumfahrten nur bestimmten Nutzergruppen erlaubt ist und Betriebsumfahrten sich meist nur über kurze, überschaubare Distanzen erstrecken, ist der Entwurfsfall „kein Begegnungsverkehr“ ausreichend.

Wird eine bereits bestehende Infrastruktur in die Planung einer Betriebsumfahrt einbezogen, ist dieser Punkt in Abhängigkeit von Straßenkategorie und Verkehrsaufkommen zu betrachten. Da auf ländlichen Wegen nicht mit starkem Begegnungsverkehr zu rechnen ist, ist auch hier der Entwurfsfall „kein Begegnungsverkehr“ ausreichend. Werden Gemeinde-, Kreis- oder Landesstraßen einbezogen, ist zu prüfen, ob der vorhandene Querschnitt so bemessen ist, dass Begegnungen mit Pkw, zumindest mit verringerter Geschwindigkeit, möglich sind.

### Querschnittsgestaltung

Die Fahrbahnbreite sollte mindestens 5 m, besser 6 m betragen. Diese Mindestfahrbahnbreite sollte nicht unterschritten werden, da ansonsten u. U. das Befahren bzw. Räumen der Betriebsumfahrt auf Grund der Durchfahrtsbreite nicht mehr möglich ist. Weiterhin sollte ein müheloses Fahren bei

schlechten Sichtverhältnissen und Dunkelheit gewährleistet sein. Die Fahrbahnbreiten müssen auch bei den Kreuzungsbauwerken eingehalten werden.

Die lichte Raumhöhe sollte als Regelfall mindestens 4,50 m betragen. Nur in Ausnahmefällen (z. B. bestehendes Unterführungsbauwerk) können benetzte Durchfahrtsverhältnisse mit 4,20 m Höhe akzeptiert werden.

### Maximale Längsneigung

Die maximale Längsneigung sollte 8 %, nur in Ausnahmefällen bis max. 10 % betragen. Es ist zwar davon auszugehen, dass das Bemessungsfahrzeug auch stärkere Längsneigungen befahren kann, da jedoch ein Befahren auch bei ungünstigen Fahrbahnverhältnissen wie Schneeglätte möglich sein muss, sollten aus Sicherheitsgründen die genannten maximalen Werte nicht überschritten werden.

### Anschluss der Betriebsumfahrt an die Autobahn

Der Rampenanschluss einer Betriebsumfahrt an die Autobahn stellt einen Sonderfall im Knotenpunktentwurf dar. Die Knotenpunktgrundform ähnelt auf Grund der fahrgeometrischen Bemessung einer plangleichen Einmündung gemäß der Entwurfsgestaltung nach RAS-K-1 (1976), der Anschluss muss aber teilweise (z. B. für die Sicht) nach den Erfordernissen gemäß RAL-K-2 (1988) und AH-RAL-K-2 (1993) bemessen werden.

Aus Gründen der Sichtverhältnisse und der Befahrbarkeit für beide Fahrbeziehungen sollte die Rampe der Betriebsumfahrt nach Möglichkeit rechtwinklig an die Fahrbahn der Autobahn angeschlossen werden. Der notwendige Flächenbedarf für eine Fahrbeziehung nimmt bei stark schiefwinkligen Anschlüssen erheblich zu (vgl. Bild 45).



Bild 45: Betriebsumfahrt mit rechtwinkligem Anschluss (links) und schiefwinkligem Anschluss (rechts)



Die Eckausrundungen des Anschlusses können wegen der geringen Geschwindigkeiten und der eingeschränkten Nutzergruppen fahrgeometrisch ausgebildet werden. Dabei müssen die Eckausrundungen den fahrgeometrischen Anforderungen der Bemessungsfahrzeuge entsprechen.

Bei den Anschlüssen der Betriebsumfahrten sind ausreichende Sichtverhältnisse von besonderer Bedeutung. Die Anfahrtsicht ist dabei die Sicht, die für einen „Fahrer auf die bevorrechtigte Fahrbahn (...) vorhanden sein muss, um aus dem Stand ohne nennenswerte Behinderung bevorrechtigter Fahrzeuge einfädeln zu können“ [RAL-K-2 (1988)]. Sie sollte an allen Stellen des Einfahrbereiches vorhanden sein. Unter der Annahme, dass auf dem rechten Fahrstreifen die maßgeblichen Geschwindigkeiten im Regelfall 100 km/h nicht überschreiten, sollten die Schenkellängen der Anfahrtsicht nach RAL-K-2 (1988) mindestens 290 m, besser jedoch 400 m betragen.

Eine Gewährleistung der Annäherungssicht ist im Regelfall nicht erforderlich. Sie beschreibt die Sicht, die „für den einfahrenden Fahrer auf die bevorrechtigte Fahrbahn vor Erreichen des Einfahrbereiches vorhanden sein soll (...), dass der Einfahrende sich über die Belegung durch bevorrechtigte Fahrzeuge orientieren und sein Fahrverhalten – insbesondere die Geschwindigkeitswahl – darauf einstellen kann und durch die Vororientierung des Einfahrenden ein frühzeitiges Beschleunigen und ein frühzeitiges Einfädeln gefördert wird“ [RAL-K-2 (1988)]. Diese ist aber wegen der speziellen Gestaltung und Funktion einer Betriebsumfahrt nicht erforderlich, denn der einfahrende Fahrer muss im Regelfall aus dem Stand bzw. sehr langsam fahrend vorsichtig in die Autobahn einbiegen.

Beim Anschluss von Betriebsumfahrten an die durchgehenden Richtungsfahrbahnen der Autobahn existieren folgende Varianten:

- Der Standstreifen dient als Ein- und Ausfädelungsstreifen.
- Der nicht vollausgebaute Standstreifen wird im Bereich der Betriebsumfahrt auf die Breite von 2,50 m ausgebaut.
- Die Betriebsumfahrt liegt im Bereich von Ein- oder Ausfädelungsstreifen von Anschlussstellen bzw. Rastanlagen, die zum Verzögern und Beschleunigen genutzt werden.
- Die Betriebsumfahrt ist innerhalb einer Rastanlage angeschlossen.

- Es existieren weder Ein- und Ausfädelungsstreifen noch ein Standstreifen und es muss direkt im fließenden Verkehr auf- bzw. abgefahren werden.

Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge zum Einfahren bzw. zum Abfahren in die Betriebsumfahrt sollten auf Grund der Verkehrssicherheit außerhalb des fließenden Verkehrs durchgeführt werden können. Die Ausstattung der Fahrzeuge des Betriebsdienstes mit gelben Rundumkennleuchten und Fahrzeugwarnmarkierungen macht die Fahrzeuge zwar in besonderer Weise kenntlich und warnt den allgemeinen Verkehr, dennoch stellen Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge in Bereichen des fließenden Verkehrs (nicht auf dem Standstreifen) eine unverhältnismäßige Gefährdung dar. Daher sind Anschlüsse an Autobahnquerschnitte ohne Standstreifen nur mit baulichen Veränderungen, die ein gefahrloses Ein- und Abbiegen ermöglichen, vorzusehen. Auf die Problematik von Anschlüssen, die sich innerhalb von Rastanlagen befinden, wurde bereits hingewiesen, sie sollten wegen der Gefahr des Nichtdurchkommens insbesondere bei Winterdienstesätzen vermieden werden, auch wenn sie bzgl. des Ein- und Ausfahrens Vorteile bieten.

Im Regelfall ist an Autobahnen ein vollausgebauter Standstreifen vorhanden, der für gefahrlose Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge im Bereich der Betriebsumfahrt genutzt werden kann. Falls kein entsprechender Standstreifen vorhanden ist, sind Ein- und Ausfädelungsstreifen anzubauen. Aus Sicherheitsgründen sind insbesondere die Einfädelungsstreifen so zu bemessen, dass ein Winterdienstfahrzeug mindestens die Räumgeschwindigkeit von 30 km/h außerhalb des fließenden Verkehrs erreicht und die Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen dem einfahrenden Fahrzeug aus der Betriebsumfahrt und den durchfahrenden Fahrzeugen der Autobahn verringern kann. Die notwendigen Längen für separate Einfädelungsstreifen können vereinfacht im Bild 5-10 des HBS (2001) in Abhängigkeit der örtlichen Längsneigung und der zu erreichenden Endgeschwindigkeit abgelesen werden. Unter der Annahme des Anfahrens aus dem Stand und einer Mindestendgeschwindigkeit von 30 km/h ist somit bei einer Gradienten von unter 2 % Längsneigung eine Mindestlänge für den Einfädelungsstreifen von 50 m ausreichend; größere Längen sind wegen des erheblichen Gefahrenpotenzials zu bevorzugen.

### Sonstige Hinweise

Beim Räumen von Brücken ist zu beachten, dass kein Schnee auf die Autobahn hinabfällt, auch



wenn in Geradestellung geräumt wird. Dazu muss der vorhandene Fahrbahnquerschnitt der Brücke groß genug bzw. es müssen entsprechende Rückhalteeinrichtungen vorhanden sein; ansonsten muss auf ein Räumen verzichtet werden.

Auf Grund der hohen Achslasten des Bemesungsfahrzeuges ist ein entsprechend dimensionierter Oberbau erforderlich.

#### 5.8.4 Ausstattungselemente der Betriebsumfahrt

Zu den Ausstattungselementen von Betriebsumfahrten gehören

- Markierung,
- Beschilderung,
- Verkehrseinrichtungen und
- sonstige Ausstattungselemente.

##### Markierung

Da weder das Verlassen noch Einfahren auf die Autobahn an Betriebsumfahrten für den allgemeinen Verkehr zulässig sind, ist im Bereich des Anschlusses an die Autobahn die Markierung nicht zu ändern. Auf Grund des geringen Verkehrsaufkommens und der Ortskenntnis der berechtigten Nutzer sind auch Markierungen im Bereich der Rampen von Betriebsumfahrten wie Leitlinien oder Fahrbahnbegrenzungen, die der optischen Führung des Verkehrs dienen, nicht erforderlich. Besteht ein Anschluss der Betriebsumfahrt an das nachgeordnete Straßennetz oder Wege, so ist hier wie schon beim Anschluss an die Autobahn das Verbot, von der öffentlichen Straße in die Betriebsumfahrt einzufahren, durch eine durchgehende Fahrbahnbegrenzung entlang des Fahrbahnrandes der öffentlichen Straße zu verdeutlichen.

Ist in besonderen Fällen eine Ableitung des Verkehrs erforderlich, so darf dies nur nach Anweisung der Polizei erfolgen. Nach § 36 StVO sind Zeichen und Weisungen zu befolgen und gehen allen anderen Anordnungen und Regeln vor. Die Funktion der Verkehrsableitung wird durch durchgezogene Fahrbahnbegrenzungen also nicht eingeschränkt, die Gefahr eines unerlaubten Einbiegens in die Betriebsumfahrt jedoch reduziert.

##### Beschilderung

Das Verbot, die Autobahn an anderen als den speziell gekennzeichneten Stellen zu verlassen oder einzufahren, ist den Verkehrsteilnehmern im Bereich von Betriebsumfahrten durch Anordnung des Zeichens 250 (nach StVO) „Verbot für Fahrzeuge aller Art“ zu verdeutlichen.

Solche Verbotsschilder sind im Bereich des Anschlusses an die Autobahn deutlich erkennbar links und rechts der Rampe der Betriebsumfahrt anzuordnen. Um sowohl das Verbot des Ein- als auch des Abbiegens zu signalisieren, sind die Verbotsschilder in beiden Fahrtrichtungen der Betriebsumfahrt anzubringen. Die Verbotsschilder können durch Zusatzschilder wie „Einsatzfahrzeuge frei“ ergänzt werden.

In Einzelfällen können Betriebsumfahrten, die an das nachgeordnete Straßennetz angeschlossen sind, in Form einer Notausfahrt zur Ableitung des Verkehrs genutzt werden. Diese Notausfahrten sind an den Knotenpunkten richtliniengetreu zu beschildern, ggf. sind Verkehrszeichen anzubringen, die die Bedarfsumleitungsstrecke ausschildern. Zur Vermeidung des Missbrauchs der Betriebsumfahrten ist es empfehlenswert, diese Verkehrszeichen als Klappschilder auszuführen (vgl. Bild 46).



**Bild 46:** Betriebsumfahrt mit Klappbeschilderung für Umleitungsstrecken



**Bild 47:** Anschluss von Betriebsumfahrten im Bereich von Lärmschutzmaßnahmen durch versetzte Anordnung (links) oder Automatiktor (rechts)

### Verkehrseinrichtungen

Verkehrseinrichtungen wie Leitpfosten und Richtungstafeln sind bei Betriebsumfahrten im Regelfall nicht erforderlich. Die Ausstattung mit Leitpfosten ist nur in Ausnahmefällen bei Betriebsumfahrten mit kurvigen und unübersichtlichen Abschnitten (Beispiel: Mitnutzung von land- bzw. forstwirtschaftlichen Wegen) zu prüfen.

Erfolgt der Anschluss der Betriebsumfahrt in Bereichen der Autobahn mit passiven Schutzeinrichtungen, sind diese gemäß den Richtlinien für passive Schutzeinrichtungen an Straßen (RPS) (1989) wie bei Einmündungen zu unterbrechen.

### Sonstige Ausstattungselemente

Zur Vermeidung der widerrechtlichen Nutzung von Betriebsumfahrten kann Auflage der zuständigen Straßenverkehrsbehörde sein, die Betriebsumfahrt durch geeignete Maßnahmen zu verschließen. Das Sperren der Betriebsumfahrt für den allgemeinen Verkehr kann durch Schranken oder Tore erfolgen, was aber immer mit Nachteilen für den Betriebsdienst verbunden ist. Werden die Schranken oder Tore manuell verschlossen, so erfordert dies Zeit, da der Fahrer anhalten und das Fahrzeug sowohl zum Öffnen des Tores als auch zum Verschließen verlassen muss. Bei beengten Platzverhältnissen kann dies zudem mit Gefahren verbunden sein, falls ein Halten und Verlassen des Fahrzeuges noch im Fahrbahnbereich der Autobahn erfolgen müssen. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass während der Winterdienstesätze zur Vermeidung der Verlustzeiten durch Öffnen und Verschließen die Schranken bzw. Tore geöffnet

bleiben sollten. Zeitverlust und Gefahrenpotenzial lassen sich ansonsten durch einen fernbedienbaren Öffnungs- und Schließmechanismus reduzieren, was allerdings den Wartungsaufwand erheblich erhöht.

Der berechtigte Nutzerkreis von verschließbaren Betriebsumfahrten ist fahrzeuggebunden zu definieren und mit Schlüsseln bzw. Fernbedienungen protokolliert auszustatten. Schlüssel sind gegen unberechtigtes Nachmachen zu schützen, da ansonsten der Nutzerkreis durch rechtswidriges Duplizieren der Schlüssel unkontrolliert zunehmen kann.

Betriebsumfahrten sollten nur an den Stellen verschließbar gestaltet werden, bei denen durch Nähe zu Ortschaften und Schleichwegen ein hohes Missbrauchspotenzial zu erwarten ist.

Im Bereich von Lärmschutzwänden oder -wällen ist der Anschluss der Betriebsumfahrten an die Autobahn so zu gestalten, dass die Lärmschutzwirkung erhalten bleibt. Dies kann wie bei Anschlussstellen durch eine versetzte Anordnung der Bauwerke oder durch automatisch verschließbare Tore bei Lärmschutzwänden erreicht werden, wie dies beispielhaft in Bild 47 gezeigt wird.

Weitere Schutzmaßnahmen sind im Bereich von Streckenabschnitten mit Wildschutzzäunen vorzusehen. In die Rampen der Betriebsumfahrten sind entsprechende Viehroste einzubauen (vgl. Bild 48), um einen durchgängigen Schutz vor Wildwechsel gewährleisten zu können. Die Ausstattung mit Toren ist auf Grund der Tatsache, dass die Tore bei widerrechtlicher Nutzung und wäh-



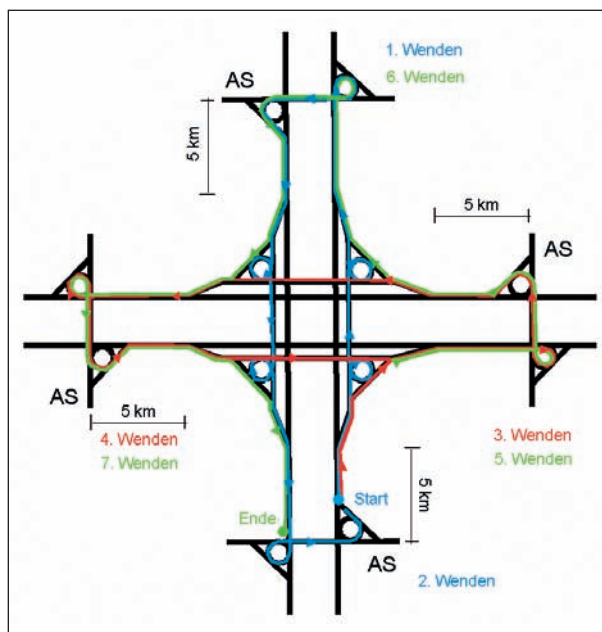
**Bild 48:** Viehrost gegen Wildwechsel im Bereich von Betriebsumfahrten

rend des Winterdienstes zur Verringerung der Verlustzeiten nicht wieder geschlossen werden, nicht ausreichend.

### 5.8.5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Empfehlungen

Im Winterdienst dienen Betriebsumfahrten im Wesentlichen der Verkürzung bzw. Vermeidung von Leerwegen während der Einsätze. Die reduzierten Verlustzeiten pro Winterdiensteinsatz schlagen sich in einem beschleunigten Winterdienst nieder, der volkswirtschaftlich nach dem Vorgehen von DURTH et al. (1996), wiederum mit aktualisierten Daten, bewertet werden kann. Besonders deutlich wird der volkswirtschaftliche Nutzen beim Streuen und Räumen der Rampen von Autobahnkreuzen und -dreiecken.

Beispielhaft wird an dieser Stelle der volkswirtschaftliche Nutzen durch die Anlage von Betriebsumfahrten an einem Autobahnkreuz im Bereich einer Standardmeisterei dargestellt. Die hier zugrunde liegende Autobahnmeisterei hat ein Streckennetz von 70 km zu betreuen. Sowohl die durchgehenden Fahrbahnen als auch die Rampen haben bei Autobahnkreuzen eine hohe verkehrliche Bedeutung, winterlich bedingte Störungen führen zu erheblichen Verkehrsbeeinträchtigungen. Rampen von Anschlussstellen werden in der Regel erst im zweiten Umlauf innerhalb eines Räum- bzw. Streueinsatzes bzw. durch entsprechende Geräteträger bedient. Auf Grund der verkehrlichen Bedeutung der Verbindungsrampen des Autobahnkreuzes sollten diese bei der Routenplanung vorrangig berücksichtigt werden.



**Bild 49:** Skizze eines Räumplans der Rampen und Parallelfahrbahnen eines Autobahnkreuzes

Beschleunigung Winterdienst [min]	Nutzen pro Umlauf [EUR]	Durchschnittl. Winterdiensttage [d]	Nutzen pro Winter [EUR]
30	960	35	33.600

**Tab. 33:** Volkswirtschaftlicher Nutzen von Betriebsumfahrten im Winter

Für das gewählte Beispiel wird angenommen, dass das Autobahnkreuz außerhalb von Ballungsgebieten liegt und somit nicht mit einer dichten Folge von Anschlussstellen zu rechnen ist. Der Abstand zu den nächsten Wendemöglichkeiten für die Fahrzeuge des Straßenbetriebsdienstes beträgt jeweils 5 km. Handelt es sich bei den Wendemöglichkeiten um Anschlussstellen, muss, wie in Bild 49 zu erkennen, beim Räumen und Streuen der Rampen und Parallelfahrbahnen des Autobahnkreuzes das hierfür eingesetzte Fahrzeug zum Wenden drei Mal zusätzlich bis zur nächsten Anschlussstelle fahren. Damit ergeben sich in diesem Rechenbeispiel insgesamt 30 km Leerfahrten ( $3 \cdot 10$  km), welches auf der Basis einer Geschwindigkeit bei Leer- und Lastfahrten im Winterdienst von 60 km/h einer Verlustzeit von 30 Minuten entspricht. Durch die Anlage von Betriebsumfahrten in unmittelbarer Nähe zum Autobahnkreuz können diese Leerfahrten erheblich reduziert werden. Unter der Annahme einer durchschnittlichen Verkehrsstärke von 2.500 Kfz/h ergibt sich mit aktualisierten Werten von DURTH et al. (1996) ein volkswirtschaftlicher Nutzen aus dem beschleunigten Winterdienst (vgl. Tabelle 33), hochgerechnet auf einen Winter mit einem Einsatz

pro Winterdiensttag errechnet sich dieser zu rund 34.000 EUR, bezogen auf einen beschleunigten Winterdienst im Autobahnkreuz selbst. Nachfolgende Winterdienstesätze wirken sich dann mit einem erheblichen volkswirtschaftlichen Nutzen auf den gesamte Netz aus.

Strenge Winter mit einer hohen Anzahl erforderlicher Winterdienstesätze oder höhere Verkehrsbelastungen steigern den volkswirtschaftlichen Nutzen weiter. Neben dem Nutzen durch den beschleunigten Winterdienst ergeben sich auch betriebswirtschaftliche Vorteile durch die eingesparten Leerfahrten. Übertragen auf die Praxis sind jeweils die Randbedingungen zur Bewertung des volkswirtschaftlichen Nutzens anzupassen.

Durch eine optimierte Standortwahl und Anlage von Betriebsumfahrten kann der Straßenbetriebsdienst insgesamt flexibler gestaltet werden. Insbesondere beim Winterdienst können erhebliche Verlustzeiten aufgrund langer Wende- und Leerfahrten und damit Kosten eingespart werden. Auf Grundlage der oben angesprochenen Empfehlungen zum Einrichten von Betriebsumfahrten sowie der entwurfstechnischen und betrieblichen Hinweise können Autobahnabschnitte entsprechend überprüft werden; die erarbeiteten Hinweise sollten insbesondere bei Ausbauplanungen beachtet werden.

## 5.9 Temporäre Fahrverbote

### 5.9.1 Allgemeines

Am 21.12.2001 kam es in den Nachmittagsstunden nach Einsetzen von heftigen Schneefällen bei gleichzeitigem Zusammentreffen des Feierabend- (Freitag) und des Feiertagverkehrs vor den Weihnachtsfeiertagen auf den Autobahnen A 3, A 8, A 9 und A 45 zu gravierenden Verkehrszusammenbrüchen mit Staus von über 20 Stunden Dauer. Der dabei entstandene volkswirtschaftliche Schaden war enorm. Ursachen dieser Winterstaus waren vielfach auch liegen gebliebene Lkw an Steigungstrecken.

Unter Berücksichtigung der prognostizierten Zuwächse im Güterverkehr wird die Gefahr von massiven Verkehrsbehinderungen und Verkehrszusammenbrüchen auf den hoch belasteten Bundesautobahnen zunehmen.

Neben einer Literaturanalyse zu Maßnahmen in solchen extremen Fällen wurden auch Expertengespräche mit verschiedenen Landesstraßenbauver-

waltungen und Autobahnpolizeidienststellen (AP Arnsberg NRW; AP Mühlhausen BW) zu Praxiserfahrungen durchgeführt. Bei der Auswertung dieser Erfahrungen wurden innerhalb dieses Forschungsprojektes im Wesentlichen die winterdienstbetreffenden bzw. -unterstützenden Einsatzmaßnahmen an sich erörtert, die Organisationsstrukturen und Abläufe bei der Anwendung von Katastrophenplänen wurden hier nur zum Verständnis beschrieben. Mit den Erfahrungen in den verschiedenen Bundesländern Deutschlands sowie den Berichten aus dem Ausland wurden Empfehlungen für temporäre Fahrverbote und begleitende Maßnahmen zusammengestellt.

### 5.9.2 Erfahrungen in Deutschland

In den untersuchten Bundesländern sind in den letzten Jahren für extreme Witterungslagen mit länger anhaltenden, chaotischen Verkehrszuständen in Zusammenarbeit der zuständigen Abteilungen der Landesstraßenbauverwaltungen, der Autobahnmeistereien, der Autobahnpolizeidienststellen und der Rettungskräfte (Feuerwehr, Technisches Hilfswerk (THW), Deutsches Rotes Kreuz, ...) Katastrophenpläne entwickelt worden. Bei plötzlichen, extremen sowie laut Prognosen länger anhaltenden winterlichen Witterungseinflüssen, die zu nicht nur kurzfristigen Verkehrsstörungen in größeren Bereichen des Streckennetzes führen, treten diese Katastrophenpläne stufenweise in Kraft. Da bei der Umsetzung zahlreiche verkehrsrechtliche Maßnahmen zum Einsatz kommen, löst die zuständige Autobahnpolizei die vorbereitenden Maßnahmen des entsprechenden Katastrophenplans bzw. die nächsthöhere Einsatzstufe aus. Als Führungsstab werden Leitstellen zur übergeordneten Informationssammlung und Koordination der Abläufe und Einsätze eingerichtet.

Im Falle von zu erwartenden extremen Witterungslagen werden für die betroffenen Streckenabschnitte von den zuständigen Stellen vorbereitende Maßnahmen getroffen und zentral verwaltet. Im Regelfall sind dies:

- Sammeln und Auswerten von Wetterdaten und Prognosen durch Wetteramt, Winterdienstzentrale bzw. Autobahnmeisterei etc.,
- Überprüfen der aktuellen Verkehrssituation durch Autobahnpolizei, Verkehrsleitzentrale bzw. Autobahnmeisterei etc.,
- Aufklären der aktuellen Fahrbahnzustände durch Autobahnpolizei bzw. Autobahnmeisterei,



- Verstärkung der Einsatzkräfte bei Autobahnpolizei und Autobahnmeisterei, Informationsweitergabe über die Situation an THW, Feuerwehren, Rettungskräfte zur Vorbereitung,
- Informieren der Verkehrsteilnehmer über die Medien (Fahrzeuge mit Winterausrüstung ausstatten, Fahrten vermeiden, betroffene Streckenabschnitte meiden, Lkw-Fahrer darauf hinweisen, Rastanlagen anzufahren).

Zur Abwehr von chaotischen Verkehrssituationen bei extremen winterlichen Bedingungen, die allein durch den Volleinsatz des Winterdienstes nicht mehr vermieden werden können, kommen in den untersuchten Bundesländern u. a. folgende Maßnahmen zur Anwendung:

### **Temporäre Fahrbahnspernung**

Die Polizei ist nach § 44 Abs. 2 StVO befugt, den Verkehr durch Zeichen und Weisungen zu regeln und kann bei Gefahr im Verzuge zur Aufrechterhaltung der Sicherheit oder Ordnung des Straßenverkehrs vorläufige Maßnahmen treffen.

Bei sich einstellenden erheblichen winterbedingten Behinderungen auf der Autobahn kann die Autobahnpolizei in Nordrhein-Westfalen zur Abwehr von chaotischen Zuständen den betroffenen Streckenabschnitt temporär sperren. Gegebenfalls wird dann der Pkw-Verkehr in den Problembereichen durch die Polizei von der Autobahn in das nachgeordnete Straßennetz abgeleitet. Bei langanhaltenden Stauungen dient diese Maßnahme auch der Vorsorge gegen unvernünftige/panikartige Reaktionen der Pkw-Fahrer. Der Lkw-Verkehr verbleibt auf der Autobahn. Zur Umsetzung dieser Maßnahme setzt die Polizei Rundfunkdurchsagen mit Verhaltens- und Warnhinweisen sowie Lautsprecherdurchsagen durch Polizeifahrzeuge ein. Inwieweit aber Ab- bzw. Umleitungen des Verkehrs aus Anlass extremer Witterungslagen geeignet sind und welche besonderen Randbedingungen im nachgeordneten Straßennetz vorliegen, sind in speziellen Verzeichnissen geregelt. Gegebenenfalls werden weitere Hilfskräfte wie die Feuerwehren und Rettungskräfte zum Schutz der Gesundheit und Versorgung sowie das Technische Hilfswerk (THW) zum Freischleppen fest sitzender Lkw eingesetzt. Das Technische Hilfswerk wird hier nicht zu Absperr- und anderen verkehrsrechtlichen Maßnahmen eingesetzt. Mit Hilfe der eingeleiteten temporären Fahrbahnspernung besteht für den Winter-

dienst die Möglichkeit, auch entgegen der Fahrtrichtung zu räumen. Im Winter 2003/04 kam diese Maßnahme an 5 bis 7 Tagen auf mehreren Streckenabschnitten im Zuständigkeitsbereich der Autobahnpolizei Arnberg zum Einsatz (Autobahnpolizei Arnberg 2004).

In Bayern sind in den letzten Jahren konkrete Katastrophenschutz-Sonderpläne zu BAB-Abschnitten zur Vermeidung bzw. Bewältigung von lang andauernden, winterbedingten Staus erarbeitet worden, in denen auch temporäre Fahrbahnspernungen im Bereich von neuralgischen Streckenabschnitten als Maßnahme bei extremen Winterereignissen geregelt werden. Im Bereich des Irschenbergs der A 8 (AM Holzkirchen) sind bei starkem Schneefall und der damit verbundenen Gefahr des Verkehrszusammenbruchs frühzeitig zwischen der Autobahnmeisterei und den zuständigen Polizeidienststellen geeignete Maßnahmen einzuleiten, um den Winterdienst im erforderlichen Umfang aufrechtzuerhalten. Für eine verbesserte Einschätzung der Gefahrenlage steht eine zentrale Informationssammel- und Auswertestelle für Verkehr und Wetter der zuständigen Autobahndirektion zur Verfügung. Zur Gefahrenabwehr vor im Steigungsbereich liegen bleibender Lkw kann durch die Autobahnpolizei eine vorsorgliche temporäre Fahrbahnspernung zur Durchführung des Winterdienstes angeordnet werden. Für die Fahrbahnspernung wird der Verkehr durch Geschwindigkeitsdrosselung der Polizeifahrzeuge im noch fließenden Verkehr in Richtung Süden bei km 39 bzw. in Richtung Norden bei km 46,7 jeweils vor der Betriebsumfahrt angehalten. Das Technische Hilfswerk wirkt unterstützend mit. Daraufhin wird der Irschenberg je nach Wetterlage ein bis zwei Mal in Staffelfräumung intensiv betreut. In der Regel wird der Verkehr für 30 bis 45 Minuten angehalten.

In Baden-Württemberg wurde im Rahmen dieser Untersuchung der Streckenabschnitt Alaufstieg/Drackensteiner Hang im Zuge der A 8 näher betrachtet. In diesem Streckenabschnitt werden bei entsprechend winterlichen Fahrbahnbedingungen und starken Verkehrsbelastungen temporäre Fahrbahnspernungen bzw. Verkehrsausleitungen vor den neuralgischen Abschnitten durchgeführt, um weiterhin einen durchführbaren Winterdienst im gefährdeten Steigungsbereich ermöglichen zu können.

Bei kritischen Fahrbahnzuständen beim Alaufstieg wird Richtung München an der AS Mühlhau-

sen der Lkw-Verkehr angehalten. Bei hohen Lkw-Anteilen wird zudem vor dem Aichelberg eine temporäre Fahrbahnspernung durchgeführt, um den Zufluss zum Alaufstieg zu stoppen. Wenn es die Fahrbahnzustände des nachgeordneten Straßennetzes im Bereich des Alaufstiegs zulassen, wird der Lkw-Verkehr an der AS Mühlhausen ausgeleitet, um den Staubereich Aichelberg – Mühlhausen zu entlasten und ein Durchkommen der Winterdienstfahrzeuge zu ermöglichen (vgl. Bild 50). Voraussetzung für ein derartiges Eingreifen in den Verkehr sind Fahrbahnzustände, die ein unfallfreies Anhalten noch zulassen.

Im Bereich des Drackensteiner Hangs wird der Schwerverkehr Richtung Stuttgart an der Behelfsausfahrt Hohenstadt ausgeleitet und auf die Fahrbahn Richtung München zurückgeleitet. Durch diese Maßnahme soll ein totaler Stillstand des Verkehrs vermieden und die Durchführung des Winterdienstes weiterhin gewährleistet werden. Die zurückgeleiteten Lkw-Fahrer werden angehalten, diesen neuralgischen Abschnitt über die A 7 großräumig zu umfahren.

Weiterhin wird das Technische Hilfswerk frühzeitig durch die Autobahnpolizei alarmiert und an den neuralgischen Abschnitten positioniert, um bei Bedarf sofort neben Bergungsarbeiten und Freischleppen von Lkw auch Absperrungs- und Absicherungsarbeiten sowie eine bedarfsweise Begleitung von Räum- und Streufahrzeugen durchzuführen.

Da das Technische Hilfswerk frühzeitig bei witterungsbedingten Einsätzen im Bereich des Alaufstiegs/Drackensteiner Hangs alarmiert wird, kann anhand der Einsatzberichte eine Größenordnung der Häufigkeit der temporären Fahrbahnspernungen ermittelt werden. Die Auswertung der Einsatzberichte des Technischen Hilfswerks für die Winter 2000/01 bis 2002/03 zeigt, dass das THW pro Winter zwischen 20 bis 150 Stunden eingesetzt wird. Eine detaillierte Auflistung der Einsätze ist der Anlage 14.1 zu entnehmen. Bei länger dauernden Einsätzen wurde die A 8 mehrmals gesperrt. Während dieser Einsätze wurden ca. 80 bis 120 Lkw freigeschleppt.

Zur Verdeutlichung wird beispielhaft hier der praktische Ablauf mehrerer temporärer Fahrbahnspernungen auf der A 8 im Bereich Drackensteiner Hang und Aichelberg am 06.02.2003 dargestellt. Starke, anhaltende Schneefälle hatten trotz des Volleinsatzes des Winterdienstes der AM Ulm-Dornstadt den Verkehr ab 5.30 Uhr zum Teil zum Erliegen gebracht.



**Bild 50:** Temporäre Ausleitung des Schwerverkehrs an der AS Mühlhausen (A 8) am 06.02.2003 [Videobild]

Einzelne Lkw standen am Aichelberg Richtung München quer. Das Technische Hilfswerk war ebenfalls ab 5.30 Uhr für Bergungsarbeiten und verkehrslenkende Maßnahmen im Einsatz. Auf Grund der schlechten Straßenverhältnisse der Umleitungsstrecken im nachgeordneten Netz ist eine Ausleitung des Verkehrs vor dem Bereich Drackensteiner Hang/Aichelberg nicht sinnvoll. Ab 6.35 Uhr wurde die A 8 in beiden Fahrtrichtungen kurzzeitig für den Schwerverkehr vor dem Aichelberg bzw. vor dem Drackensteiner Hang zur Unterstützung der Räumdienste an den Steigungs- und Gefällstrecken gesperrt.

Der Winterdienst der AM Ulm-Dornstadt konnte während dieser Phase die Einsatzorte zügig erreichen und verstärkt sowie mit höheren Räumgeschwindigkeiten (d. h. ohne Behinderungen durch Lkw) die neuralgischen Streckenabschnitte wieder befahrbar machen. Zwischen 7.00 und 7.10 Uhr, d. h. nach einer guten halben Stunde, wurde der Verkehr wieder freigegeben.

Ab 8.35 Uhr wurde bei weiterhin anhaltenden Schneefällen bei 10 km stockendem Verkehr Richtung München an der AS Mühlhausen der Schwerverkehr unter Mitwirkung des THW für ca. 30 Minuten ausgeleitet (Bild 50). Ebenfalls wurde an der AS Aichelberg der Verkehr zur Entschärfung der Staulage zeitweise ausgeleitet. Ab 10.30 Uhr wurde die Fahrbahn an der AS Mühlhausen nochmals temporär gesperrt. Während dieser Sperrphasen konnte der Winterdienst die beengten Fahrbahnen des Alaufstiegs bedienen. Ab 13.15 Uhr galt die Phase des extremen Winterdienstes als beendet (Autobahnpolizei Mühlhausen 2004).

### Zufahrtssperrungen der Anschlussstellen

In Nordrhein-Westfalen werden bei winterbedingtem Staus auf Autobahnen, die sich innerhalb kürzerer Zeit auch nicht wieder auflösen, die Zufahrts-



**Bild 51:** Klappschild zum Sperren der Anschlussstelle, hier AS Freudenberg der A 45

rampen der Anschlussstellen der betroffenen Streckenabschnitte mit Hilfe von Klappschildern des Zeichens 250 StVO gesperrt. Diese Zusatzbeschilderung befindet sich im Einmündungsbereich in der Regel auf den Richtungshinweistafeln und zusätzlich am rechten und linken Fahrbahnrand (Bild 51). Das Aufklappen erfolgt nach Anordnung der Polizei durch die örtlichen Feuerwehren bzw. im Ausnahmefall durch die Autobahnpolizei selbst. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme bzw. inwieweit die temporäre Sperrung der Anschlussstelle vom Verkehrsteilnehmer wahrgenommen und befolgt wird, konnte bisher noch nicht erfasst werden.

In Bayern können ebenfalls im Zuge der teilweisen Umsetzung der Katastrophenschutz-Sonderpläne als regionale verkehrslenkende Maßnahme Anschlussstellen gesperrt werden. Die Maßnahme wird durch die ortsansässigen Freiwilligen Feuerwehren durchgeführt. Das Gleiche gilt für den Untersuchungsraum in Baden-Württemberg.

### Lkw-Überholverbot

Als Vorstufe vor massiven Eingriffen in den Verkehr dient ein temporäres Lkw-Überholverbot, welches durch Klappschilder bzw. durch Wechselverkehrszeichen einer Verkehrsbeeinflussungsanlage eingerichtet werden kann. Praxiserfahrungen zeigen allerdings, dass der Effekt dieser Maßnahme sehr gering ist. Trotz geschalteten Lkw-Überholverbots auf Grund winterlicher Fahrbahnzustände wird dieses Verbot von den Lkw häufig missachtet. Weiterhin versuchen laut Polizeiprotokollen Lkw-Fahrer oft, winterbedingt liegen gebliebene Lkw im Steigungsbereich trotz der widrigen Bedingungen am

Hindernis auf dem 2. bzw. 3. Fahrstreifen zu überholen. Dies führt nicht selten zur Komplettspernung der Fahrbahn durch mehrere nebeneinander liegen gebliebene Lkw. In diesem Fall handelt es sich rechtlich nicht um ein „Vorbeifahren“, denn ein „Vorbeifahren“ liegt nur an nicht verkehrsbedingt haltenden Verkehrsteilnehmern vor. Stau- oder witterungsbedingt haltende Fahrzeuge halten jedoch verkehrsbedingt, somit wird auch in diesem Fall überholt.

Bei entsprechenden sich einstellenden winterlichen Fahrbahnzuständen erscheint es daher insbesondere im Bereich von neuralgischen Streckenabschnitten wirkungsvoller, die Überholfahrstreifen durch das Zeichen 253 StVO für den Lkw-Verkehr zu sperren. Die Umsetzung kann wiederum durch Klappschilder oder Wechselverkehrszeichen erfolgen.

### 5.9.3 Internationale Erfahrungen

#### Schweiz

Auf der schweizerischen A 2 (Gotthardautobahn) wurde nach dem Verkehrsunfall mit Großbrand und 11 Toten im Gotthardstraßentunnel das so genannte Tropfenzählersystem im September 2002 eingerichtet. Bei diesem System werden Lkw über Warteplätze zum Tropfenzähler (Kapazität bis max. 30 Lkw) vor dem Nordportal des Gotthardstraßentunnels geführt und durch eine Lichtsignalanlage gesteuert einzeln in den Tunnel gelassen (siehe Lageplanskizze in Anlage 14). Die maximale Verkehrsdichte bei der Zufahrt in den Tunnel beträgt 1.000 Pkw-Einheiten pro Stunde und Richtung, wobei in Abhängigkeit des Pkw-Verkehrs pro Stunde zwischen 60 bis maximal 150 Lkw (1 Lkw = 3 Pkw-Ein-

heiten) für die Tunnelleinfahrt zugelassen werden. Neben der Erhöhung der Verkehrssicherheit im Tunnel wird dieses verkehrslenkende System auch zur Unterstützung des Winterdienstes genutzt. Der 13 km lange Streckenabschnitt zwischen Amsteg und Göschenen vor dem Nordportal des Gotthardstraßentunnels ist durch eine hohe Längsneigung (bis 5 %), teilweise ohne Standstreifen mit vielen kurzen Tunneln, Galerien und Brücken, gekennzeichnet. Falls auf Grund einer schneebedeckten Fahrbahn bei Schneefällen die Gefahr von liegen bleibenden Lkw im Steigungsbereich gegeben ist, wird die so genannte Winterregelung aktiviert. Dazu wird kurz vor der Anschlussstelle Amsteg ein mobiler Warteraum (Schipfibach) für den Lkw-Verkehr eingerichtet, d. h., das Tropfenzählersystem wird vom Nordportal vor den Steigungsbereich nach Schipfibach ververlegt (siehe Lageplanskizze in Anlage 14). Zur Einrichtung des Warteraums Schipfibach werden Klappschilder und schwenk-

bare Signalgeber aktiviert und der mobile Warteraum auf dem Standstreifen durch Aufstellen von Leitbaken im Abstand von 20 bis 30 m von den Fahrstreifen deutlich sichtbar abgetrennt. Das Einweisen bzw. das Wiedereinfahren der Lkw in den Verkehr wird durch zwei Beamte vor Ort geregelt und kontrolliert. Die Systemanpassung vom normalen Tropfenzählersystem zur Winterregulierung kann innerhalb von 30 Minuten erfolgen. Wie beim normalen Tropfenzählersystem wirken die Warteräume Attinghausen und Axen sowie bei Bedarf die Warteräume der benachbarten Kantone als Kapazitätspuffer. Nach Durchführung des Winterdienstes können situationsabhängig Lkw pulkweise den Räumdiensten folgen. Falls der Steigungsbereich auf Grund von Schneeglätte vom gesamten Verkehr nicht befahren werden kann, können nach einigen hundert Metern durch Lichtsignalanlagen (vgl. Bild 53) temporäre Fahrbahnsperrrungen durchgeführt werden. Im Bedarfsfall besteht auch



**Bild 52:** Vorsignalisation Warteraum Axen (links) und Einfahrt in den Warteraum Attinghausen (rechts) [Bildquelle: Verkehrspolizei Kanton Uri, Schweiz]



**Bild 53:** Regelung am Tropfenzählersystem durch eine Lichtsignalanlage (links) und Schilderbrücke mit LSA, auch eingesetzt zur temporären Fahrbahnsperrrung bei der Winterregelung (rechts, Videobild)



die Möglichkeit, den Pkw-Verkehr über die Anschlussstelle Amsteg ins nachgeordnete Straßennetz auszuleiten.

Die Gestaltung der Lkw-Warteräume mit Vorsignalisation in der Beschilderung und baulicher Trennung durch temporäre passive Schutzeinrichtungen (hier Stahlschutzwand Vario Guard) hat sich in der Praxis als verkehrssicher und regelungsfreundlich gezeigt. Durch dieses System ist kein direktes Aufhalten des Personals (z. B. Polizei) im Verkehrsraum zum Anhalten des Lkw-Verkehrs notwendig und die verbindlichen Regelungen werden von den Verkehrsteilnehmern verstanden und eingehalten. Nach GEHRKEN/RAPP (2003) haben die Erfahrungen mit dem Tropfenzählersystem gezeigt, dass die Inbetriebnahme der Warteräume oft auch wetterbedingt, z. B. für die Winterregelung, begründet war. Die Beschilderung zu den Warteräumen und deren Gestaltung ist in Bild 52 dargestellt.

### Österreich

Auf der Tauernautobahn A 10 im Zuständigkeitsbereich der AM Flachau kommt es auf Grund der hohen Längsneigungen von 4,5 %, einem Lkw-Anteil von ca. 20 % und der jährlichen Schneehöhen von 8 bis 12 m häufig zu extremen Winterdienst-

einsetzen. Ein Anhalten auf dem Seitenstreifen ist wegen der dort vom Winterdienst aufgeschobenen Schneewälle nicht möglich. Um bei kritischen Fahrbahnzuständen das Querrutschen von Lkw zu vermeiden, werden vor der neuralgischen Steigung Richtung Süden in Absprache von Polizei, Autobahnmeisterei und Tunnelwarte kurzzeitige Fahrbahnsperrungen durchgeführt. Hierbei wird die Lichtsignalanlage im Bereich der Höhenkontrolle vor dem Tauerntunnel genutzt (vgl. Bild 54). Im Anschluss der in Staffel räumenden Winterdienstfahrzeuge, die über die Betriebseinfahrt an der Lichtsignalanlage einfahren können, wird der Verkehr wieder freigegeben. Die temporären Fahrbahnsperrungen dauern maximal 30 Minuten.

Ähnlich verfahren wird bei extremen winterlichen Zuständen auf der A 21 (Wiener Außenring-Autobahn). Auch hier liegen Längsneigungen zwischen 4 und 5 % vor. Im Einvernehmen mit der Verkehrspolizei kann durch die zuständige Meisterei Alland mittels einer Wechselwegweisungsanlage beginnend vom Knoten Steinhäusl auf der A 1 Westautobahn bis zum Knoten Vösendorf auf der A 2 Südautobahn eine temporäre Fahrbahnsperrung eingerichtet werden (vgl. Bild 55). Diese Maßnahme ist aber nur äußerst selten erforderlich.



**Bild 54:** Lichtsignalanlage im Bereich der Höhenkontrolle des Tauerntunnels für temporäre Fahrbahnsperrungen [Bildquelle: AM Flachau, Österreich]



**Bild 55:** Schaltungen der Wechselwegweisungsanlage auf der A 21 von Normalzustand über Kettenanlegepflicht bis hin zu temporärer Fahrbahnsperrung [Bildquelle: Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Österreich]



**Bild 56:** Hinweistafel „A 21 mit Schneeketten- und Lkw-Symbol“ und Lkw-Fahrer beim Kettenanlegen [Bildquelle: Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Österreich]

Weiterhin besteht in Österreich die Möglichkeit der Verhängung einer Winterreifen- oder Kettenpflicht (Beispiel siehe Bild 56). Hierzu wurden an gefährdeten Streckenabschnitten (beispielsweise A 21 und A 1) so genannte Kettenanlegeplätze an bzw. auf den Autobahnen errichtet. An der A 21 beispielsweise werden dazu im Bereich der vierstreifigen Richtungsfahrbahnen die beiden äußeren Fahrstreifen temporär durch Absperrtafeln etc. über lange Streckenabschnitte gesperrt. In anderen Abschnitten stehen überbreite Standstreifen mit Beleuchtung zum Anlegen der Ketten zur Verfügung. Durch entsprechende Verkehrszeichen „Schneeketten vorgeschrieben“ und Polizei werden bei Anordnung Lkw, deren zulässiges Gesamtgewicht über 3,5 t liegt, auf diese Plätze abgeleitet. Der Fahrer ist verpflichtet, für die Weiterfahrt Ketten anzulegen. Bei der Umsetzung zeigen sich aber große Probleme, da viele Lkw keine Ketten mitführen bzw. die Fahrer nicht geübt sind, die Ketten aufzuziehen.

Zur Entschärfung der Situation im Bereich der A 21 werden großräumige Umfahrungsstrecken empfohlen. Die Ankündigung der Verkehrsumleitung für den Lkw-Verkehr geschieht einerseits durch Freimachen von Hinweistafeln „A 21 mit Schneeketten- und Lkw-Symbol“ (siehe Bild 56) und andererseits durch gesondertes Aufstellen weiterer Hinweistafeln in den benachbarten Bezirken. Dies wird von den jeweils zuständigen Straßenmeistereien durchgeführt. Über den Verkehrsfunk werden zusätzliche Informationen für die Verkehrsteilnehmer verbreitet.

#### 5.9.4 Empfehlungen

Die Anwendung von temporären Fahrbahnsperren bzw. temporären Lkw-Fahrverboten kann nicht autark angewendet werden, sondern ist immer im Zusammenhang mit vorausgehenden bzw. begleitenden Maßnahmen und der Zusammenarbeit vieler Einsatzkräfte wie Autobahnmeisterei, Autobahnpolizei, Feuerwehr, THW, Rettungskräfte etc. zu betrachten. Daher sind für die Vorbereitung und Planung von Maßnahmen wie temporären Fahrverboten alle betroffenen Kräfte einzubeziehen, um diese bei der koordinierten Umsetzung optimal und geordnet einsetzen zu können und die zahlreichen Synergieeffekte insbesondere beim Informationsfluss zu nutzen.

Die Praxiserfahrungen in den untersuchten Gebieten haben gezeigt, dass eine Umsetzung von temporären Lkw-Fahrverboten zurzeit kaum realisierbar ist. Ein wesentlicher Grund dafür liegt im mangelnden Verständnis der betroffenen Verkehrsteilnehmer. Das bedeutet beispielsweise, dass Lkw-Fahrer durch Rundfunkdurchsagen aufgefordert werden können, Rastanlagen anzufahren bzw. sich auf dem Standstreifen abzustellen, eine rechtsverbindliche Verpflichtung ist dadurch aber nicht gegeben. Die gesichteten Winterdienst-Einsatzberichte der Autobahnmeistereien und die Einsatzprotokolle der Autobahnpolizeidienststellen zeigen vielfach, dass trotz winterlicher Fahrbahnbedingungen und fehlender Winterausrüstung teilweise der Schwerverkehr keine Rastanlagen anfährt, an Steigungsstrecken versucht zu überholen

bzw. am stehenden Lkw-Stau vorbeifährt. Folge sind vielfach blockierte Autobahnquerschnitte und Lkw auf allen Fahrstreifen, sodass keine Räumgasse mehr gebildet werden kann. Ein weiteres Problem aus Sicht der Autobahnpolizei wird darin gesehen, dass Lkw-Fahrer länger anhaltende, winterbedingte Staus als Ruhezeiten nutzen und bei Auflösung des Staus durch Polizeikräfte einzeln geweckt werden müssen, was eine erhebliche Verzögerung in der Normalisierung des Verkehrs nach sich zieht.

Aus diesen Erfahrungen folgen im Wesentlichen zwei Forderungen:

Zum einen sollten in der StVO verpflichtende Regelungen für den Lkw-Verkehr bei winterlichen Fahrbahnbedingungen eingeführt werden, wie dies beispielsweise bei Gefahrguttransporten bereits umgesetzt worden ist (§ 2 Abs. 3a StVO). Hier sollte geregelt sein, bei welchen Randbedingungen Lkw Rastanlagen anfahren müssen bzw. nur mit Winterausrüstung (Winterreifen oder Schneeketten) weiterfahren dürfen. Diese Regelungen können auch mittels Beschilderung streckenbezogen gelten. Weiterhin sollten im Zuge dessen in der StVO verkehrsbeschränkende Maßnahmen für Lkw festgelegt werden, dass beispielsweise im Geltungsbereich dieser neuen Regelungen für Lkw nur noch der erste Fahrstreifen freigegeben ist (d. h. keine Benutzung der Überholfahrstreifen), um somit ein Zustellen der Räumgassen bzw. ein Blockieren der Fahrbahn zu verhindern. Die Ergänzung in der StVO hätte eine flächendeckende Wirkung und könnte durch entsprechende temporäre Beschilderung leicht umgesetzt werden.

Zum anderen ist an besonders neuralgischen Streckenabschnitten für eine sichere und wirkungsvolle Umsetzung eines temporären Lkw-Fahrverbots eine eindeutige, rechtlich verbindliche sowie international verständliche Symbolik zu entwickeln. Die Separierung des Pkw- und Lkw-Verkehrs zum temporären Anhalten des Lkw-Verkehrs durch mobile Einsatzkräfte der Autobahnpolizei und Durchsagen etc. ist bei extremen winterlichen Bedingungen nicht praktikabel und bringt ein hohes Gefahrenpotenzial für die Einsatzkräfte mit sich. Hierbei erscheint es weiterhin sinnvoll, an neuralgischen Streckenabschnitten wie beispielsweise dem Alaufstieg ein verkehrslenkendes System ähnlich dem der Warteräume an der Schweizer Gotthardautobahn (siehe auch Kapitel 5.9.3) einzusetzen.

Ergänzend dazu sind bei starken Schneefällen und einem entsprechenden Verkehrsaufkommen die vorausgehenden bzw. unterstützenden Maßnahmen zur Entschärfung der Situation am neuralgischen Streckenabschnitt und zur Unterstützung des Winterdienstes unter Einbeziehung der jeweiligen Einsatzkräfte zu koordinieren und zu optimieren. Diese können in die stufenweise umzusetzenden, streckenbezogenen Katastrophenpläne integriert werden. Die entsprechenden Voraussetzungen (z. B. Mitbenutzung der Betriebsumfahrten, siehe Empfehlungen des Kapitels 5.8) sind vorab zu schaffen. Unterstützungsmaßnahmen sind:

- Verkehrsteilnehmer per Medien über aktuelle Situation informieren und lokalbezogene Empfehlungen weitergeben (siehe auch Kapitel 6),
- großräumige Umleitungsstrecken ausweisen,
- temporäres Lkw-Überholverbot einrichten,
- temporäres Fahrverbot für Lkw auf den Überholfahrstreifen einrichten,
- Verkehr vor dem neuralgischen Streckenabschnitt über Anschlussstellen oder Betriebsumfahrten auf die Fahrbahn in die Gegenrichtung für eine großräumige Umfahrung und Stauabbau zurückleiten,
- Pkw-Verkehr an Anschlussstellen oder an Betriebsumfahrten in das nachgeordnete Straßennetz ausleiten. Dies ist aber nur möglich, wenn zum einen die Umleitungsstrecken auch als solche im Winter, z. B. im Hinblick auf ihre Trassierung und Ausstattung, genutzt werden können und sie zum anderen im Anforderungsniveau für den Winterdienst wie Autobahnen eingestuft werden. Allerdings sollte eine Ausleitung des Verkehrs, d. h. eine extrem hohe Zusatzbelastung des örtlichen Straßennetzes, nur bei lang andauernden Verkehrsstauungen auf der Autobahn in Betracht gezogen werden.

Ein vorsorgliches Anhalten des Lkw-Verkehrs für Räum- und Streueinsätze ist grundsätzlich dann zu empfehlen, wenn abzusehen ist, dass andernfalls Fahrzeuge im Steigungsbereich liegen bleiben und dadurch länger andauernde Stauungen verursachen als die durch die vorsorgliche Verkehrsbeschränkung für den Winterdienst. Auch telefonische Umfragen des Forschungsnehmers nach Winterereignissen mit quer stehenden Lkw im Winter 2003/04 zeigten, dass diese Ereignisse sich fast ausschließlich im Bereich von Steigungsstrecken

ab 4 % bei starken Schneeschauern ereigneten. Von Seiten des Forschungsnehmers wird daher der Aufbau einer provisorischen Pilotanlage vor einer neuralgischen Steigungsstrecke zur Durchsetzung eines temporären Lkw-Fahrverbots empfohlen. Eine solches System sollte folgende Elemente enthalten:

- Einrichten eines abgetrennten Stauraums, z. B. auf dem Standstreifen im ebenen Bereich vor dem gefährdeten Streckenabschnitt. Der Stauraum sollte sichtbar von den übrigen Fahrstreifen getrennt werden, um ein Ausscheren der Lkw aus dem hinteren Bereich zu vermeiden. Eine solche temporäre Trennung könnte beispielsweise durch Leitbaken oder ein Leitschwellensystem mit kleinen Leitbaken umgesetzt werden, welches im Notfall (Pannenfahrzeug) überfahrbar wäre. Der Stauraum muss eine ausreichende Länge aufweisen, um Fahrzeuge bei einer durchschnittlichen Dauer des Lkw-Fahrverbots von 30 bis 45 Minuten aufzunehmen. Dieser Stauraum kann bei zu großer Länge in zwei bzw. mehrere Einzelstauräume aufgeteilt werden.
- Regelung des Lkw-Verkehrs durch eine Lichtsignalanlage am Wiedereinfahrbereich des abgesperrten Stauraums. Beim Wiedereinfahren müssen ausreichende Verflechtungsbereiche zur Verfügung stehen. Durch Simulationen könnten die Verkehrsvorgänge beim Wiedereinfahren und damit die Dauer des Entleerens des Stauraums ermittelt werden.
- Nutzung von klappbaren Hinweisschildern (Beispiel Schweiz) im Vorfeld und im Verlauf des Stauraums bis zum Wiedereinfahrbereich. Diese temporäre Beschilderung sollte mit Blinklichtern ausgestattet werden, um die Aufmerksamkeit beim Einsatz zu erhöhen.

Mittels einer solchen vorerst provisorischen Pilotanlage könnte nach entsprechenden Voruntersuchungen zur anlagentechnischen Anpassung an die gegebenen Randbedingungen die praktische Umsetzung in Deutschland analysiert und die Optimierungspotenziale durch ein solches System für den Verkehrsablauf ermittelt werden.

## 6 Zusammenfassende Bewertung und Ausblick

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden im Wesentlichen zwei Ziele verfolgt: Zum einen sollte die Kapazität von Autobahnquerschnitten bei winterlichen Fahrbahnbedingungen durch eine verkehrstechnische Untersuchung winterbedingter Staus betrachtet werden, um daraus Größenordnungen der auftretenden Leistungsfähigkeitsverluste zu ermitteln. Da die Auswirkungen dieser Kapazitätsrückgänge insbesondere auf den hoch belasteten Autobahnen gravierend sind, sollten zum anderen ausgewählte Pilotprojekte in einzelnen Autobahnmeistereien im Hinblick auf eine Optimierung der Winterdienstesätze untersucht und bei der Praxiserprobung wissenschaftlich begleitet werden, um damit mögliche Empfehlungen für die Winterdienstpraxis geben zu können. Weiterhin wurden Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen der einzelnen Maßnahmen durchgeführt.

Bisher gibt es nur geringe Kenntnisse zum Verkehrsablauf und zur Kapazität bei winterlichen Fahrbahnbedingungen in Deutschland. Als Untersuchungsstrecken dienten die A 5 im Bereich der AM Alsfeld in Hessen, die A 8 zwischen Kirchheim (Teck)-Ost und Leipheim (AM Ulm-Dornstadt, Baden-Württemberg) und der Zuständigkeitsbereich der AM Rüsselsheim im Ballungsraum Rhein-Main. Zur Ermittlung der Kapazität bei winterlichen Fahrbahnbedingungen wurden neben Angaben zum untersuchten Streckenverlauf (Längsneigungen, Fahrstreifenanzahl etc.) im Wesentlichen die Winterdienst-Einsatzberichte der untersuchten Autobahnmeistereien, zusätzliche Einsatzberichte zur Stauerfassung sowie Daten von Langzeitzählstellen mit differenzierten Verkehrsstärke- und Geschwindigkeitswerten herangezogen. Der Verkehrsablauf der Autobahnabschnitte der freien Strecke in Hessen und Baden-Württemberg wurde über den Zeitraum der letzten zweieinhalb Winter untersucht, für den Winter 2003/04 wurde die verkehrstechnische Untersuchung um Autobahnabschnitte im Ballungsraum erweitert.

Die Methodik mit Hilfe der erfassten Eingangsdaten und der Auswertung über ein lineares Verkehrsdichte-Geschwindigkeits-Modell haben sich als zielführend bei der Ermittlung der Kapazität bei winterlichen Fahrbahnbedingungen bestätigt. Das lineare Verkehrsdichte-Geschwindigkeits-Modell wurde ausgewählt, da bei diesem Verfahren der kritische Bereich der maximalen Verkehrsstärke



durch geringe Streuungen am besten nachgebildet werden konnte.

Die Auswertungen von winterbedingten Stauereignissen auf der freien Strecke ergaben an Messquerschnitten in Baden-Württemberg Kapazitätsrückgänge zwischen 10 und 60 %; an den Zählstellen in Hessen konnten Kapazitätseinbußen von 35 bis 40 % festgestellt werden. Das Datenkollektiv für die Kapazitätsbetrachtungen im Ballungsraum ist für grundlegende Aussagen zwar noch zu gering, es passt sich aber in die Ergebnisse der verkehrstechnischen Untersuchung ein. Es ergibt sich insgesamt eine sehr große Bandbreite, was zeigt, dass die Kapazitätsminderung neben der Zusammensetzung des Verkehrs wohl auch sehr stark von der Art und der Intensität des Winterereignisses abhängt. Mit Sicherheit kann aber festgestellt werden, dass winterliche Fahrbahnbedingungen im Mittel einen beträchtlich größeren negativen Einfluss auf die Kapazität von Autobahnquerschnitten ausüben als z. B. Nässe oder Dunkelheit. Dies unterstreicht wiederum die enorme Bedeutung des Winterdienstes, mit dessen Hilfe die Kapazitätsbeeinträchtigungen zumindest gemildert werden können.

Trotz des hohen Niveaus des Winterdienstes, wie er in Deutschland betrieben wird, gewinnen gerade unter Berücksichtigung der aufgezeigten Kapazitätsverluste bei winterlichen Fahrbahnbedingungen einzelne Maßnahmen im Winterdienst, die innerhalb dieses Forschungsvorhabens weiterentwickelt werden sollten, im Bereich von neuralgischen Streckenabschnitten an Bedeutung. Im Rahmen dieses Projektes wurden 8 Maßnahmen zur näheren Untersuchung ausgewählt.

In zwei Pilotmeistereien in Hessen und Nordrhein-Westfalen wurden erstmals auf Bundesautobahnen Hochleistungs-Kehrblas-Geräte, ursprünglich für den Flughafenbetrieb entwickelte Fahrzeuge, im Straßenwinterdienst eingesetzt. Ziel dieser Maßnahme an neuralgischen Streckenabschnitten ist ein durch höhere Räumgeschwindigkeiten schnellerer Winterdienst und ein durch die zusätzliche mechanisch-pneumatische Räumleistung verbessertes Räumbild. Dazu wurden die Räumgeschwindigkeiten und die Räumqualität im Vergleich zu Standard-Winterdienstfahrzeugen sowie die praxisrelevanten Randbedingungen für den Einsatz auf Autobahnen analysiert. Die Auswertung der Fahrtenschreiber ergab eine mittlere Räumgeschwindigkeit von ca. 45 km/h in der Eingewöh-

nungsphase und 50 km/h ab dem zweiten Winter. Diese Geschwindigkeiten gelten für Räumereinsätze mit Schneehöhen bis 10 cm. Dieses Winterdienstfahrzeug zeichnet sich neben der hohen Räumgeschwindigkeit durch ein gutes Räumergebnis aus, welches visuell analysiert worden ist. Voraussetzung für ein gutes Räumbild ist aber die optimale Einstellung und Bedienung der Geräte, insbesondere des Kehrblas-Aggregates im Hinblick auf den Anpressdruck der Kehrwalze sowie die Bürstendrehzahl. Damit sind nach Auswertung der Einsatzfahrten gegenüber herkömmlicher Technik bessere Räumbilder bis hin zur Schwarzräumung möglich. Nach den ersten Erkenntnissen zum Einsatz des Hochleistungs-Kehrblas-Gerätes auf Autobahnen zeigt sich, dass dieses Gerät kein Fahrzeug für den generell flächendeckenden Einsatz im Winterdienst ist, sondern ein hochleistungsfähiges Gerät für den Einsatz an neuralgischen Streckenabschnitten. In Bereichen von solchen neuralgischen Streckenabschnitten, insbesondere Strecken mit hohen Längsneigungen, kann dieses Fahrzeug durch die verstärkte mechanische Schwarzräumung bei gleichzeitig sehr geringen Umlaufzeiten (< 30 Minuten) den Winterdienst optimieren und die Gefahr von winterlich bedingten Staus deutlich reduzieren.

Die Verkehrsführungen und teilweise engen Fahrstreifenbreiten innerhalb einer Baustelle stellen sich bei winterlichen Fahrbahnbedingungen sowohl für die Verkehrsteilnehmer als auch für die Winterdienstfahrzeuge als sehr problematisch dar. Mit Hilfe einer kostengünstigen und leicht installierbaren mobilen Taumittelsprühanlage können derartige kritische Bereiche entschärft werden. Im Laufe des Winters 2003/04 wurde eine derartige mobile Pilotanlage auf der A 4 in westlicher Richtung zwischen TR Herleshausen und AS Wommen im Verschwenkungsbereich einer Baustelle eingerichtet. Wie die Einsatzuntersuchungen bereits in Tendenzen zeigen, kann eine mobile Taumittelsprühanlage in kritischen Abschnitten innerhalb von Baustellen entstehender Fahrbahnglätte frühzeitiger entgegenwirken und damit wesentlich zur Verkehrssicherheit beitragen. Auswirkungen auf das Geschwindigkeitsverhalten zeigen sich erst bei Änderungen der Umfeldbedingungen wie beispielsweise Schnee, der Nutzen einer Taumittelsprühanlage beginnt aber bereits viel früher. Es konnte weiterhin festgestellt werden, dass Sprühvorgänge das Fahrverhalten nicht negativ beeinflussten. Im Rahmen dieser Untersuchungen sind verschiedene Einsatzvarianten (4+0- und 3+1-Verkehrsführung von Bau-

stellen) für eine mobile Taumittelsprühanlage erarbeitet worden. Abschließend wurden auf Grundlage des Piloteinsatzes Empfehlungen und Hinweise für den Praxiseinsatz formuliert.

Durch Verwendung von blauem Blinklicht und Einsatzhorn (wie Polizei, Feuerwehr, Rettungskräfte) bei Winterdienstfahrzeugen anstelle der gelben Rundumkennleuchte können im Bereich von hoch belasteten Streckenabschnitten im Staufall eigenständig Räumgassen gebildet und dadurch in der kritischen Phase größere Zeitverluste für den Winterdienst reduziert werden. Bei der Maßnahmenuntersuchung waren vor allem rechtliche Fragestellungen zu klären. Grundsätzlich kann der Einsatz des blauen Blinklichts auf Winterdienstfahrzeugen mit den in der StVO genannten Voraussetzungen in Einklang gebracht werden, wenn durch die zügige Durchführung des Winterdienstes auch im Fall von Staus zur Vermeidung von Notsituationen durch lang anhaltende Staus und damit zur Gefahrenabwehr beigetragen werden kann. Der Einsatz des Blaulichts gilt ausschließlich der Räumgassenbildung, die Winterdienstfahrzeuge sind ansonsten nicht von den übrigen Vorschriften der StVO befreit. Voraussetzung für eine dauerhafte Wirkung des blauen Blinklichts ohne negative Rückkopplungseffekte für Polizei, Rettungsdienste oder Feuerwehr ist jedoch der äußerst restriktive Einsatz dieses Sondersignals durch den Winterdienst. Aus diesem Grunde sind grundsätzliche Auflagen für die Verwendung des blauen Blinklichts genau festzulegen. Somit kann für einen effektiven und schnellen Winterdienst gesorgt werden, wenn in den staukritischen Abschnitten stets ein Fahrzeug mit blauem Blinklicht und Einsatzhorn im Fall von sehr hoher Staugefahr bzw. bei bereits entstandenen Verkehrsstauungen und starken bzw. lang anhaltenden Schneefällen hier selbstständig und schnell wirkend Räumgassen bilden kann, ohne auf ein anderes Fahrzeug mit entsprechender Sonderwarneinrichtung warten zu müssen.

Die Verstärkung des Winterdienstes durch ein zusätzliches Einsatzfahrzeug kann mit verschiedenen Zielrichtungen verfolgt werden:

- Das zusätzliche Fahrzeug kann als Springer/„Feuerwehr“ eingeplant werden. Dazu wird der Winterdienstbeauftragte situationsbedingt entscheiden, wann und wo er dieses Einsatzfahrzeug flexibel einsetzen wird. Solche Situationen entstehen beispielsweise durch winterbedingte Verkehrsstörungen, wodurch andere Strecken-

abschnitte nicht bzw. erst stark verzögert betreut werden könnten, oder durch Ausfall eines anderen Winterdienstfahrzeugs.

- Das zusätzliche Winterdienstfahrzeug wird unterstützend an neuralgischen Streckenabschnitten eingesetzt, die regelmäßig unter bestimmten Randbedingungen (Schneeschaue, hohe Verkehrsbelastung, ...) zu Problemen im Einsatzablauf führen. Zu diesen neuralgischen Streckenabschnitten zählen Steigungsstrecken, Autobahndreiecke und -kreuze, weit entfernte Streckenabschnitte von der Autobahnmeisterei etc.
- Das zusätzliche Fahrzeug wird standardmäßig in den normalen Räum- und Streuplan zur Abdeckung der Spitzen eingebunden. Dazu kann das Zusatzfahrzeug mit klar definierten Einsatzbereichen (z. B. Räumen der Anschlussstellen und Rastanlagen) belegt werden, um flexible Abstimmungsvorgänge während der Einsätze mit den selten eingesetzten Fahrern zu minimieren.

Als zusätzliche Winterdienstfahrzeuge werden in der Regel Fahrzeuge und Fahrer von Fremdunternehmen eingesetzt. Auf Grund der geringeren Ortskenntnisse und Erfahrungen in Winterdienst-einsätzen können Winterdienstfahrzeuge der Fremdunternehmen aber nicht so flexibel eingesetzt werden wie die Meistereifahrzeuge. Die Erfahrungen aus der Praxis haben gezeigt, dass es in manchen Fällen sinnvoll sein kann, die Fahrzeuge der Fremdunternehmer auf genau definierten Räum-schleifen einzusetzen, die nicht zu den neuralgischen Streckenabschnitten zählen, bei denen es beispielsweise durch winterbedingte Staus zu extremen Einsatzbedingungen kommen kann.

Die Beladung der Winterdienstfahrzeuge mit Trockensalz bzw. die Betankung mit Salzlösung stellen während eines Winterdienstes Einsatzes Verlustzeiten dar. Daher ist es notwendig, die Beladungszeiten auf ein Minimum zu beschränken. Ziel dieser Untersuchung war der Vergleich der verschiedenen Beladungssysteme unter Berücksichtigung der systembedingten Beladungszeiten in der Winterdienstpraxis, um hiermit Optimierungspotenziale zur Reduktion der Beladungszeiten zu erarbeiten. Die Beladung mit Trockensalz kann mit Streustoffförderband, Radlader, Streugut-silo oder Brückenkran (selten) erfolgen. Im Winterdienstbetrieb zeichnet sich die Beladung per Radlader bzw. mit der Silotechnik auf Grund der kurzen Bela-

dungszeiten und des Einmannbetriebes aus. Die Beladung durch Streustoffförderbänder kann als Zusatz- und Ersatzsystem eingesetzt werden, falls die Kapazität der vorhandenen Beladungssysteme nicht ausreicht. Es muss bei der Dimensionierung der Beladungssysteme sichergestellt werden, dass der Ausfall eines Systems während eines Winterdienstesinsatzes (Streustoffsilo leer oder verstopft; technischer Ausfall eines Radladers oder Streustoffförderbandes) durch andere Systeme kompensiert werden kann. Daher kann für die Autobahnmeistereien nur ein Mix der verschiedenen Beladungssysteme, im Wesentlichen Radlader und Silotechnik, in ausreichenden Kapazitäten für mehrtägige Volleinsätze empfehlenswert sein. Die Silotechnik kann insbesondere bei abgängigen Salzhallen der Stützpunkte eingesetzt werden, da die Streustoffsilos sowohl als Lager- als auch als Beladungssystem dienen. Da Stützpunkte häufig auch gemeinschaftlich von mehreren Autobahn- und Straßenmeistereien genutzt werden, bieten die Streustoffsilos die Möglichkeit der gleichzeitigen Beladung mehrerer Winterdienstfahrzeuge. Dies gilt auch für das zeitgleiche Wiederbeladen der Fahrzeuge nach Staffelmehrereinsätzen. Die jeweilige Ausstattung mit Beladungssystemen ist für die einzelne Autobahnmeisterei unter Berücksichtigung der örtlichen Randbedingungen und der vorhandenen Systeme zu erarbeiten. Weiterhin sollten alle Stützpunkte mit Salzlösungstankanlagen ausgestattet werden, um beim flexiblen Einsatz der Winterdienstfahrzeuge in Volllast grundsätzlich die Anwendung von Feuchtsalz gewährleisten zu können. Eine erhebliche Minimierung der Beladungszeiten kann durch ein verstärktes gleichzeitiges Beladen von Trockensalz und Salzlösung erreicht werden. Damit sind dann reine Beladungszeiten von 7 Minuten – maßgeblich ist hier die Leistung der Salzlösungstankanlage – möglich.

In Nordrhein-Westfalen findet bei den westfälischen Autobahnen durch die Winterdienstzentrale eine meistereiübergreifende Straßenzustands- und Wetterüberwachung statt, die für eine zentralisierte, systematische Winterdienststeuerung für 14 Autobahnmeistereien genutzt wird. Durch die zentrale Koordination hat die Winterdienstzentrale die Möglichkeit, bei extremen Winterereignissen wie langanhaltenden starken Schneefällen unter Einschätzung der Gesamtwetterbedingungen in den Winterdienst meistereibezirksübergreifend einzugreifen. Bei Bedarf kann die Zentrale Winterdienstfahrzeuge bzw. -geräte sowie Personal derart in Nach-

barmeistereien verlagern, dass Unterkapazitäten in den betroffenen Meistereien in kurzer Zeit flexibel ausgeglichen werden können. Zusätzlich kann die Winterdienstzentrale flächendeckend die Funktionen der Glättemeldeanlagen und Taumittelsprühanlagen überwachen und bei Störungen entsprechende Gegen- und Ersatzmaßnahmen einleiten. Im Rahmen der Untersuchung wurden Optimierungspotenziale einer zentralen im Vergleich zur dezentralen Einsatzkoordination aufgezeigt. Die Praxiserfahrungen mit der Winterdienstzentrale zeigen nur noch wenig Verbesserungsmöglichkeiten in der Winterdienststeuerung.

Betriebsumfahrten bieten für den Straßenbetriebsdienst und insbesondere für den Winterdienst die Möglichkeit, durch die zusätzlichen Wendemöglichkeiten die Einsätze flexibler zu gestalten und die zu betreuenden Autobahnabschnitte schneller zu erreichen. Im Rahmen des Forschungsprojektes konnten entwurfstechnische und betriebliche Voraussetzungen sowie Empfehlungen zum Einrichten von Betriebsumfahrten an Autobahnen zusammengestellt bzw. erarbeitet werden. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass durch Betriebsumfahrten an den richtigen Standorten zum Teil erhebliche Verlustzeiten und damit Kosten eingespart werden können. Durch Reduktion der Verlustzeiten werden aber auch die Streckenabschnitte frühzeitiger betreut, was in hohem Maße der Verkehrssicherheit und der Qualität des Verkehrsablaufs dient. Die Ausstattung mit Betriebsumfahrten an Autobahnen sollte zukünftig auch verstärkt bei Ausbauplanungen des angeschlossenen nachgeordneten Netzes beachtet und überprüft werden, da beispielsweise beim zweibahnigen Ausbau von Bundesstraßen Wendemöglichkeiten verloren gehen und zusätzliche Rampen betreut werden müssen.

Bei hoch belasteten Autobahnabschnitten mit einem hohen Schwerverkehrsanteil sind unter bestimmten Randbedingungen bei Schneeglätte in Folge von starken und langanhaltenden Schneefällen Eingriffe in den Verkehr zur Sicherstellung des Winterdienstes und damit einer befahrbaren Strecke unvermeidbar. Diese Eingriffe können bis zu temporären Fahrverboten führen. Hierzu wurden neben einer Literaturanalyse Expertengespräche mit verschiedenen Landesstraßenbauverwaltungen, Autobahnmeistereien und Autobahnpolizeidienststellen zu Praxiserfahrungen durchgeführt. Die Anwendung von temporären Fahrbahnsperren bzw. temporären Lkw-Fahrverboten kann nicht autark erfolgen, sondern ist immer im Zusammen-

hang mit vorausgehenden bzw. begleitenden Maßnahmen und der Zusammenarbeit vieler Einsatzkräfte wie Autobahnmeisterei, Autobahnpolizei, Feuerwehr, THW, Rettungskräfte etc. zu betrachten. Zur praxistauglichen Durchführung eines temporären Lkw-Fahrverbots wurde auf Grundlage der gesammelten Erkenntnisse der Aufbau einer provi-

sorischen Pilotanlage vor einer neuralgischen Steigungsstrecke empfohlen.

In Tabelle 34 sind die untersuchten Maßnahmen mit den wesentlichen Einsatzziele und -kriterien sowie Angaben aus den Kosten-/Nutzenbetrachtungen nochmals zusammengefasst dargestellt.

Maßnahme	Einsatzziele/-kriterien	Kosten [EUR/a]*	Nutzen [EUR/Winter]
Beladungssysteme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimierung der Beladungsvorgänge (durch Radlader/Silotechnik, gleichzeitiges Beladen etc.) ist in allen Meistereien zu prüfen</li> <li>- Minimierung der Ladezeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radlader: ca. 10.500,-</li> <li>- Silo (150 m³): ca. 8.500,-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduktion der Verlustzeiten</li> <li>- Vermeidung winterbedingter Störungen</li> <li>- volkswirtschaftlicher Nutzen gemäß Berechnungsbeispiel in Kapitel 5.6.3: ca. 20.000,- bis 60.000,-</li> </ul>
Winterdienstzentrale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- durchgängige Überwachung der Wetterentwicklung und des Straßenzustandes</li> <li>- durchgängige, zentrale Winterdienststeuerung</li> <li>- meistereibezirksübergreifende Maßnahmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einrichtung, Betrieb und Wartung der Zentrale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hohe Überwachungsgüte und -sicherheit</li> <li>- großräumige Einsatzsteuerung</li> <li>- optimierte Einsatzauslösung</li> <li>- mögliche Reduktion der Personalkosten bis zu 200.000,- (vgl. Kap. 5.7.2)</li> </ul>
Blaues Blinklicht und Einsatzhorn	<ul style="list-style-type: none"> <li>- staukritische Autobahnabschnitte</li> <li>- Schneeräumung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr geringe Investitionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- schnelle Räumgassenbildung im Staufall</li> <li>- zügigere Stauauflösung</li> </ul>
Zusätzliches Winterdienstfahrzeug	<ul style="list-style-type: none"> <li>- neuralgische Streckenabschnitte (z. B. Steigungs- und Gefällestrecken, Autobahnkreuze und -dreiecke) bzw. situationsbedingte Einsätze</li> <li>- Glättebekämpfung, Schneeräumung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zusätzl. Winterdienstfahrzeuge mittels Bundesfahrzeugen oder angemieteten Lkw</li> <li>- Einsatzkosten für einen zusätzlichen Lkw pro Winter ca. 15.500,-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zielgerichteter Winterdienst/Schwerpunktbildung</li> <li>- Reduktion der Umlaufzeiten</li> <li>- volkswirtschaftlicher Nutzen gemäß Berechnungsbeispiel in Kap. 5.5.3: 160.000,- bis 230.000,-</li> </ul>
Hochleistungs-Kehrblas-Gerät	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hochbelastete und neuralgische Streckenabschnitte (z. B. Steigungs- und Gefällestrecken)</li> <li>- intensivierete Schneeräumung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mehrkosten durch Ersatz von zwei Standard-Winterdienstfahrzeugen mit zwei Hochleistungs-Kehrblas-Geräten pro Winter: ca. 178.000,-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schwarzräumung (höherer Kraftschluss etc.)</li> <li>- kürzere Umlaufzeiten durch hohe Räumgeschwindigkeit</li> <li>- volkswirtschaftlicher Nutzen gemäß Berechnungsbeispiel in Kap. 5.2.6: ca. 900.000,-</li> </ul>
Betriebsumfahrt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- neuralgische Streckenabschnitte, an Autobahnkreuzen und -dreiecken</li> <li>- Glättebekämpfung, Schneeräumung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- abhängig von bestehender Infrastruktur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduktion von Leerwegen</li> <li>- Verkürzung der Umlaufzeiten</li> <li>- volkswirtschaftlicher Nutzen gemäß Berechnungsbeispiel in Kap. 5.8.5: ca. 35.000,-</li> </ul>
Mini-Taumittelsprühanlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- glättegefährdete Rampen/Brücken in Autobahnkreuzen und -dreiecken sowie Rampen in AS mit hoher Längsneigung</li> <li>- Glättebekämpfung, Unterstützung der Schneeräumung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ca. 22.000,- (Länge: 400 m; Sprühbreite: 8 m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- frühzeitige Glättebekämpfung</li> <li>- Reduktion einzelner Streueinsätze</li> </ul>
Mobile Taumittelsprühanlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kurze Winterbaustellen, insbesondere bei 3+1-Verkehrsführung</li> <li>- Glättebekämpfung, Unterstützung der Schneeräumung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ca. 9.000,- (Länge: 200 m; Sprühbreite: 5 m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- frühzeitige Glättebekämpfung</li> <li>- Reduktion der Einsatzfahrten</li> </ul>
Temporäres Fahrverbot	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Steigungs- und Gefällestrecken mit hohem Lkw-Anteil</li> <li>- extremer Winterdienst (starke und lang anhaltende Schneefälle)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal- und Gerätekosten bei Umsetzung im Rahmen von Katastrophenplänen</li> <li>- ggf. Schaffung von Aufstellflächen für Lkw und Signalisierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vermeidung von Verkehrszusammenbrüchen bzw. Verringerung von deren Auswirkungen</li> </ul>

\* jährliche Kosten gemäß den Berechnungsbeispielen aus Kapitel 5

**Tab. 34:** Zusammenfassung der Maßnahmen mit wesentlichen Einsatzziele und -kriterien



Die aufgeführte Reihung spiegelt dabei keine Wertigkeit der Maßnahmen wider, sondern eine logische Gliederung von Optimierungspotenzialen, die in allen Meistereibezirken geprüft werden sollten, bis hin zu Maßnahmen, die nur unter bestimmten Randbedingungen einen hohen Nutzen im Winterdienst erzielen. Alle Maßnahmen dienen ansonsten generell der Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten und neuralgischen Autobahnabschnitten.

Die Möglichkeiten zur Reduktion der Beladungszeiten sind Maßnahmen, die generell im Straßenwinterdienst zu einer erhöhten Effizienz führen. Diese Maßnahmen sollten daher unabhängig von streckenspezifischen Kriterien in den Autobahnmeistereien geprüft werden.

Auch eine zentrale Straßenzustandsüberwachung und Einsatzsteuerung z. B. in Form einer Winterdienstzentrale können die Organisation des Winterdienstes grundsätzlich verbessern. Mit einer Winterdienstzentrale werden eine hohe Überwachungsgüte und -sicherheit erreicht sowie eine großräumige Einsatzsteuerung ermöglicht.

Die Verwendung des blauen Blinklichts ist im Wesentlichen für Räumereinsätze bei Streckenabschnitten mit hoher Staugefahr zu empfehlen. Der Nutzen zeigt sich durch einen beschleunigten Winterdienst und eine zügige Räumgassenbildung; die Kosten dieser Maßnahme sind sehr gering.

Weiterhin können die Maßnahmen „zusätzliches Winterdienstfahrzeug“, „Hochleistungs-Kehrblas-Gerät“ sowie „Betriebsumfahrt“ zu einer Gruppe zusammengefasst werden, die insbesondere an neuralgischen Streckenabschnitten effizienzsteigernd wirken. Mit Hilfe eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeuges kann an solchen neuralgischen Streckenabschnitten der Winterdienst beschleunigt und flexibler gestaltet werden. Durch die Anlage von Betriebsumfahrten, insbesondere in der Nähe von komplexen Knotenpunktsystemen wie Autobahnkreuzen, können bei der Betreuung der Rampen erhebliche Verlustzeiten eingespart werden, die verkehrswichtigen Verbindungsstrecken werden dann frühzeitiger geräumt und gestreut. Hochleistungs-Kehrblas-Geräte haben ihr Einsatzgebiet bei hoch belasteten und neuralgischen Streckenabschnitten in Gebieten mit häufigen starken Schneefällen. Die verstärkte mechanische Räumung (Schwarzräumung) bewirkt einen verbesserten Fahrbahnzustand, was sich insbesondere auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsfluss bei Stei-

gungs- und Gefällestrecken positiv auswirkt. Auf Grund der höheren Räumgeschwindigkeit werden die kritischen Bereiche frühzeitiger wieder geräumt und gestreut.

Sowohl Mini-Taumittelsprühanlagen als auch mobile Taumittelsprühanlagen haben spezielle Einsatzbereiche (Rampen, Baustellenbereiche, ...). Sie nutzen dem Winterdienst hauptsächlich bei Streueinsätzen zur präventiven Glättebekämpfung; durch ihren Einsatz können einzelne Einsatzfahrten sowie Leerwege eingespart und der Winterdienst beschleunigt werden.

Temporäre Fahrverbote stellen eine Maßnahme des extremen Winterdienstes bei starken und langanhaltenden Schneefällen dar. Diese Maßnahme wird bei Streckenabschnitten mit hohen Längsneigungen und einem hohen Lkw-Anteil, bei denen es bei winterlichen Fahrbahnbedingungen durch z. B. quer stehende Lkw zu erheblichen Verkehrsstörungen kommt, zukünftig verstärkt zur Anwendung kommen müssen, um die Funktion der Autobahn bei extremen Bedingungen und den prognostizierten Steigerungsraten im Güterverkehr aufrechterhalten zu können.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die im Forschungsvorhaben untersuchten Maßnahmen den Winterdienst insbesondere bei hoch belasteten bzw. neuralgischen Streckenabschnitten wesentlich unterstützen. Daraus resultiert jedoch nicht, den bewährten Zuschnitt der Autobahnmeistereien zu ändern, da eine weitere Reduktion der Meistereien unzweckmäßig erscheint. Es wird sich allerdings, trotz des hohen Standards, nicht vermeiden lassen, dass bei extremen Bedingungen (z. B. heftige Schneeschauer, hohe Verkehrsbelastung) die Situation für den Winterdienst nicht mehr zu 100 % beherrschbar ist und der Verkehrsteilnehmer mit Einschränkungen zu rechnen hat.

Im Hinblick auf ein optimiertes Verkehrsgeschehen bei Winterereignissen werden von Seiten des Forschungsnehmers weitere Optimierungspotenziale gesehen. So ist darüber nachzudenken, wie im Anforderungsniveau Umleitungsstrecken für Autobahnen (U-Strecken) einzustufen sind. Umleitungsstrecken können während eines Winterereignisses nur dann eine Wirkung zeigen, wenn sie für den Winterdienst die gleiche Dringlichkeit wie Autobahnen besitzen.

Ebenfalls hat die Praxis im Winterdienst gezeigt, dass viele Verkehrsteilnehmer, sowohl Pkw- als

auch Lkw-Fahrer, sich bei Winterereignissen mit schneeglatten Fahrbahnen unvernünftig und nicht angepasst verhalten. Hier ist zu überprüfen, durch welche Maßnahmen in der Öffentlichkeitsarbeit sowie Nutzung der Medien (Fernsehen, Radio, Presse, Internet etc.) und Verbände eine Verhaltensänderung bei den Verkehrsteilnehmern im Winter erreicht werden kann. Eine solche Öffentlichkeitsarbeit sollte nicht reglementierend/belehrend, sondern erläuternd und Verständnis aufbauend wirken. Dazu können passend vor dem Winter unter anderem folgende Maßnahmen genutzt werden:

- Plakataktion neben der Autobahn,
- Kurzreportagen in Fernsehen und Rundfunk (z. B. „Der 7. Sinn“),
- Einbindung der Verbände, der Fernfahrer-stammtische etc.,
- koordinierte Öffentlichkeitsarbeit bei extremen Winterbedingungen durch Pressestellen und Infotelefon, u. a. mit dem Ziel der Verständniswerbung bei den Verkehrsteilnehmern.

Bei entsprechender Verkehrs- und Witterungslage sollten verstärkt koordinierte Gefahrenmitteilungen über die verschiedenen Medien verbreitet werden. Diese Mitteilungen sollten die Verkehrsteilnehmer überregional auf kritische Autobahnabschnitte hinweisen, über geplante verkehrslenkende bzw. -beschränkende Maßnahmen informieren und Umleitungsstrecken empfehlen. Durch einen verstärkten lokalen Bezug und aktuelle Handlungsanweisungen kann eine erhöhte Glaubwürdigkeit erreicht werden. Bei Transitstrecken ist es weiterhin empfehlenswert, die Hinweise auch in anderen Sprachen auszugeben.

Allein durch ein angepasstes Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer und für den Winter ausgerüstete Fahrzeuge kann bereits die Effektivität des Winterdienstes gesteigert werden.

Ein weiterer wesentlicher Punkt wird in der verstärkten Beachtung des unterhaltungsfreundlichen Entwerfens gesehen. Gerade im Winterdienst können durch Reduktion von Verlustzeiten und Maßnahmen zur Reduktion winterbedingter Staus volkswirtschaftliche Kosten eingespart sowie die Verkehrssicherheit und die Qualität des Verkehrsablaufs erhöht werden. Optimierungspotenziale liegen beispielsweise bei der Anlage und Ausstattung von Betriebsumfahrten (vgl. Kapitel 5.8), bei den Längsneigungen und Radien von Rampen sowohl

an Anschlussstellen als auch von Autobahndreiecken/-kreuzen, bei der Breitenwahl des Standstreifens oder der Gestaltung von Rastanlagen.

## Literatur

- BARK, A.; DURTH, W.; MATTHEß, V.: Winterdienst und Verkehrssicherheit auf Bundesautobahnen, Straße und Autobahn, Nr. 12, 1995
- BREITENSTEIN, J. et. al.: Fahrzeugpuls und Verkehrsstau, Straßenverkehrstechnik, Nr. 1, 1980
- BRILON, W.; WEISER, F.: Ermittlung von Q-V-Diagrammen für zweistreifige Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 747, Bonn, 1997
- Bundesamt für Straßen: Gotthard: Sicherheit mit Gegenverkehr gewährleistet, [http://www.astra.admin.ch/html/de/news/s\\_verkehr/index.php](http://www.astra.admin.ch/html/de/news/s_verkehr/index.php), Stand 30.09.2002
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): Straßenverkehrszählung 2000 – Ergebnisse, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 101, Bergisch Gladbach, 2003
- Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Autobahnverzeichnis 2001, Aufgestellt von der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bonn, 2001
- Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Richtlinien für die Anlage von Meistereien (RAM), Allg. Rundschreiben Straßenbau Nr. 24/1998, Bonn, 1997
- Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVO), vom 16. November 1970, zuletzt geändert am 1. April 2004, Bonn, 2004
- Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO), vom 28. September 1988, zuletzt geändert durch Verordnung vom 5. April 2004, Bonn, 2004
- Deutscher Verkehrssicherheitsrat (DVR): Elektronische Verkehrssteuerung, DVR-Report, Nr. 1, 2002
- DURTH, W.: Kosten und Nutzen des Winterdienstes, Straße und Autobahn, Nr. 9, 1995

- DURTH, W.; BARK, A.; LEVIN, C.; MATTEß, V.: Wirksamkeit des Straßenwinterdienstes auf die Verkehrssicherheit und die Wirtschaftlichkeit des Verkehrsablaufes auf Bundesautobahnen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 719, Bonn, 1996
- DURTH, W.; HANKE, H.: Handbuch Straßenwinterdienst, Kirschbaum Verlag, Bonn, 2004
- DURTH, W.; HANKE, H.; LEVIN, C.: Wirksamkeit des Straßenwinterdienstes auf die Verkehrssicherheit und die Wirtschaftlichkeit des Verkehrsablaufes, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 550, Bonn, 1987
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Aktuelle Hinweise zur Gestaltung planfreier Knotenpunkte außerhalb bebauter Gebiete – Ergänzungen zu den RAL-K-2 (AH-RAL-K-2), Köln, 1993
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Bemessungsfahrzeuge und Schleppkurven zur Überprüfung der Befahrbarkeit von Verkehrsflächen, Köln, 2001
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS), Köln, 2001
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Merkblatt für den Unterhaltungs- und Betriebsdienst an Straßen, Teil: Winterdienst, Köln, 1997
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL) – Teil: Knotenpunkte (RAL-K), Abschnitt 2: Planfreie Knotenpunkte (RAL-K-2), Köln, 1976
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Knotenpunkte (RAS K), Abschnitt 1: Plangleiche Knotenpunkte (RAS-K-1), Köln, 1988
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für passive Schutzeinrichtungen an Straßen (RPS), Köln, 1989
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Technische Lieferbedingungen für Streustoffe des Straßenwinterdienstes (TL-Streu), Köln, 2003
- HAHN, S.: Abschätzung von Kosten-Nutzen-Verhältnissen im Straßenwinterdienst, Tagungsband zum Straßenbetriebsdienst-Kolloquium 1991 der FGSV, Köln, 1992
- HANKE, H.: Strategien zur Erhöhung der Wirksamkeit des Straßenwinterdienstes auf Autobahnen, Straße und Autobahn, Nr. 1, 2001
- Highway Capacity Manual (HCM): Highway Research Board, Washington D.C., 2000
- HURDLE, V. F.; MERLO, M.; ROBERTSON, D.: Study of Speed-Flow Relationships on Individual Freeway Lanes, Transportation Research Record, No. 1591, Washington D.C., 1997
- GANZ, S.: Tagungsunterlagen zum Airport-Symposium der Boschung AG, Gstaad (Schweiz), 2002
- GEHRKEN, M.; RAPP, M.: Erfahrungen mit dem Tropfenzählersystem für den Schwerverkehr am Gotthard – Halbjahresbilanz Oktober 2002 bis März 2003, Bundesamt für Straßen, Bern (Schweiz), 2003
- GRABE, H.: Ein stetiges Geschwindigkeits-Leistungsfähigkeits-Grundmodell für freie Strecken von Autobahnen, Straßenverkehrstechnik, Nr. 2, 1997
- KLOTZ, S.; BALKE, J.: Vermeidung glättebedingter Staus durch Maßnahmen des Straßenwinterdienstes, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 873, Bonn, 2004
- KUTTER, M.: Erfahrungen mit Taumittelsprühanlagen, Tagungsband zum Straßenbetriebsdienst-Kolloquium 1993 der FGSV, Darmstadt, 1993
- KUTTER, M.; NIEBRÜGGE, L.: Straßenzustands- und Wetterinformationssystem (SWIS) beim Landschaftsverband Westfalen-Lippe, Straße und Autobahn, Nr. 1, 1989
- Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen Rheinland-Pfalz (LSV): Straßenverkehr in Rheinland-Pfalz – Ergebnisse der automatischen Zählgeräte 1999, Koblenz, 2000
- LEUTZBACH, W.: Einführung in die Theorie des Verkehrsflusses, Springer Verlag, Berlin u. a., 1972
- MAYER, C.: Ermittlung der Kapazität von Autobahnquerschnitten, Vertieferarbeit am Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe, Karlsruhe, 2003 (unveröffentlicht)

- MICHAUD, O.: Einführungsreferat, Tagungsunterlagen zum Airport-Symposium der Boschung AG, Gstaad (Schweiz), 2002
- NIEBRÜGGE, L.: Erfahrungen mit der zentralen Winterdienststeuerung beim Landschaftsverband Westfalen-Lippe, Straße und Autobahn, Nr. 2, 2000
- NIEBRÜGGE, L.: Centralised Winter Service for Motorway Centres, Tagungsband zum XI<sup>th</sup> PIARC International Winter Road Congress, Sapporo (Japan), 2002
- NIEBRÜGGE, L.: Winterdienstzentrale (WDZ), Tagungsband zum Straßenbetriebsdienst-Kolloquium 1997 der FGSV, Köln, 1998
- ÖBERG, G.; WALLMANN, C.-G.; WRETLING, P.: Effects of Winter Road Maintenance – State of the Art, Statens väg-och trafikinstitut (VTI), Rapport 423 A, Linköping, 1997
- PONZLET, M.: Auswirkungen von systematischen und umfeldbedingten Schwankungen des Geschwindigkeitsverhaltens und deren Beschreibung in Verkehrsflussmodellen, Schriftenreihe, Lehrstuhl für Verkehrswesen, Ruhr Universität Bochum, Heft 16, Bochum, 1996
- RAATZ, W.; NIEBRÜGGE, L.: Umsetzung von SWIS beim Deutschen Wetterdienst/Wetteramt Essen und beim Landschaftsverband Westfalen-Lippe, Straße und Autobahn, Nr. 9, 1995
- RENNEBERG, M.: Wirtschaftliches Lagern und Laden von Streustoffen, Tagungsband zum Straßenbetriebsdienst-Kolloquium 2001 der FGSV, Darmstadt, 2002
- RESSEL, W.: Untersuchungen zum Verkehrsablauf im Bereich der Leistungsfähigkeit an Baustellen auf Autobahnen, Universität der Bundeswehr München, Informationen – Verkehrsplanung und Straßenwesen, Heft 37, München – Neubiberg, 1994
- ROOS, R.; SCHLUND, M.; BÖHM, P.: Optimaler Fahrzeugeinsatz im Winterdienst auf Bundesautobahnen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 752, Bonn, 1997
- SPETH, O.: Winterdienst auf hoch belasteten Autobahnen – Strategien, Probleme und Grenzen, Straße und Autobahn, Nr. 12, 2002
- SPETH, O.; CYPRA, T.: Snow and Ice Databook (Content Germany), XI<sup>th</sup> International Winter Road Congress of AIPCR/PIARC, Sapporo, 2002
- VITT, G.: Empfehlungen für die Anlage von Betriebsumfahrten an Bundesautobahnen, Diplomarbeit am Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe, Karlsruhe, 2003 (unveröffentlicht)
- WIRTZ, H.; MORITZ, K.: Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 3, Bergisch Gladbach, 1993

## Informationsmaterial von Firmen

Boschung Mecatronic GmbH,  
Heppenheim

Holten Streugut-Lagertechnik GmbH & Co. KG,  
Brannenburg

Küpper-Weisser GmbH,  
Bräunlingen

Marcel Boschung AG,  
Schmitten (Schweiz)

Titus Wintermantel GmbH,  
Bräunlingen



## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

### Unterreihe „Verkehrstechnik“

## 2000

- V 74: Einsatzbereiche von Angebotsstreifen**  
Hupfer, Böer, Huwer, Jacob, Nagel € 13,50
- V 75: Gesamtwirkungsanalyse zur Parkraumbewirtschaftung**  
Baier, Hebel, Peter, Schäfer € 15,00
- V 76: Radverkehrsführung an Haltestellen**  
Angenendt, Blase, Bräuer, Draeger, Klöckner, Wilken € 14,00
- V 77: Folgerungen aus europäischen F+E-Telematikprogrammen für Verkehrsleitsysteme in Deutschland**  
Philipp, Dies, Richter, Zackor, Listl, Möller € 18,50
- V 78: Kennlinien der Parkraumnachfrage**  
Gerlach, Dohmen, Blochwitz, Engels, Funke, Harman, Schmidt, Zimmermann € 15,50

## 2001

- V 79: Bedarf für Fahrradabstellplätze bei unterschiedlichen Grundstücksnutzungen**  
Alrutz, Bohle, Borstelmann, Krawczyk, Mader, Müller, Vohl € 15,50
- V 80: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 1998**  
Lensing € 13,50
- V 81: Emissionen beim Erhitzen von Fahrbahnmarkierungsmaterialien**  
Michalski, Spyra € 11,50
- V 82: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1999 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen**  
Laffont, Nierhoff, Schmidt € 19,50
- V 83: Verkehrssicherheit in Einbahnstraßen mit gegengerichtetem Radverkehr**  
Alrutz, Gündel, Stellmacher-Hein, Lerner, Mättig, Meyhöfer, Angenendt, Draeger, Falkenberg, Klöckner, Abu-Salah, Blase, Rühle, Wilken € 17,00
- V 84: Vereinfachtes Hochrechnungsverfahren für Außerorts-Straßenverkehrszählungen**  
Lensing, Mavridis, Täubner € 16,00
- V 85: Erstellung einer einheitlichen Logik für die Zielführung (Wegweisung) in Städten**  
Siegener, Träger € 14,50
- V 86: Neue Gütekriterien für die Beleuchtung von Straßen mit gemischtem Verkehr und hohem Fußgängeranteil**  
Carraro, Eckert, Jordanova, Kschischenk € 13,00
- V 87: Verkehrssicherheit von Steigungsstrecken – Kriterien für Zusatzfahrstreifen**  
Brilon, Breßler € 18,50

## 2002

- V 88: Tägliches Fernpendeln und sekundär induzierter Verkehr**  
Vogt, Lenz, Kalter, Dobeschinsky, Breuer € 17,50

- V 89: Verkehrsqualität auf Busspuren bei Mitnutzung durch andere Verkehre**  
Baier, Kathmann, Schuckließ, Trapp, Baier, Schäfer € 13,50
- V 90: Anprallversuche mit Motorrädern an passiven Schutzeinrichtungen**  
Bürkle, Berg € 16,50
- V 91: Auswirkungen der Umnutzung von BAB-Standstreifen**  
Mattheis € 15,50
- V 92: Nahverkehrsbevorrechtigung an Lichtsignalanlagen unter besonderer Berücksichtigung des nichtmotorisierten Verkehrs**  
Friedrich, Fischer € 14,00
- V 93: Nothaltemöglichkeiten an stark belasteten Bundesfernstraßen**  
Brilon, Bäumer € 17,00
- V 94: Freigabe von Seitenstreifen an Bundesautobahnen**  
Lemke, Moritz € 17,00
- V 95: Führung des ÖPNV in kleinen Kreisverkehren**  
Topp, Lagemann, Derstroff, Klink, Lentze, Lübke, Ohlschmid, Pires-Pinto, Thömmes € 14,00
- V 96: Mittellage-Haltestellen mit Fahrbahnhebung**  
Angenendt, Bräuer, Klöckner, Cossé, Roeterink, Sprung, Wilken € 16,00
- V 97: Linksparken in städtischen Straßen**  
Topp, Riel, Albert, Bugiel, Elgun, Roßmark, Stahl € 13,50
- V 98: Sicherheitsaudit für Straßen (SAS) in Deutschland**  
Baier, Bark, Brühning, Krumm, Meewes, Nikolaus, Räder-Großmann, Rohloff, Schweinhuber € 15,00
- V 99: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2000 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen**  
Laffont, Nierhoff, Schmidt € 21,00

## 2003

- V 100: Verkehrsqualität unterschiedlicher Verkehrsteilnehmerarten an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage**  
Brilon, Miltner € 17,00
- V 101: Straßenverkehrszählung 2000 – Ergebnisse**  
Lensing € 13,50
- V 102: Vernetzung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen**  
Kniß € 12,50
- V 103: Bemessung von Radverkehrsanlagen unter verkehrstechnischen Gesichtspunkten**  
Falkenberg, Blase, Bonfranchi, Cossé, Draeger, Kautzsch, Stapf, Zimmermann € 11,00
- V 104: Standortentwicklung an Verkehrsknotenpunkten – Randbedingungen und Wirkungen**  
Beckmann, Wulfhorst, Eckers, Klönne, Wehmeier, Baier, Peter, Warnecke € 17,00
- V 105: Sicherheitsaudits für Straßen international**  
Brühning, Löhe € 12,00
- V 106: Eignung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen gemäß den Anforderungen nach DIN EN 1317**  
Ellmers, Balzer-Hebborn, Fleisch, Friedrich, Keppler, Lukas, Schulte, Seliger € 15,50
- V 107: Auswirkungen von Standstreifenumnutzungen auf den Straßenbetriebsdienst**  
Moritz, Wirtz € 12,50
- V 108: Verkehrsqualität auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen**  
Baier, Kathmann, Baier, Schäfer € 14,00
- V 109: Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf auf b2+1-Strecken mit allgemeinem Verkehr**  
Weber, Löhe € 13,00

## 2004

- V 110: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2001 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Laffont, Nierhoff, Schmidt, Kathmann € 22,00
- V 112: Einsatzkriterien für Betonschutzwände  
Steinauer, Kathmann, Mayer, Becher vergriffen
- V 113: Car-Sharing in kleinen und mittleren Gemeinden  
Schweig, Keuchel, Kleine-Wiskott, Hermes, van Hacken € 15,00
- V 114: Bestandsaufnahme und Möglichkeiten der Weiterentwicklung von Car-Sharing  
Loose, Mohr, Nobis, Holm, Bake € 20,00
- V 115: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2002 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Kathmann, Laffont, Nierhoff € 24,50
- V 116: Standardisierung der Schnittstellen von Lichtsignalanlagen – Zentralrechner/Knotenpunktgerät und Zentralrechner/Ingenieurarbeitsplatz  
Kroen, Klod, Sorgenfrei € 15,00
- V 117: Standorte für Grünbrücken – Ermittlung konfliktreicher Streckenabschnitte gegenüber großräumigen Wanderungen jagdbarer Säugetiere  
Surkus, Tegethof € 13,50
- V 118: Einsatz neuer Methoden zur Sicherung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer  
Steinauer, Maier, Kemper, Baur, Meyer € 14,50

## 2005

- V 111: Autobahnverzeichnis 2004  
Kühnen € 21,50
- V 119: Alternative Methoden zur Überwachung der Parkdauer sowie zur Zahlung der Parkgebühren  
Boltze, Schäfer, Wohlfarth € 17,00
- V 120: Fahrleistungserhebung 2002 – Inländerfahrleistung  
Hautzinger, Stock, Mayer, Schmidt, Heidemann € 17,50
- V 121: Fahrleistungserhebung 2002 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko  
Hautzinger, Stock, Schmidt € 12,50
- V 122: Untersuchungen zu Fremdstoffbelastungen im Straßenseitenraum  
Beer, Herpetz, Moritz, Peters, Saltzmann-Koschke, Tegethof, Wirtz € 18,50
- V 123: Straßenverkehrszählung 2000: Methodik  
Lensing € 15,50
- V 124: Verbesserung der Radverkehrsführung an Knoten  
Angenendt, Blase, Klöckner, Bonfranchi-Simović, Bozkurt, Buchmann, Roeterink € 15,50
- V 125: PM<sub>10</sub>-Emissionen an Außerortstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen aus Messungen an der A1 Hamburg und Ausbreitungsberechnungen  
Düring, Bösinger, Lohmeyer € 17,00
- V 126: Anwendung von Sicherheitsaudits an Stadtstraßen  
Baier, Heidemann, Klemps, Schäfer, Schuckließ € 16,50
- V 127: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2003  
Fitschen, Koßmann € 24,50
- V 128: Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen – Sicherheitsüberprüfung vorhandener Lichtsignalanlagen und Anpassung der Steuerung an die heutige Verkehrssituation  
Boltze, Reusswig € 17,00
- V 129: Modell zur Glättewarnung im Straßenwinterdienst  
Badelt, Breitenstein € 13,50

- V 130: Fortschreibung der Emissionsdatenmatrix des MLuS 02  
Steven € 12,00
- V 131: Ausbaustandard und Überholverhalten auf 2+1-Strecken  
Friedrich, Dammann, Irzik € 14,50
- V 132: Vernetzung dynamischer Verkehrsbeeinflussungssysteme  
Boltze, Breser € 15,50

## 2006

- V 133: Charakterisierung der akustischen Eigenschaften offener Straßenbeläge  
Hübel, Schmid in Vorbereitung
- V 134: Qualifizierung von Auditoren für das Sicherheitsaudit für Innerortsstraßen  
Gerlach, Kesting, Lippert € 15,50
- V 135: Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen  
Cypra, Roos, Zimmermann € 17,00

---

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10  
D-27511 Bremerhaven  
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0  
Telefax: (04 71) 9 45 44 77  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

Dort ist auch ein Komplettverzeichnis erhältlich.