

Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 139

bast

Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen

von

Hermann Wirtz
Karl Moritz
Ulrike Thesenvitz

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 139

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 Projekt 03 654 des Arbeitsprogrammes der Bundesanstalt für Straßenwesen:
„Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen“

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
Internet: www.nw-verlag.de

ISSN 0943-9331
ISBN 3-86509-455-4

Bergisch Gladbach, Mai 2006

Kurzfassung – Abstract

Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen

Zwischen 1982 und 2003 wurden in der BRD 16 Taumittelsprühanlagen in Betrieb genommen. Planung, Bau und Betrieb dieser Anlagen wurden seither von der Bundesanstalt für Straßenwesen mit Untersuchungen begleitet. Zwölf Anlagen befinden sich auf Brücken, vier an Steigungs- bzw. Gefällestrrecken. Vier Anlagen (sämtlich Brückenanlagen) befinden sich auf Bundesstraßen, zwölf auf Bundesautobahnen.

An Steigungs- bzw. Gefällestrrecken bilden sich bei plötzlichem starkem Schneefall in kurzer Zeit festgefahrene Schneedecken, die besonders von Lkw nicht mehr befahren werden können. Es bilden sich Staus. Auf Stahlbrücken bildet sich häufig schon zu einem früheren Zeitpunkt lokal begrenzte Glätte. Diese Glatteisfallen verursachen Unfälle. In beiden Fällen ist es wichtig, schnell zu handeln. Durch die TMS kann sofort Taustoff auf die Fahrbahn ausgebracht werden, der an Steigungen den Schnee räumfähig hält und auf Brücken das Eis auftauft.

Alle Anlagen können den konventionellen Winterdienst partiell sinnvoll ergänzen, ihn aber nicht ersetzen. Die Streckenabschnitte, in denen sich die Taumittelsprühanlagen befinden, zeigten vor deren Einbau Unfallauffälligkeiten. Die Zahl der Unfälle ist nach Installation einer Taumittelsprühanlage überall deutlich zurückgegangen.

Auf der Basis der vorliegenden Kosten- und Nutzen-Daten konnte von insgesamt 16 Anlagen die Wirtschaftlichkeit von 13 Anlagen beurteilt werden. Davon wurden zwölf Taumittelsprühanlagen positiv eingeschätzt. Die Kostenseite umfasst die investiven Kosten und die Betriebskosten. Auf der Nutzenseite wurde sowohl betriebswirtschaftlicher als auch volkswirtschaftlicher Nutzen abgeschätzt. Dies sind auf der betriebswirtschaftlichen Seite vor allem eingesparte Sondereinsätze und Kontrollfahrten und auf der volkswirtschaftlichen Seite im Wesentlichen vermiedene Unfälle und Staus.

Für die meisten Anlagen lagen mehr oder weniger vollständige Unfallzahlen vor, für die Staus gab es so gut wie keine dokumentierten Beobachtungen, sodass für die Schätzung von einer begründeten Annahme ausgegangen wurde.

Die Wirtschaftlichkeitsfaktoren (F_w) bewegen sich ohne Berücksichtigung der Staukosten zwischen 0,19 und 2,63 wobei drei Werte < 1 sind und zwei dicht unterhalb der Rentabilitätsschwelle liegen. Bei Einbeziehung der Staukosten liegt die Bandbreite zwischen 0,26 und 6,47 und ebenfalls drei Werte sind < 1 . Diese Zahlen sind Schätzwerte.

Die Anlagentechnik befindet sich auf dem neuesten Stand. Technische Neuerungen gibt es im Bereich der Sprühtechnik. Die neu entwickelten Micro-FAST-Sprühstränge haben eine höhere Anzahl von Sprühdüsen und damit ein feineres und gleichmäßigeres Sprühbild bei einem gleichzeitig geringeren technischen Aufwand und können die Investitionskosten um rund ein Drittel senken. Im Bereich der Betriebskosten können Einsparungen bei der Wartung und den Reparaturkosten erwartet werden.

Seit 2002 werden kurze Mini- oder mobile Sprühanlagen angeboten, die – wenn auch weniger aufwändig in ihrer Ausstattung – für den gleichen Einsatzzweck wie stationäre Anlagen gedacht sind. Erste positive Trends sind erkennbar.

Effectiveness and economic viability of de-icing spray units

16 de-icing spray units were put into operation in Germany between 1982 and 2003. The planning, construction and operation of these units has since been accompanied by investigations by the Federal Highway Research Institute. Twelve units can be found on bridges, four on routes with gradients and downward slopes. Four units (all bridges) are on federal roads, twelve on federal motorways.

Deadlocked snow covers form on routes with gradients and downward slopes when there is sudden intense snow fall within a short period of time and these cannot be driven on by trucks in particular. Congestion forms. Locally limited slippery conditions frequently form on steel bridges at an early point in time. These cases of black ice cause accidents. In both cases, it is important to act quickly. The TMS can apply de-icing material to the carriageway immediately which keeps the snow clearable on gradients and thaws the ice on bridges.

All units can partially complement the conventional winter maintenance services, but cannot replace them. The sections of routes where de-icing spray units are found showed noticeable problems with respect to accidents before installation. The number of accidents has decreased everywhere after installation of a de-icing spray unit.

Based on the existing cost-benefit data the economic viability of 13 units out of a total of 16 units could be assessed. Twelve de-icing spray units out of these were assessed as positive. The costs cover the investment costs and the operating costs. On the benefit side both administrative as well as economic benefits were estimated. On the management side these are special deployments and inspections, which in particular, are saved, and on the economic side essentially avoided accidents and congestion.

There were more or less complete accident figures for most of the units. There were almost no documented observations for the congestion and therefore an assumption based on facts was made for the estimate.

The factors of economic viability (F_w) move between 0.19 and 2.63 without taking into consideration the costs of congestion, in which case three values are <1 and two closely below the profitability threshold. When including the congestion costs the range lies between 0.26 and 6.47 and three values are <1 . These figures are estimates.

The unit technology is up-to-date. There are technical innovations in the area of spraying technology. The newly developed Micro-FAST spraying strands have a higher number of spraying nozzles and thus a finer and more even spraying pattern, with, at the same time, a lower technical expenditure and can reduce the investment costs by about a third. Savings in maintenance and repairs can be expected in the area of operating costs.

Short mini or mobile spraying units have been offered since 2002, which – although the equipment is less expensive – are intended for the same purpose as the stationary units. Initial positive trends can be noticed.

Inhalt

1	Einführung und Problemstellung	7	4.2.2	Volkswirtschaftliche Nutzen-Bewertung	32
2	Beschreibung der Anlagen	8	4.2.2.1	Nutzen durch vermiedene Stau-Ereignisse	32
2.1	A 45; Sauerlandanstieg	8	4.2.2.2	Nutzen durch vermiedene Unfälle	34
2.2	A 1; Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Münster	9	4.2.3	Jährlicher Gesamtnutzen	36
2.3	A 1; Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Ladbergen	9	4.3	Kosten-Nutzen-Abschätzung	37
2.4	A 30; Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Rheine	10	5	Verbesserungsvorschläge für die „Hinweise für Planung, Bau und Betrieb von Taumittel-Sprühanlagen (TMS)“	38
2.5	A 2; Teutoburger Wald (Bielefelder Berg)	10	6	Technische Neuerungen	40
2.6	A 45; Steigungsstrecke Kalteiche	11	6.1	Mikro-FAST	40
2.7	A 4; Wiehltalbrücke	11	6.2	Mobile und Mini-Taumittelsprühanlagen (MTS)	41
2.8	A 8; Prientalbrücke	12	6.2.1	Anlagenbeschreibung und Wirksamkeit	41
2.9	A 3; Haseltalbrücke	13	6.2.2	Wirtschaftlichkeit	43
2.10	A 8; Drackensteiner Hang	13	7	Diskussion und Schlussbewertung	43
2.11	A 81; Weitingen Brücke	14	8	Zusammenfassung	44
2.12	A 11; Brücke über den Oder-Havel-Kanal	15	9	Literatur	45
2.13	B 2; Donaubrücke Schellenberg	16			
2.14	B 76; Talbrücke Haselholm	17			
2.15	B 10; Brücke über die Bahn	18			
2.16	B 184; Elbebrücke Roßlau	19			
3	Wirksamkeit	20			
3.1	Auswirkungen auf den Winterdienst	20			
3.2	Auswirkungen auf das Unfallgeschehen	23			
3.3	Verbesserungsvorschläge und Kritik	25			
4	Wirtschaftlichkeit	27			
4.1	Kosten	28			
4.1.1	Investitionskosten	28			
4.1.2	Betriebskosten	29			
4.1.3	Jährliche Gesamtkosten	30			
4.2	Nutzen	30			
4.2.1	Betriebswirtschaftliche Nutzen-Bewertung	31			

1 Einführung und Problemstellung

Im Jahr 1993 wurden die Untersuchungen der BASt zur Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen (TMS) mit dem Bericht über die Anlage auf der A 45 (Sauerlandlinie) vorläufig abgeschlossen (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V3). Die Ergebnisse der Untersuchungen flossen u. a. in die „Hinweise für Planung, Bau und Betrieb von Taumittelsprühanlagen (TMS)“ der FGSV ein und waren Grundlage für den Bau weiterer Anlagen. Inzwischen sind allein in Deutschland 16 Anlagen in Betrieb, zwölf auf Bundesautobahnen und vier auf Bundesstraßen (siehe Tabelle 1). Die Anlagen haben zum Teil wesentliche technische Verbesserungen erfahren (Sensorik, Steuerung, Gerätetechnik). Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen wird daher die damalige Untersuchung fortgeschrieben.

Im Rahmen des Projektes wurde zunächst eine Bestandsaufnahme mit detaillierten Aussagen zum jeweiligen Stand der Technik der einzelnen Anlagen erstellt. Die Anwendung des FGSV-Merkblattes „Hinweise für Planung, Bau und Betrieb von Taumittelsprühanlagen (TMS)“ wird überprüft und gegebenenfalls aktualisiert. Dabei sind auch die Begründungen für die Installation der Anlagen nachzuvollziehen. Neuentwicklungen („mobile“ Anlagen) sind zu bewerten, z. B. auf ihre Eignung für einen optimalen Winterdienst auf stark befahrenen Bundesfernstraßen. Neben ihren Auswirkungen auf Verkehrsablauf und -sicherheit ist auch die Wirtschaftlichkeit zu bewerten.

Zur besseren Übersicht wurde für diesen Bericht mittels einer fortlaufenden Nummerierung (Spalte 1 in Tabelle 1) eine Reihenfolge festgelegt, die im weiteren Verlauf des Berichtes durchgehend beibehalten wird. Dabei wurden die Anlagen nach Bundesländern/Betreibern gegliedert. Zusätzlich wur-

Lfd. Nr.	Lage	Fahrtrichtung	Anschlussstellen zwischen		Art der Anlage	Name der Lokalität	Kilometrierung		Einbaujahr
							von	bis	
Landesbetrieb NRW									
1	A 45	beide	Hagen	Lüdenscheid	Steigung	Sauerlandaufstieg	37,800	43,850	1984
2	A 1	beide	Ascheberg	Münster-Süd	Brücke	Dortmund-Ems-Kanal	283,066	283,148	1983
3	A 1	beide	Greven	Ladbergen	Brücke	Dortmund-Ems-Kanal	252,450	252,550	1992
4	A 30	beide	Höstel	Ibbenbüren	Brücke	Dortmund-Ems-Kanal	30,980	31,110	1990
5	A 2	beide	Bielefeld/ Zentrum	Bielefeld/ Sennestadt	Steigung	Teutoburger Wald (Bielefelder Berg)	328,192	332,000	1995
6	A 45	beide	Freudenberg	Siegen	Steigung	Kalteiche	121,700	124,220	1999
7	A 4	beide	Bielstein	Gummersbach	Brücke	Wiehltal	119,600	120,400	2003
Autobahndirektion Südbayern									
8	A 8	beide	Übersee	Graberstädt	Brücke	Poriental	71,800	72,000	1995
Autobahndirektion Nordbayern									
9	A 3	beide	Aschaffenburg- Ost	Hösbach	Brücke	Haseltal	241,340	242,000	1990
Landesamt für Straßenwesen Baden-Württemberg									
10	A 8	Stuttgart	Hohenstadt	Mühlhausen	Gefälle	Drackensteiner Hang	151,990	153,650	1984
11	A 81	beide	Oberndorf a. N.	Rottweil	Brücke	Weitinger Brücke	629,201	630,181	2001
Brandenburgisches Autobahnamt									
12	A 11	Stettin	Werbellin (Finofurt)	Lanke	Brücke	Oder-Havel-Kanal	30,580	30,680	1993
Straßenbauamt Augsburg									
13	B 2	beide	Donau-Wörth		Hangbrücke	Schellenberg	41,468	41,758	1982
Straßenbauamt Flensburg									
14	B 76	beide	Schleswig		Talbrücke	Haselholm	134,065	134,440	1990
Straßenbauamt Schornsdorf									
15	B 10	beide	Stuttgart-West		Brücke	über die Bahn	0,000	0,225	1994
Straßenbauamt Wittenberg									
16	B 184	beide	Rosslau		Brücke	Elbe/Rosslau	5,580	5,850	1993

Tab. 1: Taumittelsprühanlagen in der Bundesrepublik Deutschland im Überblick

de nach Bundesautobahnen und Bundesstraßen getrennt. In der Spalte „Art der Anlage“ wird nach Anlagen auf Brücken und Anlagen auf Gefälle- bzw. Steigungsstrecken unterschieden.

Die Auswirkungen auf den Winterdienst sind in Kapitel 3.1 dargestellt. In diesem Kapitel sind auch die Einschätzungen der Straßenbaudienststellen zusammengefasst.

2 Beschreibung der Anlagen

2.1 A 45; Sauerlandanstieg

Allgemeines, Zweck der Anlage

Im Verlauf der Bundesautobahn A 45 in Fahrrichtung Gießen befindet sich zwischen den Anschlussstellen Hagen-Süd und Lüdenscheid-Nord, zwischen dem km 33,3 und km 44,0, ein Anstieg mit mehreren Bereichen, die bis zu 4 % Steigung aufweisen. In diesem Streckenabschnitt liegen vier glatteisgefährdete Talbrücken (TB Kattenohl, Länge 210 m; TB Brunsbecke, Länge 540 m; TB Sürenhagen, Länge 255 m; TB Eichenbleck, Länge 340 m), die besondere Gefährdungspunkte darstellen.

Im Bereich der Talbrücke Brunsbecke ist eine Weterscheide, wo das Wetter von Flachlandbedingungen in Gebirgsbedingungen umschlagen kann. In diesem Abschnitt bilden sich häufig Eis- und Reifglätte, während in Dortmund oder Hagen noch frostfreie Bedingungen herrschen.

Infolge der Lage der AM Lüdenscheid befindet sich der betroffene Bereich am Ende der Streu- und Räumzyklen, was bereits bei geringer Reif-, Eis- oder Schneeglätte zu Stauungen durch liegengebliebene Lkw führte. Bei einem Schwerlastanteil von 10.000 Fahrzeugen am „Durchschnittlichen Täglichen Verkehr (DTV)“ von ca. 40.000 Kfz/24 h (Stand: vor 1984) bildeten sich bei winterlichen Verhältnissen kilometerlange Staus. Der heutige DTV liegt bei 65.872 Kfz/24 h mit einem Schwerlastanteil von 13.634 Fahrzeugen; dies entspricht einem Anteil von 20,7 % (Stand 2003).

Im Jahre 1984 wurde deswegen von der Firma Boschung eine Taumittelsprühanlage installiert. In der Steigungsstrecke in Fahrrichtung Gießen wurde die dreistreifige Fahrbahn zwischen Streckenkilometer 37,8 und 43,85 vollständig beidseitig mit Sprühdüsen ausgerüstet. Auf der Gefällestrecke erhielten die vier Talbrücken beidseitig Sprühköpfe. Die Anlage

ging zum ersten Mal im Winter 1984/85 in Betrieb. Zur Steuerung dienten sechs Glättemeldeanlagen (GMA), die in den Jahren 1997 bis 2002 auf den technisch neuesten Stand gebracht wurden.

Technische Einzelheiten

Auf der Steigungsstrecke wurden auf einer Länge von 6 km insgesamt 365 Sprühdüsen im Abstand von 33 m beidseitig an den Schutzplanken so angeordnet, dass eine Sprühdüse genau in der Mitte von zwei gegenüberliegenden Sprühdüsen positioniert wurde. Auf der Gefällestrecke wurden auf den vier Talbrücken in gleicher Weise 89 Sprühventile angeordnet. Die Montage erfolgte hier an den Radabweisern der Talbrücken. Die Versorgungsleitungen (PE-Rohr $d = 50$ mm) liegen auf den Schutzplanken.

Die Versorgungseinrichtung mit sechs Vorrattanks von jeweils 8.000 Litern Fassungsvermögen und der Pumpstation befindet sich auf dem höchsten Punkt der Anlage auf dem Rastplatz Rövelder Mühle. Zum niedrigsten Sprühventil besteht ein Höhenunterschied von 130 m, sodass für den notwendigen Arbeitsdruck von 10 bis 12 bar einige Druckminderer notwendig sind.

Die Anlage wird durch sechs Glättemeldeanlagen gesteuert, die sich alle auf der Steigungsseite befinden und an das Glättemeldesystem des Landesbetriebes Straßenbau NRW angeschlossen sind. Sie sind mit meteorologischen Messinstrumenten sowie mit Bodensonden (BOSO-II) ausgestattet. Eine Untergrundtemperatursonde und vier Gefrier-temperatursonden ergänzen die Anlage.

Die Sprühvorgänge werden nach der Umrüstung der Glättemeldeanlagen in den Jahren 1997 bis 2002 durch zehn Programme automatisch und entsprechend den Alarmstufen 2 und 3 gesteuert. Sie haben folgende Inhalte:

- „Alarmstufe 2“ bedeutet, dass sich bei einer weiteren Temperaturabsenkung auf der Fahrbahn Glätte bilden wird,
- „Alarmstufe 3“ bedeutet aktuelle Glättebildung auf der Fahrbahn.

Sechs dieser Programme sind für jeweils einen Unterabschnitt der Steigungsstrecke incl. der Brücken auf der Gefällestrecke zuständig. Zwei Programme lösen Sprühungen auf der Gesamtstrecke aus und zwei weitere auf jeweils zwei Talbrücken.

Fällt eine GMA aus, so kann die benachbarte GMA deren Sprühprogramme auslösen.

Es sind aber auch manuelle Fernauslösungen, z. B. von der AM möglich, sowie die Auslösung mehrerer oder einzelner Ventile vom Pumpenhaus durch Fernsteuerung. Der Sprühvorgang dauert in der Regel zwei bis drei Sekunden und bringt eine Solemenge von 2 bis 2,5 Litern aus, je nach Druckhöhe am Sprühventil. Die Auslösung der Sprühung erfolgt entgegengesetzt der Fahrtrichtung. Die Anzahl der Sprühvorgänge ist nicht begrenzt und richtet sich nach den Meldungen der Glättemeldeanlagen. Die Anzahl der Sprühungen pro Alarm ist zwar variabel, aber zurzeit auf eine Sprühung festgelegt. Als Taustoff wird eine 22,5-prozentige NaCl-Lösung verwendet. In einer Winterdienstsaison werden durchschnittlich 250.000 Liter verbraucht.

2.2 A 1; Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Münster

Allgemeines, Zweck der Anlage

Die Taumittelsprühanlage befindet sich auf der BAB A 1 bei km 283,1 bei Münster-Amelsbüren in beiden Fahrtrichtungen über eine Länge von 100 m auf der Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal. Der zweistreifige Streckenabschnitt weist im Bereich der Brücke keine nennenswerte Steigung auf und hat einen DTV von 56.736 Kfz/24h mit einem Schwerlastanteil von 17,8 % (Stand 2003).

Die Anlage wurde im Jahre 1983 eingebaut und war notwendig geworden, weil sich die schlanke Stahlkonstruktion dieser Kanalbrücke als besonders witterungsempfindlich erwiesen hatte. Bei unter den Nullpunkt sinkenden Temperaturen bildete sich auf der Fahrbahn des Brückenbauwerkes wesentlich früher Straßenglätte als in den angrenzenden Streckenbereichen. Schon vor Installation der TMS hatte man ab 1972 versucht, mit hohem Aufwand den Brückenhohlkasten einer Fahrtrichtung zu beheizen. Die andere Fahrtrichtung wurde 1976 mit einer Verschleißschicht aus Asphaltbeton mit Verglimit-Zusatz versehen. Beide Verfahren konnten aus verschiedenen Gründen winterlich bedingte Unfälle nicht vermeiden.

Im Jahre 2003 erfolgte eine grundlegende Erneuerung der TMS. Die Sprühdüsen wurden dabei durch Micro-FAST-Stränge ersetzt, die etwa 10 cm neben der mittleren Fahrbahnmarkierung auf dem linken Fahrstreifen in den Fahrbahnbelag eingebaut wurden.

Technische Einzelheiten

In beiden Fahrtrichtungen verläuft je ein Mikrofast-Strang der Firma Boschung zwischen den Streifen 1 und 2. Der Lösungsbehälter mit einem Fassungsvermögen von 8.000 Litern befindet sich neben der BAB in einer Fertiggarage im Böschungsbereich.

Bodentemperatur (BOSO), Gefriertemperatur (ARCTIS), Niederschlag (Regen/Schnee) und die Luftfeuchtigkeit und -temperatur (RF/TL) werden von der Sensorik einer Glättemeldeanlage erfasst, die im Alarmfall verschiedene Sprühprogramme automatisch auslöst. Die Sprühungen können zwischen ein- und dreimal erfolgen. Anschließend wirkt eine einstellbare Zeitsperre, bevor eine weitere automatische Sprühung möglich ist. Die Sprühzeit ist dabei variabel einstellbar. Die Anlage ist so eingestellt, dass pro Sprühung und Fahrtrichtung eine Lösungsmittelmenge von ca. 20 Litern ausgebracht wird. Pro Saison werden ca. 12.000 Liter NaCl-Lösung (22,5-prozentig) verbraucht.

2.3 A 1; Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Ladbergen

Allgemeines, Zweck der Anlage

Die Anlage befindet sich auf der BAB A 1 zwischen den Anschlussstellen Greven und Ladbergen in beiden Richtungen mit einer Länge von rund 105 Metern zwischen Streckenkilometer 252,450 und 252,550 auf der Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal. Der DTV in diesem Streckenbereich beträgt 61.453 Kfz/24h mit einem Schwerlastanteil von 12.243 Fahrzeugen. Dies entspricht einem Prozentsatz von 19,9 % (Stand 2003).

Bei der Brücke handelt es sich um eine Stahlträgerkonstruktion mit einer Länge von 105 m, die durch die TMS gänzlich abgedeckt wird. Die Fahrbahn im Bereich der Brücke weist keine Steigung auf. Die TMS wurde im Jahre 1992 installiert, weil es im Streckenbereich der Brücke – bedingt durch die Stahlkonstruktion – häufig zu einer lokal begrenzten Glättebildung kommt, während benachbarte Streckenabschnitte noch eisfrei bleiben, und eine große Entfernung zum AM-Gehöft von 20 km besteht, für die im Einsatzfall bei konventioneller Arbeitsweise mindestens 45 min Anfahrtszeit benötigt werden.

Technische Einzelheiten

Auf beiden Fahrbahnen befinden sich jeweils 8 in den Fahrbahnbelag eingebaute Sprühteller auf dem linken Fahrstreifen, ca. 1 m vom linken Fahrbahnrand entfernt. Die Lösungsmittelbehälter sind in einer Fertigarage westlich der Brücke untergebracht.

Die Sprühungen der TMS können sowohl über das Glättefrühwarnsystem GFS 2000 der Firma Boschung automatisch als auch manuell von der Winterdienstzentrale vom AM-Gehöft oder der Lösungsmittelstation ausgelöst und überwacht werden. Die Sensorik des GFS 2000 liefert neben allgemeinen meteorologischen Daten, wie Lufttemperatur und Niederschlagsmengen, auch Straßenzustands- und Wetterinformationen über eine Bodensonde, ein Niederschlagsmessgerät und eine Gefrierpunktsonde.

Als Taustoff wird eine 22,5-prozentige NaCl-Lösung verwendet. Während einer Wintersaison werden ca. 8.000 Liter benötigt.

2.4 A 30; Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Rheine

Allgemeines, Zweck der Anlage

Die Anlage befindet sich auf der BAB A 30 zwischen den Anschlussstellen Rheine und Rheine-Nord in beiden Richtungen auf Höhe des Streckenkilometers 31,045 auf der Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal. Der DTV in diesem Streckenbereich beträgt 36.328 Kfz/24h mit einem Schwerlastanteil von 8.082 Fahrzeugen, dies entspricht einem Prozentsatz von 22,2 % (Stand: 2003).

Bei der Brücke handelt es sich um eine Stahlträgerkonstruktion mit einer Länge von 150 m, die durch die TMS gänzlich abgedeckt wird. Die Fahrbahn im Bereich der Brücke weist keine Steigung auf. Die TMS wurde im Jahre 1990 installiert, weil es im Streckenbereich der Brücke – bedingt durch die Stahlkonstruktion – häufig zu einer lokal begrenzten Glättebildung kommt, während benachbarte Streckenabschnitte noch eisfrei bleiben, und eine große Entfernung zum AM-Gehöft in Lengerich von 44 km bzw. 14 km vom Stützpunkt Ibbenbüren besteht, für die im Einsatzfall bei konventioneller Arbeitsweise mindestens 45 min Anfahrtszeit benötigt werden.

Im Jahre 2002 fand eine Grundrenovierung der gesamten Anlage statt, bei der u. a. neue Sprühteller eingebaut wurden.

Technische Einzelheiten

Auf jeder Richtungsfahrbahn befinden sich 11 in den Fahrbahnbelag des Standstreifens eingebaute Sprühteller. Die Lösungsmittelbehälter befinden sich in einem Gebäude nordwestlich der Brücke.

Die Sprühungen der TMS können sowohl über das GFS 2000 der Firma Boschung automatisch als auch manuell vom AM-Gehöft oder der Lösungsmittelstation ausgelöst werden. Die Sensorik des GFS 2000 liefert neben allgemeinen meteorologischen Daten wie Lufttemperatur und Niederschlagsmengen auch Straßenzustands- und Wetterinformationen über eine Bodensonde, ein Niederschlagsmessgerät und eine Gefrierpunktsonde.

Als Taustoff wird eine 22,5-prozentige NaCl-Sole verwendet. Während einer Wintersaison werden ca. 8.000 Liter benötigt.

2.5 A 2; Teutoburger Wald (Bielefelder Berg)

Allgemeines, Zweck der Anlage

Die Taumittelsprühanlage befindet sich auf der BAB A 2 im sechsstreifig ausgebauten Bereich des Streckenabschnittes „Bielefelder Berg“ zwischen Streckenkilometer 328,2 und 332,1 und deckt dort auf einer Länge von 3,9 km sowohl die Steigungs- als auch die Gefällestrecke ab. Der DTV im Streckenabschnitt der TMS beträgt 89.869 Kfz/24 h mit einem Schwerlastanteil von 18.644 Fahrzeugen, dies entspricht 20,7 % (Stand: 2003).

Die zuständige Autobahnmeisterei Herford ist bei km 309,6 untergebracht und muss zur Durchführung des Winterdienstes am Bielefelder Berg in Fahrtrichtung Oberhausen ca. 18,5 km und in Fahrtrichtung Hannover ca. 26,5 km zurücklegen. Der Zeitbedarf ist damit unter Einsatzbedingungen sehr groß. Durch frühzeitige Sprühungen wird der Schnee bis zum Eintreffen der Streufahrzeuge räumbar gehalten.

Die Anlage wurde im Winter 1995/1996 in erster Linie zur Bekämpfung von Reifglätte und zur Verhinderung von festgefahrenen Schneedecken gebaut und im darauf folgenden Winter in Betrieb genommen. In den ersten Jahren musste die Anlage von der Herstellerfirma ständig technisch verbessert werden. Im September 2002 wurde die TMS in Fahrtrichtung Hannover um 100 Meter mit zwei Strängen Mikrofast, zu Testzwecken dieser Anlagentechnik, verlängert.

Technische Einzelheiten

Auf jeder Fahrbahnseite befinden sich 247 Sprühteller im Abstand von ca. 16 m. Jeweils zwei dieser Sprühteller werden von kleineren, unter Druck stehenden Lösungsbehältern im Mittelstreifen versorgt. Die Haupttanks für die Lösung befinden sich im Tal in zwei Hauptstationen (Fertigaragen) auf beiden Seiten der BAB. In jeder Hauptstation befinden sich zwei Tanks mit einem Fassungsvermögen von jeweils 20.000 Liter Lösung. Von jeder Hauptstation werden zwei Unterstationen versorgt, eine auf halber Höhe und eine am oberen Ende der Steigung. Die Unterstationen sind kleinere stabile Gebäude und enthalten jeweils einen 1.000-Liter-Tank, aus dem die Druckbehälter im Mittelstreifen versorgt werden. Die 22,5-prozentige Natriumchlorid-Lösung wird von unten nach oben gepumpt. Eine Komplettsprühung auf beiden Seiten verbraucht 726 Liter Salzlösung (1,5 Liter pro Düse). Pro Wintersaison werden ca. 100.000 Liter NaCl-Lösung verbraucht.

Die Taumittelsprühanlage wird vollautomatisch über das Programm einer Glättemeldeanlage (GFS 2000) gesteuert. Es können aber auch bei Bedarf unabhängig von der GMA manuelle Sprühungen sowohl von der AM, von der Winterdienstzentrale als auch von jeder Haupt- und Unterstation ausgelöst werden.

2.6 A 45; Steigungsstrecke Kalteiche

Allgemeines, Zweck der Anlage

Die Taumittelsprühanlage befindet sich auf der BAB A 45 auf beiden Richtungsfahrbahnen zwischen dem Streckenkilometer 121,700 und 124,220 und deckt damit ca. 2,5 Kilometer des Steigungsbereiches im Streckenabschnitt „Kalteiche“ ab. Der DTV an dieser Stelle beträgt 63.125 Kfz/24 h mit einem Schwerlastanteil von 13.321 Fahrzeugen (21,1 %; Stand: 2003).

Die Anlage wurde im Jahr 1999 zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf der dreistreifigen Steigungsstrecke in Fahrtrichtung Gießen und der zweistreifigen Gefällestrecke in Fahrtrichtung Dortmund installiert. Die zuständige AM ist bei Kilometer 99,5 untergebracht und muss zur Durchführung des konventionellen Winterdienstes im Streckenabschnitt der TMS in Fahrtrichtung Gießen ca. 22 km und in Fahrtrichtung Dortmund ca. 29 km zurücklegen. Der Zeitbedarf unter Einsatzbedingungen ist damit sehr groß.

Im Streckenabschnitt Kalteiche traten vor Installation der TMS neben den üblichen winterlichen Straßenzuständen (Eis- und Reifglätte) häufig Starkniederschläge in Form von Schnee auf. Durch das hohe Verkehrsaufkommen von damals schon ca. 54.000 Kfz/24 h mit einem Lkw-Anteil von mehr als 21 % wurde der Schnee in kürzester Zeit festgefahren und zu Eis verdichtet.

Technische Einzelheiten

Von den insgesamt 316 Düsen befinden sich 158 in jeder Fahrtrichtung. Im Steigungsbereich (Fahrtrichtung Gießen) sind die Sprühteller in der Mitte des Leitstreifens eingebaut worden, auf der Gefällestrecke (Fahrtrichtung Dortmund) befinden sie sich im Belag des äußeren linken Fahrstreifens. Zwei 12.000-Liter-Tanks für die Lösung sind für beide Fahrbahnen in einer Fertigarage auf dem Parkplatz bei km 121 untergebracht. Zusätzlich gibt es etwa auf halber und auf 3/4 der Strecke eine Unterstation mit einem Tank von je 2.000 Litern Fassungsvermögen.

Die TMS wird durch drei Glättemeldeanlagen (GFS 2000) im Gefällebereich gesteuert. Sprühungen werden im Alarmfall vollautomatisch ausgelöst, können aber auch von der AM oder der Winterdienstzentrale manuell erfolgen. Die Einzelsprühung dauert 1 bis 2 Sekunden. Pro Wintersaison werden ca. 70.000 bis 80.000 Liter 22,5-prozentige NaCl-Lösung benötigt.

2.7 A 4; Wiehltalbrücke

Allgemeines, Zweck der Anlage

Die Taumittelsprühanlage befindet sich auf der BAB A 4 auf beiden Richtungsfahrbahnen zwischen dem Streckenkilometer 119,650 und 120,400 und deckt damit ca. 750 Meter des in beiden Fahrtrichtungen zweistreifigen Streckenbereiches der Wiehltalbrücke ab. Der DTV an dieser Stelle beträgt 46.533 Kfz/24h mit einem Schwerlastanteil von 11,2 % (Stand 2003).

Durch die große Spannweite und Bauhöhe reagiert das Brückenbauwerk sehr stark auf Lufttemperaturschwankungen. Die sich im Wiehltal sehr häufig bildenden und aufsteigenden Nebel bringen hohe Luftfeuchtigkeit mit sich. Bei niedrigen Temperaturen um den Gefrierpunkt ergibt sich daraus eine oft unvermittelt auftretende Reifglättebildung auf der Fahrbahn im Brückenbereich. Außerdem treten in

dem Streckenabschnitt, in dem die Brücke liegt, im Winter häufig starke Schneefälle auf, die durch das hohe Verkehrsaufkommen in kurzer Zeit zu einer festgefahrenen Glätteschicht verdichtet werden. Die zuständige AM ist in relativ großer Entfernung bei km 104,8 unmittelbar an der Anschlussstelle Overath untergebracht. Zur Durchführung des konventionellen Winterdienstes im Streckenabschnitt der TMS muss eine Streu- bzw. Räumschleife von ca. 38 km abgefahren werden. Der Zeitbedarf unter Einsatzbedingungen ist damit sehr groß.

Die Anlage wurde im Jahr 2003 in beiden Fahrrichtungen zur Entschärfung dieser Winterdienstproblematik und zur Senkung der daraus resultierenden besonders stark auffälligen Unfallhäufigkeit und der hohen Stauzahlen installiert.

Technische Einzelheiten

Auf einer Länge von 705 Metern sind insgesamt 142 Sprühdüsen an den Schutzplanken montiert. Die TMS verfügt über drei separate Lösungsmittelleitungen, von denen je eine am rechten und linken Rand der Brücke und eine im Mittelstreifen verlegt ist. Die beiden äußeren Stränge sind mit jeweils 36 Sprühdüsen bestückt, die im Abstand von ca. 20 Metern montiert sind. Der mittlere Strang ist mit zweimal 35 Düsen doppelt ausgerüstet. Sie sind so angeordnet, dass beide Richtungsfahrbahnen durch die Sprühung abgedeckt werden können.

Für das Brückenbauwerk ist zu einem späteren Zeitpunkt eine Gesamtinstandsetzung vorgesehen. Daher wurde die Anlagenausführung vorab in zwei Bauabschnitte gegliedert. In dem ersten Bauabschnitt wurde die zuvor beschriebene Ausstattung ausgeführt. Im Rahmen der vorgesehenen Gesamtinstandsetzung werden die unter den Schutzplanken montierten Sprühdüsen durch in die Fahrbahn eingelassene Sprühdüsenteller oder durch die Micro-FAST-Technologie ersetzt.

Es gibt zwei Vorrattanks für flüssigen Taustoff mit einem Fassungsvermögen von jeweils 15.000 Litern. Die beiden Tanks sind zusammen mit der Steuerungstechnik in einem Betongebäude am Wiederlager der Brücke auf der Westseite in Fahrrichtung Köln untergebracht. Es wird eine 22,5%ige NaCl-Lösung verwendet, von der im ersten Betriebswinter 2003/2004 58.000 Liter und im zweiten Winter 2004/2005 bis Ende Februar 36.000 Liter versprüht wurden.

Eine Sprühung kann automatisch durch die Steuerlogik der angeschlossenen Glättemeldeanlage

ausgelöst werden oder manuell sowohl von der Autobahnmeisterei als auch aus dem Gebäude für die Vorratsbehälter.

2.8 A 8; Prientalbrücke

Allgemeines, Zweck der Anlage

Im Verlauf der Bundesautobahn A 8/Ost von München in Richtung Salzburg überquert diese die Prien auf einer 183 m langen Brücke. Bei diesem Brückenbauwerk handelt es sich um eine Stahlkonstruktion mit orthotroper Platte, die im Winter in hohem Maße glatteisgefährdet ist. Sie bedarf einer wesentlich intensiveren Betreuung seitens der Autobahnmeisterei als die übrige Strecke. Zur Optimierung des Winterdienstes und zur Glättebekämpfung wurde auf der Prientalbrücke im Jahre 1990 eine Taumittelsprühanlage installiert. Der DTV auf der Brücke beträgt 52.756 Kfz/24 h mit einem Schwerlastanteil von 6.909 Fahrzeugen. Dies entspricht einem Anteil von 13,1 % (Stand: 2003).

Technische Einzelheiten

Auf einer Länge von 112 m sind insgesamt 28 Sprühdüsen, jeweils 14 pro Fahrbahnseite, an den Schutzplanken des Mittelstreifens installiert und werden mit Sprühmittel versorgt. Dabei sind die Düsen in einem Abstand von ca. 12 m an beiden Seiten mittig zwischen den gegenüberliegenden Düsen angeordnet.

Ein vollständiges Besprühen der Fahrbahnfläche ist so nicht möglich. Die Verteilung der Taumittellösung auf der Fahrbahn erfolgt durch den Verkehr sowie durch die Längs- und Querneigung der Fahrbahn. Der Vorrattank für flüssigen Taustoff hat ein Fassungsvermögen von 8.000 Liter und steht in einem separaten Gebäude auf dem Parkplatz hinter der Brücke in Richtung Salzburg.

Die Außenmessstelle der Glättemeldeanlage befindet sich etwa in der Mitte der Anlage. Sie umfasst drei Bodensonden, die auf dem Überholstreifen angeordnet sind, sowie die Wetterstation. Die Glättemeldeanlage löst bei den Alarmstufen 2 und 3 Sprühungen aus (siehe auch Kapitel 2.1).

Der Sprühvorgang selbst dauert entweder 1 oder 2 Sekunden pro Düse, je nach Einstellung, wobei die Düsen nicht gleichzeitig, sondern nacheinander – mit der Fahrtrichtung – sprühen. Die Möglichkeit, die Sprühdauer in Vor- und Hauptsaison differenziert einzustellen, wird nicht genutzt. Mit jeder

Sprühung werden ca. 72 Liter Taumittelösung ausgebracht. Die Taumittelsprühanlage wird mit 32-prozentiger CaCl_2 -Lösung betrieben. Durchschnittlich werden ca. 20.000 Liter pro Jahr verbraucht.

Die Anzahl möglicher Sprühungen ist begrenzt. Im Regelfall können Sprühungen im Abstand von jeweils 30 Minuten ausgelöst werden. Die Sperrzeit von 0,5 Std. kann durch Absinken der Temperatur (Luft- und/oder Fahrbahntemperatur) umgangen bzw. aufgehoben werden. Der Mindestabstand zwischen zwei Sprühungen beträgt vier Minuten. Die Anzahl der Sprühungen pro auslösendem und anhaltendem Alarm beträgt zurzeit zwei Sprühungen.

2.9 A 3; Haseltalbrücke

Allgemeines, Zweck der Anlage

Im Verlauf der Bundesautobahn A 3 zwischen Rohrbrunn und Oberndorf überspannt eine 720 m lange Brücke das Haseltal im Spessart. Die Haseltalbrücke ist in hohem Maße glatteisgefährdet und stellt auf Grund ihres Aufbaus (Balkenbrücke aus Stahl) für den Verkehrsteilnehmer im Winter eine stetige Gefahr dar. Durch die topografische Lage der Brücke werden in den Wintermonaten für den Brückenbereich häufig Streueinsätze notwendig. Die Verkehrsbelastung beträgt etwa 65.000 Fz in 24 Stunden. Davon sind ca. 13.000 Fz (20 %) dem Schwerverkehr zuzurechnen. Sowohl zur Optimierung des Winterdienstes als auch zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und zur Verringerung der Umweltbelastung durch ein gezieltes und dosiertes Aufbringen von Taustoffen wurde im Jahre 1995 eine Taumittelsprühanlage installiert und im Winter 1995/96 erstmals in Betrieb genommen.

Technische Einzelheiten

Auf einer Länge von 650 m sind insgesamt 106 Sprühdüsen, jeweils 53 pro Fahrbahn, an den Schutzplanken des Mittelstreifens installiert und werden mit Sprühmittel versorgt. Dabei sind die Düsen an beiden Seiten immer mittig zwischen den gegenüberliegenden Düsen angeordnet.

Die beiden Vorrattanks für flüssigen Taustoff stehen in einer Fertigarage östlich der Brücke und haben ein Fassungsvermögen von je 8.000 Liter.

Es gibt insgesamt vier Glättemeldeanlagen, je zwei pro Richtungsfahrbahn. Sie liegen am Brückenanfang auf dem linken Fahrstreifen. Die meteorologi-

schen Stationen sind in Kombination mit jeweils einer Bodensonde und einer Gefrierpunktsonde auf der südwestlichen Seite der Brücke positioniert.

Die Glättemeldeanlage löst bei den Alarmstufen 2 und 3 Sprühungen aus. Der Sprühvorgang selbst dauert entweder 1 oder 2 Sekunden pro Düse, je nach Einstellung, wobei die Düsen nicht gleichzeitig, sondern nacheinander – entgegen der Fahrtrichtung – sprühen. Mit jeder Sprühung werden ca. 160 Liter Taumittelösung ausgebracht. Verwendet wird eine 20-prozentige CaCl_2 -Lösung. Der Verbrauch liegt zwischen 35.000 und 55.000 Litern pro Jahr.

Die Anzahl möglicher Sprühungen ist begrenzt. Der Mindestabstand nach 2 Sprühungen zur nächsten Sprühung beträgt zwei Stunden. Die Anzahl der Sprühungen pro ausgelöstem und anhaltendem Alarm ist manuell einstellbar.

2.10 A 8; Drackensteiner Hang

Allgemeines, Zweck der Anlage

Die Bundesautobahn A 8 fällt zwischen den Anschlussstellen Merklingen und Mühlhausen von der Höhe der Schwäbischen Alb ins Filstal ab. Die zweistreifigen Richtungsfahrbahnen ohne Standstreifen werden getrennt geführt. Die Fahrbahn in Richtung Stuttgart überwindet eine Höhendifferenz von ca. 100 m (735 mm über NN bis 637 über NN) mit einem Gefälle bis zu 6 %.

Teilweise wird dieser Streckenabschnitt längs des Drackensteiner Hanges nur mit einer Stützmauer zum senkrecht abfallenden Hang gesichert, teilweise wird er auf einer Länge von gut 2 km über Hangbrücken geführt. Die Verkehrsbelastung ist seit der Errichtung der Anlage stark angestiegen. Waren es 1987 noch ca. 49.720 Kfz in 24 Stunden mit einem Schwerlastanteil von rund 8.950 Fahrzeugen (über 18 %), sind es 2003 bereits 67.339 Kfz/24 h mit einem Anteil an Schwerlastverkehr von 9.415 Fahrzeugen, entsprechend 14 %.

Der Winterdienst dieses Streckenabschnittes erweist sich durch die extremen Witterungsverhältnisse immer wieder als schwierig, sei es durch plötzliches Einsetzen von Schneefall und damit verbundener Schneeglätte, oder durch plötzlich auftretendes Glatteis auf den verschiedenen Hangbrücken. Um Beeinträchtigungen des Verkehrs vorzubeugen, hat der Bundesminister für Verkehr daher 1984 den Einbau einer Taumittelsprühanlage

genehmigt. Die Anlage soll beiden bislang beschriebenen Einsatzzwecken genügen:

- Bekämpfung von Eis- und Reifglätte und
- Unterstützung der mechanischen Glättebekämpfung und Verhindern von Schneeglätte.

Dabei ist das vorrangige Ziel, den Lkw-Verkehr auf der Gefällestrecke aufrechtzuhalten, sowohl im verkehrstechnischen Sinne zur Vermeidung von Staus als auch zum Transport und Verteilen des Taustoffes.

Die Anlage wurde am 4.10.1984 erstmals in Betrieb genommen. Im Jahre 1985 erfolgte eine bergseitige Erweiterung der Anlage um 200 m.

Technische Einzelheiten

Die Taumittelsprühanlage am Drackensteiner Hang deckt mit einer Gesamtlänge von 1.750 m rund 50 % der Gefällestrecke ab. Die Anlage war zunächst für eine Länge von 1.800 m geplant, von denen 1.320 m vor dem Winter 84/85 in Betrieb genommen werden konnten. Aufgrund der guten Erfahrungen im ersten Betriebswinter wurde die Anlage im Jahr 1985 bergseitig um 200 m erweitert.

Die Betriebslänge ist in Sektoren unterteilt, um den unterschiedlichen Witterungsbedingungen der Gesamtstrecke gerecht zu werden. Der obere Sektor erstreckt sich von der unbewirtschafteten Park- und Rastanlage mit Toilette (PWC-Anlage) am Beginn der Gefällestrecke bis zum Tunnel durch den Nasenfelsen (ca. 900 m); der untere vom Tunnel bis über das Ende der Gefällestrecke hinweg (ca. 900 m). Diese beiden Anlagenteile sind mit jeweils eigenen Glättemeldeanlagen ausgerüstet. Die Einsätze können unabhängig voneinander gesteuert werden. Falls eine der beiden Glättemeldeanlagen ausfällt, kann die gesamte Anlage von dem noch intakten System aktiviert werden. Bei extremen Witterungsverhältnissen werden von der Autobahnmeisterei auch manuell Sprühungen ausgelöst.

Im Abstand von 16 m sind einseitig insgesamt 125 Sprühdüsen angeordnet, 56 im oberen und 69 im unteren Sektor. Sie besprühen eine Fahrbahnfläche von ca. 13.000 m². Die Pump- und Steueranlage befindet sich auf der PWC-Anlage und wurde bei Installation mit einem Vorratstank für flüssigen Taustoff von 12.000 Litern Inhalt ausgerüstet. Wegen der häufig erforderlichen Nachfüllungen wurde im Jahre 1986 ein zusätzlicher Erdtank mit einem Fassungsvermögen von 40.000 Litern installiert.

In Höhe der PWC-Anlage befindet sich die Steuerungseinheit der Taumittelsprühanlage, sie umfasst auch die Außenmessstelle der Glättemeldeanlage für die Steuerung des oberen Sektors. Die GMA besteht aus einer Wetterstation, zwei Bodensonden und einer Gefrierpunktsonde, ebenso wie die Außenmessstelle der Glättemeldeanlage, die zur Steuerung des unteren Sektors der Taumittelsprühanlage auf der Drachenlochbrücke unterhalb des Nasenfelstunnels angebracht ist.

Die Glättemeldeanlage löst bei den Alarmstufen 2 und 3 Sprühungen aus. Einschränkungen bezüglich des zeitlichen Abstandes und/oder der Anzahl aufeinanderfolgender Sprühungen wurden vom Betreiber nicht genannt. Das Fehlen solcher systemimmanenten Beschränkungen führte in einem Ausnahmefall zu 80 Sprüheinsätzen der Taumittelsprühanlage in einer Nacht. Deshalb werden nun bei ausgelösten GMA-Alarmen Kontrollfahrten seitens der AM durchgeführt.

Die Sprühdüsen werden nacheinander aktiviert, entgegen der Fahrtrichtung des Verkehrs. Die Sprühdauer je Düse beträgt wahlweise ein oder zwei Sekunden und ist manuell umstellbar. Eine Dauer von einer Sekunde wird üblicherweise für den Beginn bzw. das Ende der Winterdienstperiode gewählt; während des eigentlichen Winters beträgt sie zwei Sekunden. Pro Sekunde werden 1,5 Liter flüssiger Taustoff ausgebracht. Bei Verwendung einer 25-prozentigen CaCl₂ Lösung ergibt sich eine Salzmenge von 3,2 g CaCl₂ pro m² Fahrbahn. Bei einer Sprühdauer von einer Sekunde werden über die Gesamtlänge der Taumittelsprühanlage von 1.750 m insgesamt 187,5 Liter Taustofflösung oder 58,1 kg CaCl₂ ausgebracht.

2.11 A 81; Weitingen Brücke

Allgemeines, Zweck der Anlage

Im Verlauf der A 81 zieht sich in unmittelbarer Nähe der Stadt Weitingen eine Talbrücke über den Neckar. Diese so genannte Neckartalbrücke bei Weitingen ist eine Stahlbrücke, die in den Jahren 1978/1979 erbaut wurde. In der winterlichen Jahreszeit schlägt sich die aufsteigende Luftfeuchtigkeit des Neckars schnell auf der Brücke nieder und gefriert. Die entstehende Reif- und Eisglätte lässt den Abschnitt zu einer äußerst gefährlichen Glätteisfalle werden, die durch plötzlich auftretende Windböen in ihrer Wirkung noch verstärkt wird. Die überraschend schnelle Glättebildung ist für den

vorangegangenen und den nachfolgenden Autobahnabschnitt nicht typisch. Zur wirkungsvollen Glättebekämpfung und Optimierung des Winterdienstes der Autobahnmeisterei wurde 2001 im Rahmen einer Brückensanierung eine Taumittelsprühanlage errichtet, die plötzlich auftretende Glättebildung auf diesem Teilabschnitt schnell und wirkungsvoll verhindern soll. Die gesamte Anlage besteht aus einer Glättemeldeanlage, einer Taumittelsprühanlage und einem Taumittelhaus. Die Verkehrsbelastung betrug bei der Einrichtung der Anlage etwa 50.000 Kfz/24 h. Davon sind ca. 16 % dem Schwerverkehr zuzurechnen. Heute fahren dort 48.738 Kfz/24 h mit einem Schwerlastanteil von 5.715 Fahrzeugen, entsprechend 11,7 % (Stand: 2003).

Der Betrieb der Anlage wurde im Winter 2001/2002 zum ersten Mal aufgenommen. Die Abnahme durch das SBA Singen und die AM Rottweil erfolgte im Mai 2003.

Technische Einzelheiten

Auf einer Länge von 980 m sind insgesamt 156 Sprühdüsen, je 78 pro Fahrtrichtung, installiert und werden über zwei Leitungsstränge mit Taustoff versorgt. Die Sprühdüsen sind mit einem Abstand von ca. 12 m mit alternierender Sprühhichtung in der Fahrbahnmitte verteilt. Sie besprühen im Anforderungsfall nacheinander die Fahrbahn mit Taumittel.

Die gesprühte Menge pro Sprühzyklus beträgt bei der gegenwärtigen Einstellung 215 Liter Gesamtmenge und der Zyklus dauert ca. 20 Minuten. Die Anzahl der Sprühungen pro Jahr ist sehr unterschiedlich. So gab es im Winter 2001/2002 172 Sprühungen, im Winter 2002/2003 waren es 408 und im Winter 2003/2004 sprühte die Anlage 436 mal. Der Verbrauch von Taumittel lag im Winter 2003/2004 mit 93.740 Liter am höchsten. Im Winter 2001/2002 wurden 36.980 Liter verbraucht und 2002/2003 88.001 Liter. Es gibt einen Taumitteltank mit 30.000 Litern und einen weiteren mit 60.000 Litern Fassungsvermögen.

Die Auslösung der Anlage erfolgt über eine Messstelle der Glättemeldeanlage mit integrierter Gefrierpointermessung. Dafür werden insgesamt 3 Sonden benötigt. Es gibt eine Feuchtigkeits-, eine Temperatur- und eine Gefrierpointsonde.

Die Auslöselogik des Sprühsystems ist eine Kombination aus Gefrierpunkt, Fahrbahntemperatur und Feuchtigkeit. Es gibt insgesamt 8 verschiede-

ne Kriterien, bei denen die Glättemeldeanlage einen Alarm auslöst. Die Alarmstufen 2 und 3 haben Sprühungen zur Folge (siehe Kapitel 2.1). Die Sprühprogramme sind konfigurierbar und können bei entsprechender Erfahrung des Systembetreibers geändert werden. Zusätzlich ist die Anlage manuell bedienbar.

Jede Auslösung des Systems hat zwei Sprühungen zur Folge. Wenn das System richtig funktioniert, sollten zwei Sprühungen reichen, um den Alarm abzuschalten. Es handelt sich um eine Fehlfunktion, wenn das System ununterbrochen Sprühungen durchführt. Insgesamt besprüht die Anlage eine Fläche von ca. 19.600 m².

Die Daten der Messstelle sowie alle Aktivitäten der Taumittelsprühanlage werden über eine Datenverbindung gesendet. Ein Transmitter leitet in regelmäßigen Abständen die Messstellendaten an die Autobahnmeisterei weiter. Dies gilt ebenfalls für die Weitergabe von Störungs- und/oder Defektmeldungen.

2.12 A 11; Brücke über den Oder-Havel-Kanal

Allgemeines, Zweck der Anlage

Im Verlauf der A 11 überquert eine Brücke bei Finowfurt in Brandenburg den Oder-Havel-Kanal. Es handelt sich hierbei um einen Stahlüberbau, der 102,26 m lang ist. Stahlbrücken sind in besonderem Maße anfällig für plötzliche Glättebildung, die für die restliche Umgebung nicht typisch ist. Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit, Vermeidung weiterer Unfälle sowie zur wirtschaftlichen und ökologischen Eingrenzung des Aufwandes an Taumitteln wurde im Jahre 1993 auf dem Bauwerk eine Messstelle des Glatteisfrühwarnsystems der Firma Boschung installiert. Es handelt sich hierbei um die erste im Land Brandenburg errichtete Glättemeldeanlage. Als Pilotprojekt wurde diese mit einer Taumittelsprühanlage gekoppelt. Dieser Standort hatte sich angeboten, da das Bauwerk 1990 neu errichtet wurde und mittelfristig kein Umbau zu erwarten war. Andere mögliche Streckenabschnitte unterlagen zu diesem Zeitpunkt dem Ausbauprogramm. Der Betrieb der Anlage wurde im Winter 1993 zum ersten Mal aufgenommen.

Die Verkehrsbelastung ist in den Jahren 1999 bis 2003 stetig angestiegen. 1999 betrug sie noch ca. 17.487 Kfz/24 h. Bis 2003 ist diese Zahl um rund

34 % auf 23.493 Kfz/24 h angestiegen. Davon sind 15,9 % dem Schwerverkehr zuzurechnen.

Technische Einzelheiten

Auf einer Länge von 102,26 m sind insgesamt 10 Sprühteller auf dem rechten Brückenüberbau installiert. Die Sprühdüsen sind am linken Fahrbahnrand zwischen Mittelkappe und Sperrlinie mit einem Abstand von ca. 10 m angeordnet. Sie besprühen im Anforderungsfall nacheinander die Fahrbahn mit Taumittel.

Die gesprühte Menge pro Sprühzyklus beträgt bei der gegenwärtigen Einstellung 20 Liter und der Zyklus dauert ca. 8 Minuten. Innerhalb dieses Zyklus wird in Intervallen von 60 bis 90 s das Taumittel stoßweise ausgesprüht. Der Lösungsbehälter liegt in einem separaten Technikgebäude, das ungefähr 60 m entfernt ist. Pro Jahr werden etwa 6.000 Liter Taumittel verbraucht. Die Auslösung der Anlage erfolgt über eine Messstelle des Glättefrühwarnsystems mit integrierter Gefrierpunktmesung. Dafür werden insgesamt 3 Sonden benötigt. Es gibt eine Feuchtigkeits-, eine Temperatur- und eine Gefrierpunktsonde.

Die Auslöselogik des Sprühsystems ist eine Kombination aus Gefrierpunkt, Fahrbahntemperatur und Feuchtigkeit. Das Taumittelsprühsystem hat 16 verschiedene Sprühprogramme, welche die Einschaltungsreihenfolge der Düsen bestimmen. Die Glättemeldeanlage löst bei den Alarmstufen 2 und 3 Sprühungen aus.

Die Sprühprogramme sind konfigurierbar und können bei entsprechender Erfahrung des Systembetreibers geändert werden. Zusätzlich ist die Anlage manuell bedienbar. Dies kann sowohl per Hand direkt an der Anlage als auch per Computer aus der Zentrale der Autobahnmeisterei geschehen. Wenn das System richtig funktioniert, sollten eine oder zwei Sprühungen reichen, um den Alarm abzuschalten. Das System darf nicht ununterbrochen Sprühungen durchführen.

Die Daten der Messstelle sowie alle Aktivitäten der Taumittelsprühanlage werden über eine Postwählleitung übertragen. Das bedeutet, dass ein Transmitter in regelmäßigen Abständen die Messstellendaten an die Autobahnmeisterei weiterleitet. Dies gilt ebenfalls für die Weitergabe von Störungs- und/oder Defektmeldungen. Im Jahre 2003 wurde die gesamte Bodensensorik im Rahmen einer Sanierung ausgetauscht.

2.13 B 2; Donaubrücke Schellenberg

Allgemeines, Zweck der Anlage

Der Streckenabschnitt der B 2, in dem sich die Brücke befindet, wurde im November 1976 als vierstreifige Ortsumgehung von Donauwörth für den Verkehr freigegeben. Die Verkehrsbelastung beträgt heute etwa 14.137 Kfz/24 h, wovon 11,51 % (1.627) dem Schwerverkehr zuzurechnen sind.

Die Hangbrücke „Am Schellenberg“ entwickelte sich aufgrund ihrer exponierten Lage zwischen der nahe gelegenen Donau und den aufsteigenden Hängen der Fränkischen Alb sowie ihrer freien Höhe von 22 m über Talsohle im Zusammenwirken mit sehr wechselnden und überraschenden Witterungsverhältnissen bereits unmittelbar nach Verkehrsfreigabe zu einem Unfallschwerpunkt. Die Brücke weist ein Längsgefälle von 4 % auf und ist wegen ihrer guten Einbindung in die Landschaft vom Verkehrsteilnehmer als Brücke nur schlecht und nicht immer rechtzeitig erkennbar. Erschwerend kommt hinzu, dass die Brücke als Stahlkonstruktion mit orthotroper Fahrbahnplatte zwischen zwei benachbarten Spannbetonbrücken liegt. Infolge der fast 30fachen Wärmeleitfähigkeit von Stahl gegenüber Beton kühlt die Stahlbrücke bei sinkender Lufttemperatur erheblich schneller aus als die Betonbrücken. Dies wird vom Verkehrsteilnehmer nicht erwartet. Es wurde immer wieder beobachtet, dass sich auf der Stahlbrücke Reif bzw. Eis bildete, während die benachbarten Streckenabschnitte (incl. der Betonbrücken) lediglich nasse Fahrbahnen aufwiesen. Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit wurde zunächst im Januar 1981 eine Glättemeldeanlage in Betrieb genommen. Diese wurde im Jahre 1982 um eine Taumittelsprühanlage ergänzt, die am 03.12.1982 betriebsbereit war. Die TMS wurde erstmals im Winter 1983/84 über die gesamte Dauer der Winterdienstperiode betrieben.

Technische Einzelheiten

Die Brücke „Am Schellenberg“ hat eine Länge von 325 m. Auf dieser Länge sind an zwei Leitungssträngen im Abstand von jeweils 10 m insgesamt 60 Sprühdüsen installiert, 30 je Fahrtrichtung. Sämtliche Düsen sind in der Mitte der Brücke zwischen den Richtungsfahrbahnen angebracht und so angeordnet, dass eine gleichmäßige Verteilung des ausgebrachten Taustoffes über beide Fahrstreifen gewährleistet ist. Sie decken eine Fläche

von ca. 5.160 m² ab. Die Pump- und Steueranlage umfasst einen Vorratstank von 8.000 Litern Inhalt.

Sobald die Fahrbahntemperatur kleiner als die Gefrierpunktttemperatur ist, löst die Glättemeldeanlage in drei Stufen Alarm aus (siehe Kapitel 2.1). Die Alarmstufen 2 und 3 haben Sprühungen zur Folge. Nach Inbetriebnahme der Anlage wurden Unstimmigkeiten zwischen optischer Kontrolle durch Mitarbeiter der Straßenmeisterei Nördlingen und der Meldung des Glättefrühwarnsystems festgestellt. So wurde Reifniederschlag auf der Fahrbahn beobachtet, ohne dass ein Alarm ausgelöst wurde, wobei das Glättefrühwarnsystem eine Lufttemperatur von -2 °C, eine Belagstemperatur von -7 °C und einen trockenen Fahrbahnbelag anzeigte. Daraufhin wurde die Systemlogik dahingehend geändert, dass bei Belagstemperaturen von weniger als +2 °C die Sonde dauerhaft gekühlt wird, sodass sich ein dünner Reif- bzw. Eisüberzug zuerst auf der Sonde bildet, der aber durch die höhere Lufttemperatur der Umgebung bald schmilzt und die Anlage „Fahrbahn feucht“ melden kann.

Die Sprühdüsen werden nacheinander entgegen der Fahrtrichtung des Verkehrs aktiviert. Die Sprühdauer je Düse beträgt wahlweise 1,5 oder 2 Sekunden und ist manuell einstellbar. Pro Sekunde werden ca. 1,25 Liter Taumittellösung ausgebracht, was 112,5 Litern Lösung pro Sprühumlauf während der Vor- bzw. Nachwintereinstellung und 150 Litern während der eigentlichen Winterdienstperiode mit einer Sprühdauer von 2 Sekunden entspricht. Die Fahrbahnfläche der Brücke wird so bei Verwendung einer 25%igen CaCl₂-Lösung mit 6,5 g/m² bzw. 9,0 g/m² CaCl₂ beaufschlagt.

Ein Sprühumlauf erfolgt 4 min nach der Meldung von Alarm 2. Die maximale Anzahl möglicher Sprühungen ist variabel wählbar; bis zu 3 Sprühungen sind möglich. Eine weitere Sprühung erfolgt je nach Notwendigkeit nach zweistündiger Pause automatisch. Unmittelbar durch die Alarmstufe 3 ausgelöste Sprühumläufe sind von der Sperre nicht betroffen. Bei Druckabfall in der Taustoffleitung (Undichtigkeit, Tropfen eines Ventils) wird Druckalarm ausgelöst.

Im Jahre 1984 wurde die Taumittelsprühanlage um ein Schneehöhenmessgerät ergänzt. Das Schneehöhenmessgerät sollte zusätzlich bei Schneehöhen > 4 cm Sprühungen auslösen. Das Gerät wurde zwischenzeitlich außer Betrieb genommen, da Fehlanzeigen (z. B. 6 cm Schneefall bei Sonnenschein) zu häufigen überflüssigen Sprühungen führten.

Im Rahmen einer Umrüstungsmaßnahme wurde 1995 die Software der Anlage ausgetauscht. Es folgte eine mehrjährige Anpassung der Software (bis 1999) an meteorologische und geografische Bedingungen vor Ort, bis die Anlage zufrieden stellend funktionierte.

2.14 B 76; Talbrücke Haselholm

Allgemeines, Zweck der Anlage

Im Verlauf der Bundesstraße 76 zieht sich in unmittelbarer Nähe der Stadt Schleswig eine zweistreifige Talbrücke über den Haselholmer Bach. Die Haselholmer Talbrücke ist eine Stahlbrücke mit orthotroper Platte, die mit einer lichten Weite von 375 m insgesamt fünf Felder überspannt. Sie führt in 10 m Höhe über ein mooriges Gebiet und grenzt beidseitig an Wälder. Ferner weist sie ein Gefälle von ca. 3 % und eine mittlere Querneigung von 2 % auf. Laut Unfallstatistik gibt es durch die vor Ort herrschenden klimatischen Verhältnisse eine außergewöhnlich hohe, atypische Glätteunfallrate. Diese war auch durch stark intensivierten Winterdienst nicht völlig zu vermeiden. Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und zur wirtschaftlichen und ökologischen Aufbringung von Taustoff wurde im Jahre 1988 auf dem Bauwerk eine Messstelle der Glättemeldeanlagen installiert. 1989 wurde eine Geschwindigkeitsbeschränkung eingerichtet. 1990 kam im Rahmen einer größeren Sanierungsmaßnahme auf der Brücke eine automatische Taumittelsprühanlage hinzu. Die Gesamtanlage besteht aus einer Glättemeldeanlage und einer Taumittelsprühanlage mit einem Taumittelhaus. Im Winter 1990/91 wurde der Betrieb der Anlage zum ersten Mal aufgenommen.

Die Verkehrsbelastung betrug bei der Einrichtung der Anlage etwa 25.000 Kfz/24 h. Diese Zahl ist bis 2003 um ca. 44 % auf 14.000 Fz gesunken. Davon sind weniger als 10 % dem Schwerverkehr zuzurechnen. Im Allgemeinen herrscht vorwiegend Nahverkehr auf der B 76, die dadurch weitgehend die Funktion einer Landstraße erfüllt.

Technische Einzelheiten

Auf einer Länge von 375 m sind insgesamt 50 Sprühteller in der Brückenmitte installiert, die über einen Leitungsstrang mit Taustoff versorgt werden. Die Sprühdüsen besprühen in einem Abstand von 7,14 m alternierend und nacheinander beide Fahrstreifen.

Die gesprühte Menge pro Sprühzyklus beträgt bei der gegenwärtigen Einstellung 80 Liter Gesamtmenge und der Zyklus dauert ca. 8 Minuten. Es gibt 6 Taumittelagertanks mit einer Kapazität von je 1.000 Litern. Pro Jahr werden ca. 24.000 Liter Taustoff verbraucht, was ungefähr 300 Sprüheinsätzen entspricht. Die Auslösung der Anlage erfolgt über eine Messstelle der Glättemeldeanlage mit integrierter Gefriertemperaturmessung. Dafür werden insgesamt 3 Sonden benötigt. Es gibt eine Feuchtigkeits-, eine Temperatur- und eine Gefrierpunktsonde.

Die Auslöselogik des Sprühsystems ist eine Kombination aus Gefrierpunkt, Fahrbahntemperatur und Feuchtigkeit. Die Taumittelsprühanlage hat 16 verschiedene Sprühprogramme, welche die Einschaltungsreihenfolge der Ventile bestimmen. Die Glättemeldeanlage löst bei den Alarmstufen 2 und 3 Sprühungen aus (siehe Kapitel 2.1).

Die Sprühprogramme sind konfigurierbar und können bei entsprechender Erfahrung des Systembetreibers geändert werden. Zusätzlich ist die Anlage manuell bedienbar. Dies funktioniert sowohl per Hand direkt an der Anlage als auch per Computer aus der Zentrale der Straßenmeisterei.

Bei störungsfreiem Betrieb reichen eine oder zwei Sprühungen, um die durch den ausgelösten Alarm gemeldete Glättegefahr zu beseitigen. Die Daten der Messstelle sowie alle Aktivitäten der Taumittelsprühanlage werden über eine Postwählleitung übertragen. Ein Transmitter leitet in regelmäßigen Abständen die Messstellendaten an die Straßenmeisterei weiter. Dies gilt ebenfalls für die Weitergabe von Störungs- und/oder Defektmeldungen.

Im Jahre 2002 wurde im Rahmen einer Nachrüstung ein Modem für Fernwartungen eingebaut. Im gleichen Jahr ist die zuständige Straßenmeisterei aufgelöst worden und die SM Schleswig mit Sitz in Schubj hat den Streckenabschnitt übernommen.

2.15 B 10; Brücke über die Bahn

Allgemeines, Zweck der Anlage

Im Bereich Stuttgart-Zuffenhausen überquert die B 10 die Bundesbahnstrecke und die B 27. Eine Doppelbrücke, die aus zwei nicht miteinander verbundenen Bauwerken mit jeweils zwei Fahrstreifen besteht, überquert den Gleiskörper stadteinwärts gerichtet auf einer Strecke von 220 Metern und stadtauswärts auf einer Länge von 380 Metern.

Beide Bauwerke sind Stahlkonstruktionen, deren Fahrbahnbeläge oft aufgrund der lokalen klimatischen Verhältnisse bereits vereisen, während angrenzende Streckenabschnitte noch problemlos befahrbar sind. Dies führte vor Installation der Anlage auf beiden Brücken zu einer Vielzahl von Glätteunfällen.

Die Verkehrsbelastung beträgt etwa 70.340 Kfz/24 h (Stand: 2003). Davon sind 5.521 (7,8 %) dem Schwerverkehr zuzurechnen. Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und zur Reduzierung von Unfällen wurde 1994 eine Taumittelsprühanlage mit einer Glättemeldeanlage eingerichtet. Die Glättemeldeanlage ist mit folgenden Messeinrichtungen ausgestattet: Temperaturfühler, Bodensonde, Niederschlagsmesser, relative Luftfeuchtigkeit und Gefriertemperatursonde. Die Anlage wurde Ende 1994 zum ersten Mal in Betrieb genommen.

Technische Einzelheiten

Auf der gesamten Länge der Brücke sind insgesamt 55 Sprühteller installiert, 20 stadteinwärts und 35 stadtauswärts, die über zwei Leitungsstränge mit Taustoff versorgt werden. Die Sprühteller sind überwiegend neben dem Überholstreifen unter der Schutzplanke im Fahrbahnbelag eingelassen. Die Sprühung wird über Ventilschränke ausgelöst, die im Anforderungsfall jeweils fünf Sprühköpfe nacheinander gegen die Fahrtrichtung aktivieren. Insgesamt wird eine Fläche von ca. 5.000 m² besprüht. Die Verteilung des Taustoffes auf der Fahrbahn erfolgt zum Teil durch den fließenden Verkehr.

Die gesprühte Taumittelmenge pro Sprühzyklus beträgt bei der gegenwärtigen Einstellung ca. 55-82 Liter Gesamtmenge; das sind 1-1,5 Liter pro Düse. Es gibt insgesamt 8 Taumittelagertanks mit einer Kapazität von je 4 m³, die stadtauswärts am Ende des Bauwerks liegen. Es handelt sich hierbei um einwandige Behälter, die, im Falle einer undichten Stelle, vollständig auslaufen, da es keine Anzeige für Defekte gibt. Um evtl. auslaufende Lösung auffangen zu können, gibt es ein Auffangbecken, dessen Kapazität nach der Erhöhung der Tankkapazität der Taumittelbehälter im Jahre 1996 allerdings nicht vergrößert wurde.

Die Auslösung der Anlage erfolgt über eine Messstelle der Glättemeldeanlage mit integrierter Gefriertemperaturmessung. Dafür werden bestimmte Sensoren benötigt, die auf beiden Bauwerken zu finden sind. Es gibt auf jeder Seite sowohl eine

Temperatur- und Gefrierpunktsonden als auch eine Feuchtigkeitssonde.

Die Auslöselogik des Sprühsystems berücksichtigt Gefrieretemperatur, Fahrbahntemperatur und Feuchtigkeit. Hierbei gibt es 3 alternative Kriterien:

- a) Die Differenz zwischen Belagstemperatur und Gefrieretemperatur ist 0,5 °C oder kleiner.
- b) Die Differenz zwischen Belagstemperatur und Gefrieretemperatur ist 0,2 °C oder kleiner.
- c) Es gibt effektiv auftretende und ermittelte Straßenglätte.

Diese Kriterien sind programmierbar und können bei entsprechender Erfahrung des Systembetreibers geändert werden. Mit einer Wählleitung werden Daten der TMS an die Straßenmeisterei Vaihingen übertragen. Der Abrufrythmus beträgt ca. 20 Minuten.

Im Jahre 1996 wurde die Anlage erstmalig nachgerüstet. Die Tankkapazität wurde von 2-mal 8.000 Liter auf 8-mal 4.000 Liter erhöht. Ein Jahr später, 1997, wurde eine Datenleitung installiert. Schließlich wurde Anfang 2001 ein Fühler für die relative Feuchte eingebaut.

2.16 B 184; Elbebrücke Roßlau

Allgemeines, Zweck der Anlage

Unmittelbar am Ortseingang Roßlau, aus Richtung Dessau kommend, überquert die B 184 die Elbe auf einer 288,5 m langen Brücke. Die „Elbebrücke Roßlau“ ist eine Stahlbrücke mit Hohlkasten und orthotroper Platte. Sie wurde 1992 aufwändig saniert. Durch das relativ warme Wasser der Elbe und die damit verbundene Verdunstung erhöht sich die relative Luftfeuchte dicht über der Wasseroberfläche. Die feuchtwarme Luft steigt nach oben, kühlt ab und die Feuchtigkeit schlägt sich auf dem Brückenkörper nieder. Dadurch ist häufig ein plötzliches Überfrieren der Brücke zu verzeichnen. Beobachtungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass das Brückenbauwerk mehrfach innerhalb von 3 Minuten total vereist war. In den Winterperioden stellte dieser Streckenabschnitt vor Einbau der Taumittelsprühanlage einen Unfallschwerpunkt dar, der viele Glätteunfälle zur Folge hatte. Erschwerend kommt hinzu, dass die Brücke unmittelbar am Ortseingang liegt und sich eine durch Lichtsignalanlage geregelte Kreuzung (B 184 – B 187) anschließt. Die Verkehrsbelastung beträgt etwa

5.857 Kfz/24 h (Stand: 2003). Davon sind 868 Fahrzeuge (14,8 %) dem Schwerverkehr zuzurechnen.

Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit wurde 1993 eine automatische Taumittelsprühanlage eingerichtet. Die Anlage besteht aus einer Glättemeldeanlage und einer Taumittelsprühanlage mit einem Taumittelhaus. Der Betrieb der Anlage wurde im Dezember 1993 aufgenommen.

Technische Einzelheiten

Auf einer Länge von 291,8 m sind insgesamt 28 Sprühteller installiert, je 14 pro Fahrtrichtung, die über einen Leitungsstrang mit Taustoff versorgt werden. Die Sprühteller sind im Abstand von 22,1 m in der Fahrbahnmitte in den Fahrbahnbelag eingelassen; es befinden sich je 2 auf gleicher Höhe, jeweils einer nach rechts und einer nach links ausgerichtet. Sie besprühen im Anforderungsfall nacheinander und gegen die Fahrtrichtung die Fahrbahn mit Taustoff. Die Verteilung der Taustofflösung auf der Fahrbahn erfolgt mit Hilfe des fließenden Verkehrs.

Die gesprühte Menge pro Sprühzyklus beträgt bei der gegenwärtigen Einstellung 22,7 Liter Gesamtmenge; die Sprühung dauert ca. 10 Sekunden. Der Taumittelagertank hat eine Kapazität von 8.000 Litern und liegt stadtseitig am östlichen Brückenkopf. Die Auslösung der Anlage erfolgt über eine Messstelle des Glätteisfrühwarnsystems mit integrierter Gefrieretemperaturmessung. Die dafür benötigten Sensoren befinden sich in der Mitte der Anlage. Der Mast für die Luftsensoren (Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur) ist neben den Bodensensoren am Brückengeländer befestigt. Die Bodensensoren messen den Fahrbahnzustand. Die Auslöselogik des Sprühsystems bezieht die Meldungen über den Gefrierpunkt, die Fahrbahntemperatur und die Feuchtigkeit ein, wobei es 3 alternative Kriterien gibt (siehe Kapitel 2.15).

Diese Kriterien sind programmierbar und können bei entsprechender Erfahrung des Systembetreibers geändert werden. Zusätzlich ist die Anlage manuell bedienbar, was sich speziell zu Beginn des Winters als nützliche Vorsichtsmaßnahme erwiesen hat. Das Hauptkriterium hierbei ist die Bodentemperatur. Eine manuelle Auslösung kann allerdings nur vor Ort erfolgen.

Messdaten, Störmeldungen sowie alle Aktivitäten der Taumittelsprühanlage werden über eine Daten-

leitung der Telekom an die Straßenmeisterei Zerbst weitergeleitet. Im Winter 1994/95 wurde die Straßenmeisterei Roßlau von der Straßenmeisterei Zerbst übernommen. Im Jahre 1999 wurde die Anlage im Rahmen einer Deckensanierung mit neuen Sprühtellern und einer neuen Software ausgerüstet.

3 Wirksamkeit

3.1 Auswirkungen auf den Winterdienst

Die im Folgenden zusammengestellten Aussagen der zuständigen Meistereien über die Auswirkungen von TMS auf den Winterdienst stammen aus dem Fragenkatalog zu diesem Projekt. Es liegt in der Natur des Untersuchungszieles, dass in vielen Punkten bei den 15 zuständigen Meistereileitern gleiche Meinungen vorherrschen und ähnliche Erfahrungen gemacht wurden, da im Wesentlichen auch alle Anlagen ähnlich arbeiten und vom selben Hersteller installiert wurden.

Deshalb lassen sich in der folgenden Zusammenstellung dieser Aussagen Dubletten nicht vermeiden. Sie sollen aber der Vollständigkeit wegen und für den Leser, der sich nur gezielt über die Situation einer einzigen Anlage informieren will, erhalten bleiben. Für eine allgemeine Information sind die wesentlichen Punkte am Ende jedes Unterkapitels in einem Fazit zusammengefasst.

Bundes-Autobahnen

1 A 45, Sauerlandaufstieg, Steigung/Gefälle
Die Taumittelsprühanlage kann den konventionellen Winterdienst nicht ersetzen. Sie kann aber in dem relativ langen Streckenbereich der Anlage partiell gefährdete Abschnitte besonders im Bereich der Talbrücken präventiv entschärfen und damit den zeitlichen Druck bis zum Eintreffen des konventionellen Winterdienstes abmildern und beim Absinken der Temperaturen unter den Gefrierpunkt bei den erfassten Brücken konventionelle Präventivstreuungen vermeiden helfen. Wird allerdings eine Präventivstreuung für den gesamten Streckenbereich nötig, dann wird der Bereich der TMS vom konventionellen Winterdienst nicht ausgespart. Bei plötzlichen starken Schneefällen verhindert die TMS das Festfahren der Schneedecke und hält den Schnee bis zum Eintreffen des Räumfahrzeuges besser räumbar. Werden die GMA-Son-

den durch Schnee abgedeckt, so ist dadurch die Auslösefunktion der TMS stark beeinträchtigt, weil die Steuerungslogik der GMA bei der Detektion dieses Zustandes auf Schwierigkeiten stößt. Statt Eis wird häufig „feuchte Fahrbahn“ gemeldet und eine automatische Auslösung der Sprühung unterbleibt, ein Problem, das BADELT schon mehrfach beschrieben hat [8; 9]. Von der AM oder vom Pumpenhaus lassen sich manuell Sprühungen auslösen. Die Notwendigkeit dazu wird oft bei Kontrollfahrten festgestellt

- 2 A 1, Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Münster
Vor Einbau der Anlage im Jahre 1983 war das Brückenbauwerk ein Einsatzschwerpunkt für den Winterdienst. Um den Winterdienst im Bedarfsfall schnell und wirksam durchführen zu können, wurde vor und hinter dem Bauwerk eine provisorische Zu- und Abfahrt für die Winterdienstfahrzeuge geschaffen. Die TMS erspart dem konventionellen Winterdienst pro Winter etwa 60 Sondereinsätze von jeweils ca. 1,5 Stunden Dauer. Die Entfernung zur Autobahnmeisterei beträgt ca. 15 km.
- 3 A 1, Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Ladbergen
Bedingt durch die Stahlkonstruktion der Brücke kam es vor Installation der TMS hier oft zu einer auf den Brückenabschnitt begrenzten Glättebildung, während die Fahrbahn vor und hinter der Brücke noch eisfrei war. Dadurch wurden dort während einer Wintersaison im Durchschnitt ca. 60 zweistündige Sondereinsätze notwendig, die wegen der großen Entfernung zum Gehöft der AM Lengerich von 20 km kostspielig und mit langen Leerfahrten verbunden waren. Diese Sondereinsätze sind seit Installation der Anlage entbehrlich geworden. Die TMS ermöglicht eine sofortige Bekämpfung einer Glättebildung. Dadurch hat sich die Verkehrssicherheit deutlich erhöht.
- 4 A 30, Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Rheine
Bedingt durch die Stahlkonstruktion der Brücke kam es vor Installation der TMS hier oft zu einer auf den Brückenabschnitt begrenzten Glättebildung, während die Fahrbahn vor und hinter der Brücke noch eisfrei war. Dadurch wurden dort während einer Wintersaison im Durchschnitt ca. 60 dreistündige Sondereinsätze notwendig, die wegen der großen Entfernung zum Gehöft der

AM Lengerich von 44 km bzw. vom Stützpunkt Ibbenbüren von 14 km kostspielig und mit langen Leerfahrten verbunden waren. Diese Sondereinsätze sind seit Installation der Anlage entbehrlich geworden. Die TMS ermöglicht eine sofortige Bekämpfung einer Glättebildung. Dadurch hat sich die Verkehrssicherheit deutlich erhöht.

5 A 2, Teutoburger Wald bzw. Bielefelder Berg, Steigung/Gefälle

Die Taumittelsprühanlage wurde zum Vermeiden von Eisglätte und zur Erhaltung der Räumfähigkeit von Schnee konzipiert. Für den Einsatzzweck der Eisglättebekämpfung liefert die Anlage gute Ergebnisse. Bei Schneefall unterstützt die Anlage den konventionellen Winterdienst. Es ist außerdem von hoher Wichtigkeit, dass bei plötzlichen Schneefällen die Sprühung sofort erfolgt, da es nach Aussage der zuständigen Autobahnmeisterei sonst sehr schnell (innerhalb von 10 Minuten) zu einer festgefahrenen Schneedecke kommt. In solchen Fällen kommt der Verkehrsfluss, insbesondere durch Lkw, die ohne Winterausrüstung die Steigung nicht bewältigen können, zum Erliegen und es bilden sich sehr schnell längere Staus, die als Folge den Winterdienst erschweren. Deshalb wird der konventionelle Winterdienst bei sicheren Schneeprognosen weitgehend ohne Berücksichtigung der TMS zusätzlich präventiv durchgeführt.

6 A 45, Kalteiche, Steigung/Gefälle

Die zuständige AM Freudenberg ist bei km 99,5 untergebracht und die Fahrzeuge der AM müssen zur Winterdienstdurchführung im Streckenabschnitt der TMS in Fahrtrichtung Gießen ca. 22 km und in Fahrtrichtung Dortmund ca. 29 km zurücklegen. Der Zeitbedarf ist unter Einsatzbedingungen sehr groß. Wie bei allen Anlagen auf Steigungstrecken ist es wichtig, dass die Sprühung der TMS möglichst sofort bei einsetzendem Schneefall erfolgt, da sich sonst schnell eine festgefahrene Schneedecke bilden kann. Bei plötzlichen Wintereinbrüchen konnte vor Installation der TMS oft ein zeitgerechtes Streuen des Abschnittes nicht erfolgen. In beiden Fahrtrichtungen wurden vornehmlich durch Lkw Staus verursacht. Auf dem Anstieg konnten Lkw die Steigung nicht bewältigen und blieben stehen, stellten sich oft sogar quer. Auf der Gefälleseite blieben viele Lkw-Fahrer auf der Kuppe „Kalteiche“ stehen, weil sie sich eine

Weiterfahrt nicht zutrauten. Dadurch wurde der normale Winterdienst zusätzlich behindert. Acht erhebliche Verkehrsstauungen aufgrund winterlicher Verhältnisse wurden vor Einbau der TMS allein im Winter 96/97 von der Polizei Freudenberg registriert. Die Gesamtlänge dieser Staus betrug 51 km, die Standzeit 31,5 Stunden. Anzahl und Dauer waren nach Inbetriebnahme der TMS erheblich verringert.

7 A 4, Wiehltalbrücke

Auf der Wiehltalbrücke findet die für den Winterdienst zuständige AM eine doppelte Gefahrensituation vor. Zum einen neigt bei Nässe die Fahrbahn auf der Brücke bereits zum Vereisen, während die angrenzenden Streckenbereiche noch eisfrei sind. Zum anderen wird durch die feuchte Luft der aus dem Wiehltal aufsteigende Nebel Reifglätte sowohl im Brückenbereich als auch in den angrenzenden Fahrbahnbereichen gefördert. In beiden Fällen kann die TMS wirksam Glättebildung vermeiden. Die Anlage kann vor allem in den Übergangszeiten zusätzliche Einsatzfahrten reduzieren. Genauere Auswertungen liegen aber noch nicht vor. Nachhaltige Auswirkungen auf den konventionellen Winterdienst sind aber zurzeit nicht festzustellen, da sich im Netz der zuständigen AM zahlreiche andere Brücken befinden, die auch präventiv betreut werden müssen. Bei der Durchführung der Präventiveinsätze konnte immer wieder beobachtet werden, dass die Anlage auf der Wiehltalbrücke bereits ausgelöst hatte oder parallel eine Sprühung erfolgte. Im Rahmen eines Präventiveinsatzes des konventionellen Winterdienstes wird die Wiehltalbrücke nicht ausgespart.

8 A 8, Prienbrücke

Die TMS kann den herkömmlichen Winterdienst nicht ersetzen, sondern nur dann partiell ergänzen, wenn es auf der Brücke zu lokal begrenzter Glättebildung kommt, während der benachbarte Streckenbereich eisfrei bleibt. Die TMS erspart unwirtschaftliche Sondereinsatzfahrten und von der AM Rosenheim können pro Tag 2 konventionelle Einsätze von jeweils 1,5-stündiger Dauer weniger gefahren werden. Eine Strecke ist dabei 25 km lang, d.h., es werden pro Tag 100 km Fahrstrecke eingespart.

9 A 3, Haseltalbrücke

Die TMS kann den herkömmlichen Winterdienst nicht ersetzen, sondern diesen nur auf der

Brücke bei plötzlich und unerwarteter Eisglätte ergänzen, während die angrenzende Fahrbahn eisfrei bleibt. In durchschnittlich 30 Fällen pro Wintersaison erspart die Taumittelsprühanlage unwirtschaftliche Sondereinsatzfahrten von jeweils ca. 2 Stunden Dauer. Dadurch können von der AM Hösbach pro Einsatztag zwei konventionelle Einsätze von insgesamt 80 km Fahrtstrecke eingespart werden. Vom Zeitpunkt der Erkennung von Glätte auf der Haseltalbrücke bis zum Aufbringen des Streustoffs würden normalerweise ca. 60 Minuten benötigt. Ohne die TMS wäre oft ein frühzeitiges Aufbringen von Taustoffen auf der Haseltalbrücke nicht möglich. Durch die TMS wird das rechtzeitige Aufbringen von Taustoffen umweltschonend gewährleistet. Der Taustoff wird nur in der unbedingt notwendigen Menge und nur im Bedarfsfall aufgebracht.

10 A 8, Drackensteiner Hang (Gefällestrecke)

Nach der Inbetriebnahme 1984 verhalf die Taumittelsprühanlage dem Winterdienst zu erheblich höherer Effizienz. Auf konventionelle Einsätze konnte aber nicht verzichtet werden. Durch die gleichzeitige Nutzung einer im Zusammenhang mit der TMS betriebenen Glättemeldeanlage wurde auch die Schnelligkeit der konventionellen Räum- und Streueinsätze erhöht. Mittlerweile ist die Anlage am Drackensteiner Hang, eine der ältesten Anlagen in Deutschland, von ihrer Nutzungsdauer bereits deutlich über den betriebswirtschaftlichen Abschreibungszeitraum hinaus im Einsatz und daher sehr stark sanierungsbedürftig. Die Wirtschaftlichkeit einer solchen Vollsanierung bzw. Neuinstallation ist besonders vor dem Hintergrund der geplanten Erneuerung des Albaufstiegs zurzeit kritisch zu beurteilen. Von der Wirksamkeit her kann die Anlage trotz veralteter Technik immer noch den konventionellen Winterdienst auf der problematischen Gefällestrecke am Drackensteiner Hang sinnvoll ergänzen und wird daher von der AM weiterbetrieben. Die alte TMS verursacht aber im Vergleich zu moderneren Anlagen jüngerer Datums hohe Kosten, welche die betreibende AM durch Eigenleistung zu senken versucht. Die Straßewarter verfügen mittlerweile über umfangreiche Betriebserfahrungen und sind in der Lage, in vielen Fällen die Anlage ohne teure Wartungs- und Reparaturarbeiten durch die Herstellerfirma funktionsfähig zu halten.

11 A 81, Weitingenbrücke

Die TMS stellt immer dann eine enorme Entlastung für die Autobahnmeisterei dar, wenn es auf der Brücke zu einer lokal begrenzten Glättebildung kommt, während der benachbarte Streckenbereich noch eisfrei bleibt. So erspart die TMS pro Winter rund 100 Sondereinsatzfahrten von jeweils dreistündiger Dauer, die durch ein besonders ungünstiges Verhältnis von Streustrecke zu Leerfahrt charakterisiert sind.

12 A 11, Oder-Havel-Kanal-Brücke

Die TMS kann den herkömmlichen Winterdienst nicht ersetzen, sondern nur partiell ergänzen, wenn es auf der Brücke zu plötzlich auftretenden, lokal begrenzten Glättebildungen kommt, während der benachbarte Streckenbereich eisfrei bleibt. Die TMS erspart der AM auf diese Weise ca. 30 unwirtschaftliche Sondereinsatzfahrten pro Winter, die jeweils mit 2,5 Stunden Dauer anzusetzen sind. Durch Undichtigkeiten an den Sprühventilen kommt es durch den Taustoff CaCl_2 zu einem Schmierfilm auf der Straße.

Bundesstraßen

13 B 2, Donaubrücke Schellenberg

Die TMS auf der Donaubrücke Schellenberg ist die älteste Anlage im Bundesgebiet und technisch völlig veraltet, was besonders in den letzten Jahren zu einer hohen Störungsanfälligkeit geführt hat. In den ersten Jahren nach der Verkehrsfreigabe ereigneten sich durchschnittlich sechs glättebedingte Unfälle pro Winter. Nach Installation einer Glättemeldeanlage im Winter 1981/82 und der TMS im Winter 1982/83 sanken die Unfallzahlen auf ca. einen glättebedingten Unfall pro Jahr. Dabei gab es meist Blechschäden, teilweise mit Verletzten. Durch die Taumittelsprühanlage wurde zunächst die Verkehrssicherheit erhöht, gleichzeitig aber auch eine Verkehrsgefährdung herbeigeführt, weil fatalerweise dieser eine Unfall pro Jahr meist auf das kristallisierte CaCl_2 der TMS zurückzuführen war. Da zum einen eine Modernisierung der Anlage unwirtschaftlich erschien und zum anderen gleichzeitig die Anforderungen an den örtlichen Winterdienst enorm anstiegen, wurde die TMS im Winter 2003/2004 stillgelegt und durch die Aufstockung des Winterdienstes auf einen 24-Stunden-Service ersetzt.

14 B 76, Brücke Haselholm

Die TMS kann den herkömmlichen Winterdienst nicht ersetzen, sondern nur auf der Brücke bei lokal begrenzten Glättebildungen ergänzen. In etwa 30 Fällen jährlich erspart die Taumittelsprühanlage unwirtschaftliche Sondereinsatzfahrten von halbstündiger Dauer zu der mit 6 km Entfernung relativ nahe beim Meistereigehöft liegenden Gefahrenstelle.

15 B 10, Brücke über die Bahn

Die TMS kann den herkömmlichen Winterdienst nicht ersetzen, sondern nur partiell ergänzen, besonders wenn es auf der Brücke zu einer plötzlichen und unerwarteten lokal begrenzten Glättebildung kommt, während der benachbarte Streckenbereich eisfrei bleibt. So erspart die Taumittelsprühanlage pro Winter ca. 40 zweistündige Sondereinsatzfahrten, die durch ein besonders ungünstiges Verhältnis von Streustrecke zu Leerfahrt charakterisiert sind. Die Entfernung vom Meistereigehöft bis zur Brücke beträgt für eine Strecke ca. 18 km.

16 B 184, Elbebrücke Rosslau

Die TMS kann den herkömmlichen Winterdienst nicht ersetzen, sondern nur bei lokal begrenzter Glättebildung auf der Brücke ergänzen, während der benachbarte Streckenbereich eisfrei bleibt. Pro Winter können durch die TMS etwa 25 unwirtschaftliche Sondereinsatzfahrten von einstündiger Dauer eingespart werden. Die Anlage hält auch die benachbarte Kreuzung (B184–B187) eisfrei. Die Streumaßnahmen auf der Brücke werden eingestellt, wenn die Anlage sprüht. Bei den normalen Streufahrten wird die Brücke allerdings nicht ausgespart, da sie eine Verbindung zum nahe gelegenen Dessau darstellt.

Fazit

In allen Fällen kann erwartungsgemäß die TMS den normalen Winterdienst nicht ersetzen, sondern nur partiell, aber wirkungsvoll unterstützen. Sie stellt eine sinnvolle Optimierung des Winterdienstes an besonders glättegefährdeten Streckenabschnitten dar, die ohne TMS mit hohem Aufwand durch den konventionellen Winterdienst präventiv betreut werden müssten.

Diese besonders gefährdeten Punkte finden sich vor allem auf Steigungs- und Gefällestrecken sowie auf Brücken. Auf Steigungs- und Gefällestrecken

kann bei plötzlichem starkem Schneefall in kürzester Zeit eine festgefahrene Schneedecke entstehen, auf der besonders Lkw die Steigung nicht mehr bewältigen können oder auf der Höhe stehen bleiben, weil sie sich die Talfahrt nicht mehr zutrauen. Dadurch kam es in der Vergangenheit nicht selten zu Unfällen. Der größte Nutzen von TMS auf Steigungsstrecken liegt eindeutig in der Stauvermeidung, während er auf Brücken jedoch in der Vermeidung von Unfällen zu sehen ist. Gerade auf Stahlkonstruktionen bildet sich sehr oft zu einem frühen Zeitpunkt bereits Glatteis, während die angrenzenden Streckenbereiche noch eisfrei sind.

In beiden Fällen kommt es darauf an, möglichst schnell und frühzeitig Taustoffe auszubringen. Dies wird durch die TMS gewährleistet. Auf Brücken wird Glätte verhindert und es können Sondereinsätze vermieden werden; auf Steigungsstrecken wird durch den Taustoff der Schnee bis zum Eintreffen des Räumfahrzeuges sulzig und damit wesentlich leichter räumfähig gehalten, sodass sich keine festgefahrene Schneedecke bilden kann.

3.2 Auswirkungen auf das Unfallgeschehen

Die nachfolgend dargestellte Unfallsituation stützt sich im Wesentlichen auf die Angaben der zuständigen Autobahn- und Straßenmeistereien sowie auf Daten aus den vorgesetzten Straßenbaubehörden in den Ländern, aus RE-Entwürfen, aus zwei Voruntersuchungen [1, 2] und auf Angaben der Zentralen Polizeitechnischen Dienste. Eine volkswirtschaftliche Bewertung erfolgt in diesem Kapitel noch nicht (siehe dazu Kapitel 4.2.2).

Bundes-Autobahnen

- 1 A 45, Sauerlandaufstieg, Steigung/Gefälle
Nach Errichtung der Taumittelsprühanlage sind die Staubildung bei Wetterwechsellagen und die Zahl der winterlich bedingten Unfälle deutlich zurückgegangen.
- 2 A 1, Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Münster
Zum Unfallgeschehen vor Errichtung der TMS liegen keine genauen Daten vor. Im Winter vor Einbau der TMS wurde noch eine Unfallserie innerhalb einer Stunde registriert, bei der acht Pkw aufgrund Eisglätte ins Schleudern gerieten. Hierbei war ein Toter zu beklagen. Seit Betrieb

der Anlage ist jedoch der Streckenabschnitt im Vergleich zu den angrenzenden Abschnitten in dieser Hinsicht nicht mehr auffällig.

- 3 A 1, Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Ladbergen
Nach Installation der Taumittelsprühanlage traten mit einer Ausnahme im Jahr 2001 auf der Brücke keine Unfälle aufgrund winterlicher Verhältnisse mehr auf.
- 4 A 30, Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Rheine
Nach Installation der Taumittelsprühanlage traten auf der Brücke keine Unfälle aufgrund winterlicher Verhältnisse mehr auf.
- 5 A 2, Teutoburger Wald bzw. Bielefelder Berg, Steigung/Gefälle
Für die Taumittelsprühanlage am Bielefelder Berg liegt ein RE-Entwurf vor, in dem für die Jahre 1986 bis 1991 vor Installation der Anlage 31 Unfälle aufgrund winterlicher Verhältnisse aufgeführt werden. Für die Zeit nach Installation der Anlage liegen Zahlen des Landesbetriebes Straßenbau NRW für die Jahre 1998 bis 2004 vor. Danach sind in diesen 7 Jahren 19 Unfälle auf winterliche Ursachen zurückzuführen. Dies entspricht einem Rückgang von rund 48 %. Man muss aber bei dieser Betrachtung die enorme Steigerung des Verkehrs von rund 53.000 Fahrzeugen auf rund 80.000 Fahrzeuge in 24 Stunden (ca. 50 %) berücksichtigen.
- 6 A 45, Kalteiche, Steigung/Gefälle
Die Unfallsituation im Streckenabschnitt Kalteiche war vor Einbau der Anlage wesentlich dramatischer als danach. Für den RE-Entwurf wurde die Zahl der Unfälle aufgrund winterlicher Verhältnisse in diesem Streckenabschnitt mit dem Durchschnitt des gesamten Streckennetzes des ehemaligen Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe verglichen. Es ergab sich ein Faktor von 2,6. Es wurde festgestellt dass die Fahrtrichtung Frankfurt (bergauf) stärker betroffen war. In den Unfallbeobachtungen des Landesbetriebes Straßenbau NRW findet man für die Jahre 1998 und 1999 14 Unfälle aufgrund winterlicher Verhältnisse. In den vier auf den Einbau folgenden Jahren ereigneten sich nur vier Unfälle aufgrund Glätte.
- 7 A 4, Wiehltalbrücke
Nach Angaben der Zentrale Polizeitechnische Dienste ereigneten sich in den sechs Jahren von

1999 bis 2004 insgesamt 17 glättebedingte Unfälle, darunter 7 Unfälle mit 9 Schwerverletzten. Nach Angaben des Landesbetriebes Straßenbau NRW waren es auf der Wiehltalbrücke 23 Glätteunfälle in 8 Jahren davor. Im Winter nach Installation der Anlage ereigneten sich 2 glättebedingte Unfälle, allerdings nur noch mit Leichtverletzten und leichtem Sachschaden.

- 8 A 8, Prientalbrücke
Nach der Einrichtung der Taumittelsprühanlage ist die Anzahl von durchschnittlich 5 glättebedingten Unfällen pro Monat auf 3 Unfälle pro Monat zurückgegangen. Bei den 3 Unfällen handelt es sich meist um Blechschäden, die sich unmittelbar nach der Brücke, zwischen Frasdorf und Bernau, ereignen.
- 9 A 3, Haseltalbrücke
Die Sicherheit des Verkehrs wurde deutlich erhöht. In den Jahren 1990 bis 1992 ereigneten sich 29 Unfälle aufgrund winterlicher Verhältnisse mit 14 Leichtverletzten, 6 Schwerverletzten und einem Toten. Nach Einbau der TMS sind die glättebedingten Unfälle auf der Haseltalbrücke gegenüber dem angrenzenden Netz nicht mehr auffällig.
- 10 A 8, Drackensteiner Hang, Gefälle
Die Unfälle aufgrund winterlicher Verhältnisse gingen nahezu auf null.
- 11 A 81, Weitingenbrücke
Laut Landesamt für Straßenwesen Baden-Württemberg gab es vor der Errichtung der Taumittelsprühanlage zahlreiche Unfälle, die zum Teil tödlich ausgingen. In den Jahren 1996–1999 passierten im Durchschnitt 12 Unfälle pro Jahr. Nach der Inbetriebnahme der Anlage im Jahre 2001 wurden keine glättebedingten Unfälle mehr registriert. Auch Staus konnten nicht verzeichnet werden.
- 12 A 11 Oder-Havel-Kanal-Brücke
– keine Angaben –

Bundesstraßen

- 13 B 2, Donaubrücke Schellenberg

In den Jahren nach der Verkehrsfreigabe ereigneten sich durchschnittlich sechs glättebedingte Unfälle pro Winter. Nach Einbau der GMA im Winter 1981/82 und der TMS im Winter 1982/83 sanken die Unfallzahlen auf ca. 1 glättebedingten Unfall pro Jahr. Dabei gab es meist Blech-

schäden, teilweise mit Verletzten. Durch die Taumittelsprühanlage wurde die Verkehrssicherheit erhöht, gleichzeitig aber auch eine Verkehrsgefährdung herbeigeführt, denn dieser Unfall pro Jahr ist auf auskristallisiertes CaCl_2 -Hexahydrat aus der TMS zurückzuführen. Hierbei ist nicht nur die Brücke selbst zur Gefahrenzone geworden. Durch den Mitnahmeeffekt der Fahrzeuge wurden die Salzlösung und somit auch die Gefahr der Glättebildung durch Kristallisierung über hunderte von Metern über die Brückenlänge hinaus verteilt. Aus diesem Grunde wurde die Anlage im Winter 2003/2004 stillgelegt und ein erweiterter Schichtdienst eingerichtet.

14 B 76, Haselholmbrücke

Laut der Polizei Schleswig gab es in den Jahren 1981–1988 insgesamt 25 Verkehrsunfälle aufgrund von Eisglätte, wobei es meistens bei Sachschäden blieb. Die Unfallpunkte lagen überwiegend im nördlichen Drittel der Brücke. Nach Errichten der Anlage, in den Jahren 2000–2003, ereignete sich lediglich ein Unfall wegen Fahrbahnglätte.

15 B 10, Brücke über die Bahn

Laut SM Vaihingen gab es in den Jahren 1981–1992 insgesamt 178 teils schwere Verkehrsunfälle, also rund 14 bis 15 Unfälle pro Jahr. Nach der Installation der Anlage gingen diese auf 2–3 pro Jahr zurück. Diese Entwicklung muss allerdings auch im Zusammenhang mit der Errichtung der Geschwindigkeitsüberwachungsanlage gesehen werden. Seit 1994 stellt die Doppelbrücke über die Bundesbahn keinen Unfallschwerpunkt mehr dar.

16 B 184, Elbebrücke Rosslau

In den Jahren 1981–1991 geschahen insgesamt 73 Verkehrsunfälle aufgrund von Eisglätte, wobei 5 Unfälle Todesfolge hatten. Im Jahr 1992 – dem Jahr vor Installation der Anlage – geschahen 6 Glätteunfälle. Nach Einbau der Anlage ereigneten sich noch 2 Unfälle aufgrund winterlicher Bedingungen.

Fazit

Nach Installation der Taumittelsprühanlage gingen bei nahezu allen Anlagen (nur für eine Anlage liegen keine Angaben vor) die Unfallzahlen mehr oder weniger zurück. Bei einer Anlage entstand eine zusätzliche Gefahr durch auskristallisiertes CaCl_2 und dadurch verursachte Glättebildung.

3.3 Verbesserungsvorschläge und Kritik

Die im Folgenden dargestellten Verbesserungsvorschläge und die Kritik aus der praktischen Erfahrung der zuständigen Straßen- bzw. Autobahnmeisterei sind eine unkommentierte Zusammenstellung der Antworten aus dem Fragenkatalog, der vor Beginn dieser Untersuchung allen betroffenen Meistereien zugeleitet wurde, entstammen aber auch persönlichen Gesprächen vor Ort und Telefonaten. Auch hier lassen sich Mehrfachnennungen nicht vermeiden.

Bundes-Autobahnen

- 1 A 45, Sauerlandaufstieg, Steigung/Gefälle
Einrichtung von Unterprogrammen in der Steuerung, um eine partielle Abschaltbarkeit und eine partielle Wartung der Strecke zu ermöglichen. Anwendung von Bundschweißtechnik bei der Verlegung der Rohre statt Verschraubungen. Senkung der Wartungskosten durch Verwendung von leicht beschaffbaren und kostengünstigen Ersatzkomponenten aus Rotguss und Edelstahl statt aus Messing oder verzinktem Stahl (ist bereits umgesetzt). Verwendung von PE-Leitungen mit Verschraubungen statt Gummischläuchen mit Tüllen für die Verbindung von der Hauptleitung zum Sprühventil, dadurch weniger Schäden durch Schneeräumung (ist bereits umgesetzt). Mittelfristig ist die Umrüstung von Unterflursprühsystemen zur Reduzierung von Unfall- und Winterdienstauswirkungen auf Anlagenteile geplant. Installation von Überwachungskameras zur Beobachtung von Straßenzuständen bei Schneefall als Entscheidungshilfe für manuelle Auslösung der TMS durch die AM oder die Winterdienstzentrale.
- 2 A 1, Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Münster
Wegen der sehr hohen Kosten des Systems Boschung wäre ein Wettbewerb wünschenswert. Dies betrifft sowohl die Systemkomponenten als auch die Wartungs- und Reparaturkosten. Beim neuen Mikro-FAST-System werden geringere Instandhaltungs- und Wartungskosten erwartet.
- 3 A 1, Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Ladbergen
– keine Verbesserungsvorschläge –

- 4 A 30, Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Rheine
– keine Verbesserungsvorschläge –
- 5 A 2, Teutoburger Wald, Steigung/Gefälle
Installation von Überwachungskameras zur Beobachtung von Straßenzuständen bei Schneefall. Entscheidungshilfe für manuelle Auslösung der TMS durch die AM oder die Winterdienstzentrale.
- 6 A 45, Kalteiche, Steigung/Gefälle
Die Tanks in der Hauptstation müssten auf 30.000 Liter Fassungsvermögen aufgerüstet werden, da die Anlieferung des Taustoffes auf 21.000-Liter-Basis erfolgt. Somit sind eine größere Reservevorhaltung und eine Komplettabnahme einer Tankzugfüllung möglich. Installation von Überwachungskameras zur Beobachtung von Straßenzuständen bei Schneefall. Entscheidungshilfe für manuelle Auslösung der TMS durch die AM oder die Winterdienstzentrale. In der Haupt- und Mittelstation sollten die für Rohrbrüche anfälligen Plastikleitungen durch Edelstahlrohre ersetzt werden.
- 7 A 4, Wiehltalbrücke
Nach dem schweren Lkw-Unfall auf der Wiehltalbrücke im Sommer 2004 hat sich das Konzept der drei separaten Leitungsstränge bewährt, d. h., der beschädigte Strang konnte abgeschaltet werden und die beiden restlichen Stränge konnten weiter in Betrieb bleiben. Im Zuge der Brückensanierung wird von den an den Schutzplanken angebrachten Sprühventilen auf ein Unterflursystem umgerüstet.
- 8 A 8, Prialtalbrücke
Verbesserungsvorschläge der AM betrafen vorwiegend Softwareprobleme.
- 9 A 3, Haseltalbrücke
Verbesserungsvorschläge der AM betrafen vorwiegend das Vermeiden von auslaufendem Taustoff bei undichten Ventilen. Als praktikabler Lösungsansatz wurde das Verlegen der Düsen an die tiefer liegende Seite der Querneigung genannt.
- 10 A 8, Drackensteiner Hang, Gefällestrecke
Spezifische Änderungswünsche der betreuenden Autobahnmeisterei wurden z. T. schon realisiert. So wurde z. B. der Niederschlagsdetektor des in die TMS integrierten Glatteisfrühwarnsystems des unteren Sektors höher gesetzt, um ihn vor Spritzwasser zu schützen. Außerdem wurde

die TMS schon im zweiten Betriebswinter 1985 von anfänglichen 1.860 m auf 2.000 m verlängert. Trotz dieser Verbesserungen und obwohl die Anlage immer noch ihren Beitrag zum Winterdienst leistet, sind die Betreuer in der zuständigen AM zum heutigen Zeitpunkt der Meinung, dass die TMS aufgrund ihrer technisch überholten Ausstattung und der durch das hohe Alter der Anlage bedingten Anfälligkeit für Störungen nicht mehr wirtschaftlich betrieben werden kann. Weitere Verbesserungen an der TMS sind infolge der schwierigen Betriebs- und Einbauverhältnisse und vor dem Hintergrund der geplanten Erneuerung des Alaufstiegs zurzeit unwirtschaftlich. Aus rein wirtschaftlichen Gründen, um Kosten für Wartung und Reparaturen sowie Strom und Taustoff zu sparen, empfehlen die Betreiber deshalb, diese Anlage – obwohl deren Wirksamkeit nicht bestritten wird – abzuschalten und den konventionellen Winterdienst zu intensivieren.

11 A 81, Weitingenbrücke

Bei der Planung der Sprüheinsätze sollte unbedingt die Verkehrsbelastung einbezogen werden, da bei wenig Verkehr der Taustoff nicht ausreichend verteilt wird. Die Anlage hat sich ansonsten als äußerst wirkungsvoll erwiesen und stellt eine eindeutige Entlastung während der Übergangszeiten von wärmeren zu kälteren Perioden im Winter dar. Die Problematik der blitzartigen Vereisung ist nicht allein mit Streueinsätzen zu lösen.

12 A 11, Oder-Havel-Kanal-Brücke

– keine Verbesserungsvorschläge –

Bundesstraßen

13 B 2, Donaubrücke Schellenberg

Diese Anlage ist die älteste im Bundesgebiet. Der Vorschlag des Straßenbauamtes Augsburg lautete, die Anlage abzubauen und durch die Einführung des Schichtdienstes beim normalen Winterdienst zu ersetzen. Die Betriebskosten der technisch veralteten TMS seien höher als die des Schichtdienstes und die Verkehrssicherheit beim Schichtdienst höher als beim Betrieb der TMS. Dies wurde mittlerweile umgesetzt und die Anlage ist nun seit zwei Wintern nicht mehr in Betrieb.

14 B 76, Haselholzbrücke

Das Anwenderprogramm ist zu firmenspezifisch und sollte geändert werden. Nach einem PC-

Absturz ist kein Neustart mit Windows NT möglich, sondern es muss einer sehr komplizierten Prozedur nach dem Handbuch gefolgt werden. Die Erfahrung hat gezeigt, dass drei Bodensonden nicht ausreichen, um die klimatischen Verhältnisse der Gesamtstrecke genügend genau zu messen und die Anlage zufrieden stellend auszulösen. Die Anzahl der Sonden sollte daher verdoppelt werden. Auf der Hochbrücke über dem Nordostsee-Kanal, die ebenfalls von der SM Schleswig betreut wird, sollte ebenfalls eine TMS errichtet werden.

15 B 10, Brücke über die Bahn

Die Tatsache, dass es zurzeit nur einen einzigen Anbieter von Taumittelsprühanlagen auf dem Markt gibt, führt dazu, dass jeder Mangel zum Präzedenzfall wird. Der Betreiber muss die teure Entwicklung von Problemlösungen bezahlen. Es fehlen andere Anbieter auf dem Markt, um die Verbesserung und Problembhebung voranzutreiben.

16 B 184, Elbebrücke Rosslau

Es sollte ein größerer Vorratstank eingerichtet werden. Der jetzige Behälter ist mit 8 m³ für eine wirtschaftliche Betankung zu klein. Die Betankung ist nur in Verbindung mit einem weiteren Zwischenlagerbehälter in der SM Sandersdorf möglich.

Fazit

Die Verbesserungsvorschläge, die aus der praktischen Erfahrung der Straßenwärter vor Ort stammen, betreffen im Wesentlichen drei Bereiche: die Steuerung der Anlage, die technische Ausführung und Ausstattung der Anlage und die Vergabe von Reparaturarbeiten.

Für die Steuerungssoftware wünscht man sich – besonders bei längeren Anlagen – die Möglichkeit, Teilbereiche der Anlage separat arbeiten zu lassen bzw. partiell abschalten zu können. Darüber hinaus möchte man möglichst firmenunspezifische Lösungen, die stabil arbeiten und im Falle einer Störung keine aufwändigen Neustart-Prozeduren erfordern.

Bei der technischen Ausführung der Anlage wird vorwiegend die Wahl der Materialien bemängelt und es werden bessere Materialien oder bessere Arbeitstechniken vorgeschlagen, beispielsweise Edelstahl statt verzinkten Stahls oder PE-Rohre statt Gummischläuchen oder Verschweißen statt Verschrauben. Aber auch spezielle Probleme wie

sicherere Anbringung der Sprühdüsen und größere Vorratstanks bedürfen einer Berücksichtigung.

Es bestehen weiterhin die Wünsche, bei der Vergabe von Reparaturaufträgen auf Mitbewerber zurückgreifen zu können oder die Reparaturen selber durchführen zu wollen, um damit unabhängiger von der Herstellerfirma zu sein. Teilweise werden auch die hohen Kosten für Reparatur- und Wartungsarbeiten als nachteilig aufgeführt.

4 Wirtschaftlichkeit

Die Installation einer TMS ist zu vertreten, wenn der zu erwartende gesamtwirtschaftliche Nutzen die Kosten übersteigt [3]. In den „Hinweisen für Planung, Bau und Betrieb von Taumittel-Sprühanlagen“ der FGSV, Ausgabe 1995, wird vor der Installation einer TMS neben der genauen Analyse der Winterdienst- und Verkehrsproblematik eine Kosten-Nutzen-Abschätzung empfohlen. Diese sollte Bestandteil des so genannten RE-Entwurfes (Erläuterungsbericht über geplante Bauvorhaben an die übergeordnete Dienststelle) der zuständigen Straßenbaubehörde sein.

Bevor in diesem Kapitel eine Wirtschaftlichkeitsabschätzung vorgenommen wird, erfolgt in Tabelle 2 ein Blick auf vorab vorgenommene Schätzungen. Für die vier jüngsten der 16 existierenden Anlagen in Deutschland wurden RE-Entwürfe erstellt. Zusätzlich liegt ein RE-Entwurf über eine geplante Taumittelsprühanlage auf der A 4 vor. Diese geplante Anlage stellt insofern einen Sonderfall dar, da hier für die Installation einer TMS ein günstiger Wirtschaftlichkeitsfaktor allein aufgrund von betriebswirtschaftlichen Einsparungen prognostiziert wird.

Vier von diesen fünf Prognosen bewegen sich mit einer Abweichung, die im Bereich von plus/minus 0,7 um den von WIRTZ 1993 [1] für die TMS Lüdenscheid ermittelten Wirtschaftlichkeitsfaktor von 1,9 liegt. Auffällig hoch ist der Schätzwert im Entwurf für die Weitingerbrücke.

Nr.	BAB	Art der Anlage	Streckenabschnitt	Baujahr	F _w
5	A 2	Steigung	Bielefelder Berg	1995	2,3
6	A 45	Steigung	Kalteiche	1999	2,0
7	A 4	Brücke	Wiehltal	2003	2,6
11	A 81	Brücke	Weitinger Brücke	2001	9,6
geplant	A 4	Steigung	Anlage auf der A 4	ca. 2005/06	1,5

Tab. 2: TMS, für die eine Kosten-Nutzen-Abschätzung im Rahmen eines RE-Entwurfes erstellt wurde

Die Beträge, die in diesem Kapitel der Darstellung der Kostenseite zu Grunde liegen, konnten von den zuständigen Dienststellen der Straßenbaubehörden – zumindest im Bereich der Investitionskosten – relativ genau angegeben werden. Allerdings verteilen sich die Investitionen über einen Zeitraum von 1982 bis 2003. Als Prozentsatz für die Aufzinsung auf die Barwerte der Investitionen zum Bezugsjahr 2004 werden einheitlich 3 % angenommen. Die Angaben der Betriebskosten (laufenden Kosten) beruhen zum Teil auf überschlägigen Schätzungen.

Die Beträge auf der Nutzenseite sind durch die Auswertung von Stau- und Unfallbeobachtungen und durch die Abschätzung der Kosten für eingesparte Sondereinsätze ermittelt worden. Diese Daten sind nicht immer vollständig und erfüllen in den seltensten Fällen die Kriterien der „Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen“ (EWS) [4], beispielsweise bei der Aufgliederung nach Unfallgruppen für die monetären Unfallbewertungen.

Deshalb kann – so viel sei hier bereits vorweggenommen – von einer exakten Wirtschaftlichkeitsberechnung in diesem Kapitel nicht ausgegangen werden. Die im weiteren Verlauf dargestellten Ergebnisse sind Schätzungen, deren Genauigkeit von der Schärfe der vorhandenen Daten abhängt.

Um in dieser Studie keine Genauigkeit vorzutäuschen, die eine solche Schätzung nicht leisten kann, wurden die Beträge im Zusammenhang mit

Investitionskosten auf volle Tausend und alle anderen auf volle Hundert gerundet.

4.1 Kosten

Die Gesamtkosten einer Anlage setzen sich aus Investitionskosten und Betriebskosten zusammen. In die Betriebskosten gehen die Ausgaben für Taumittel, Energie, Personal, anfallende Reparaturen und sonstige Ausgaben ein, wie z. B. Ergänzungen der Anlage oder technische Verbesserungen [3]. Da die Kosten für Ergänzungen und technische Verbesserungen in Einzelfällen aber sehr hoch waren, wurden sie in dieser Untersuchung als Investitionskosten bewertet und entsprechend auf das Bezugsjahr 2004 aufgezinst. Die Angaben über die Betriebskosten spiegeln ohnehin den aktuellen Stand des Bezugsjahres wieder. Da im Ergebnis hier in dieser Schätzung keine Beträge, sondern ein Wirtschaftlichkeitsfaktor stehen soll, ist es unerheblich, welches Jahr als Bezugsjahr gewählt wird.

4.1.1 Investitionskosten

Als Bezugsjahr für die Aufzinsung wurde das Jahr 2004 gewählt. Die Frage, die hier beantwortet wird, lautet demnach: Was würde die Anlage an Investitionskosten benötigt haben, wäre sie im Jahr 2004 installiert worden? Tabelle 3 gibt einen Überblick. In die Berechnung der Gesamtinvestitionskosten fließen hier sowohl die Kosten der Anfangsinvestition

Nr.	TMS	BAB/B	Invest. Kost. [1.000 €]	n_{tat}	aufgez. Invest. Kost. (n_{tat}) [1.000 €]	Mod. Kost. [1.000 €]	n_{mod}	aufgez. Mod. Kost. (n_{mod}) [1.000 €]	Gesamt-Invest. Kost. 2004 [1.000 €]
1	Sauerlandanstieg	A 45	1.200	20	2.167,3	283	5	328,1	2.495,4
2	Do-Ems-Kanal, Münster	A 1	310	21	576,7	106	1	109,2	685,9
3	Do-Ems-Kanal, Ladbergen	A 1	770	12	1.097,8	7	3	7,6	1.105,5
4	Do-Ems-Kanal, Rheine	A 30	271	14	409,9	147	1	151,4	561,3
5	Teutoburger Wald	A 2	2.551	9	3.328,5				3.328,5
6	Kalteiche	A 45	1.800	5	2.086,7	160	1	164,8	2.251,5
7	Wiehltal	A 4	1.500	1	1.545,0				1.545,0
8	Prientalbrücke	A 8	290	14	438,7				438,7
9	Haseltalbrücke	A 3	850	9	1.109,1				1.109,1
10	Drackensteiner Hang	A 8	700	20	1.264,3				1.264,3
11	Neckartalbrücke	A 81	1.000	3	1.092,7				1.092,7
12	Oder-Havel-Kanal-Brücke	A 11	305	11	422,2				422,2
13	Hangbrücke Schellenberg	B 2	260	22	498,2				498,2
14	Haselholmer Talbrücke	B 76	380	14	574,8				574,8
15	Brücke über die Bahn	B 10	685	10	920,6				920,6
16	Elbebrücke Roßlau	B 184	310	11	429,1				429,1

Tab. 3: Gesamtinvestitionskosten auf das Bezugsjahr 2004 aufgezinst; n = Nutzungsdauer in Jahren; Angaben in 1.000 €

Nr.	TMS	n_{tat}	Jahresrate ($n \geq 15$) Investitionskosten aufgezinst mit n_{tat} [1.000 €]	n_{mod}	Jahresrate ($n = 15$) Modernisierungsk. aufgezinst mit n_{mod} [1.000 €]	Gesamte jährliche Invest.-Kosten [1.000 €]
1	Sauerlandanstieg	20	108,4	5	21,9	130,2
2	Do-Ems-K. Münster	21	27,5	1	7,3	34,7
3	Do-Ems-K. Ladbergen	12	73,2	3	0,5	73,7
4	Do-Ems-K. Rheine	14	27,3	1	10,1	37,4
5	Teutoburger Wald (Bielefelder Berg)	9	221,9			221,9
6	Kalteiche	5	139,1	1	11,0	150,1
7	Wiehltal	1	103,0			103,0
8	Prientalbrücke	14	29,2			29,2
9	Haseltalbrücke	9	73,9			73,9
10	Drackensteiner Hang	20	63,2			63,2
11	Neckartalbrücke	3	72,8			72,8
12	Brücke über den Oder-Havel-Kanal	11	28,1			28,1
13	Hangbrücke Schellenberg	22	22,6			22,6
14	Haselholmer Talbrücke	14	38,3			38,3
15	Brücke über die Bundesbahn	10	61,3			61,4
16	Elbebrücke Roßlau	11	28,6			28,6

Tab. 4: Verteilung der Kosten für die Anfangsinvestition auf die Anzahl der Nutzungsjahre; n = Nutzungsdauer in Jahren; Stand 2004; Angaben in 1.000 €

als auch die Kosten der späteren Modernisierung ein. Die Modernisierungskosten belaufen sich mit einer Ausnahme auf sechsstelligen Beträge und sind daher dem Charakter nach eher Investitionskosten als Betriebskosten und sollten daher ebenfalls über einen angenommenen Zeitraum von mindestens 15 Jahren abgeschrieben werden. In dieser Berechnung werden die Modernisierungskosten ebenfalls auf das Bezugsjahr 2004 aufgezinst. Die **fett** dargestellten Investitionskosten der Wiehltalbrücke entstammen dem RE-Entwurf.

Zur Ermittlung der Jahresrate für die Abschreibung der Anfangsinvestition und der Investitionen für die Modernisierung – aufgezinst auf 2004 – wurden diese durch die Anzahl der Jahre der tatsächlichen Nutzungsdauer von mindestens 15 Jahren oder mehr geteilt (siehe Tabelle 4). Die so ermittelte Jahresrate wurde mit der tatsächlichen Nutzungsdauer n_{tat} bzw. n_{mod} aufgezinst.

Die Anlagen, die schon über einen Zeitraum von 15 Jahren hinaus in Betrieb sind, wurden zum Vergleich einmal so bewertet, als hätten sie ihre Nutzungsdauer von 15 Jahren gerade erreicht. Dadurch konnte eine jährliche Kostensenkung durch Übernutzung ermittelt werden (siehe Tabelle 6).

4.1.2 Betriebskosten

Die Betriebskosten der Taumittel-Sprühanlage setzen sich zusammen aus Wartungskosten, Taumittel-

telkosten und Energiekosten. In die Wartungskosten fließen die Personalkosten ein. In vielen Fällen – besonders bei Anlagen jüngerer Datums – sind die Wartungsarbeiten über Wartungsverträge auf die Herstellerfirma übertragen worden. Diese Kosten sind leicht zu erfassen. Zusätzlich entstehen aber für die Meisterei durch Kontrollen und geringfügige Instandsetzungsarbeiten Personal-, Fahrzeug- und Materialkosten, die als Personalkosten den Betriebskosten zugeschlagen werden müssen. Hierfür ist die Ermittlung der tatsächlichen Kosten oft schwierig, da in der betriebsdienstlichen Praxis oft solche Arbeiten mit anderen Arbeiten kombiniert werden. Grundlage für diesen Betrag sind oft Schätzungen auf der Basis der Arbeitsprotokolle.

Taumittelkosten wurden anhand der Rechnungen für Taumittel ermittelt. Bei den Energiekosten waren genaue Abrechnungen oft nicht möglich. Deshalb wird in dieser Untersuchung für die längeren Anlagen an Steigungen ein Betrag von 1.000 EUR und für die kürzeren Anlagen auf Brücken ein Betrag von 500 EUR für die Kosten-Nutzen-Abschätzung angenommen.

Eine Übersicht über die Betriebskosten gibt die Tabelle 5. In den *kursiven* Angaben in der Spalte Wartungskosten sind keine Personalkosten der Meisterei enthalten. Die **fetten** Werte in der Zeile der Anlage Wiehltalbrücke stammen aus der Kostenabschätzung im RE-Entwurf.

Nr.	TMS	Wartungs- kosten €/a	Taumittel- kosten €/a	Energie- kosten €/a	Betriebs- kosten €/a
1	Sauerland- anstieg	10.000	10.000	1.000	21.000
2	Do-Ems-K. Münster	2.500	600	500	3.600
3	Do-Ems-K. Ladbergen	3.000	~400	500	3.900
4	Do-Ems-K. Rheine	3.000	~400	500	3.900
5	Teutoburger Wald	18.000	5.000	1.000	24.000
6	Kalteiche	6.000	4.000	500	10.500
7	Wiehltal	10.000	3.000	1.000	14.000
8	Priental- brücke	8.000	3.200	1.000	12.200
9	Haseltal- brücke	8.300	7.300	500	16.100
10	Dracken- steiner Hang	8500	10.500	1.000	20.000
11	Neckartal- brücke	10.000	9.600	500	20.100
12	Oder-Havel- Kanal-Brücke	1.900	4.620	500	7.020
13	Hangbrücke Schellenberg	7.500	4.000	500	12.000
14	Haselholmer Talbrücke	7.500	1.400	500	9.400
15	Brücke über die Bahn	1.000	2.600	500	4.100
16	Elbebrücke Roßlau	8.000	500	500	9.000

Tab. 5: Betriebskosten; Stand 2004

4.1.3 Jährliche Gesamtkosten

Nr.	TMS	jährliche Gesamt- kosten bei n_{lat} in €	jährliche Gesamt- kosten bei n_{15} in €	jährliche Kostensenkung durch Übernutzung	Absg. in % ca.
1	Sauerlandanstieg	151.238	167.509	16.271	10
2	Do-Ems-K. Münster	38.340	43.077	4.737	11
3	Do-Ems-K. Ladbergen	77.599			
4	Do-Ems-K. Rheine	41.321			
5	Teutoburger Wald	245.898			
6	Kalteiche	160.600			
7	Wiehltal	117.000			
8	Prientalbrücke	41.443			
9	Haseltalbrücke	90.037			
10	Drackensteiner Hang	83.214	92.705	9.491	10
11	Neckartalbrücke	92.948			
12	Brücke über den Oder-Havel-Kanal	35.166			
13	Hangbrücke Schellenberg	34.645	39.005	4.360	11
14	Haselholmer Talbrücke	47.719			
15	Brücke über die Bahn	65.472			
16	Elbebrücke Roßlau	37.607			

Tab. 6: Jährliche Gesamtkosten; Stand 2004

4.2 Nutzen

Der gesamtwirtschaftliche Nutzen einer TMS setzt sich sowohl aus betriebswirtschaftlichem Nutzen (eingesparte Personal-, Fahrzeug- und Verbrauchskosten der für den Winterdienst zuständigen Meisterei) als auch volkswirtschaftlichem Nutzen zusammen. Ausschlaggebend für einen Wirtschaftlichkeitsfaktor von größer als eins war bisher sowohl in den vorliegenden RE-Entwürfen als auch in der gesamtwirtschaftlichen Bewertung der Taumittelsprühanlage „Sauerlandanstieg“ auf der A 45 bei Lüdenscheid [1] mit einer Ausnahme (geplante TMS auf der A 4) der volkswirtschaftliche Anteil der Nutzenbewertung. Dieser besteht im Wesentlichen darin, durch die Wirkung der TMS in den Bereichen Verkehrssicherheit, Verkehrsablauf, Umweltschutz und Verkehrsteilnehmer Kosten einzusparen. Daraus lässt sich ein allgemeiner Zielkatalog zusammenfassen:

Verkehrssicherheit

- Nutzen durch weniger Unfalltote,
- Nutzen durch weniger Unfallverletzte,
- Nutzen durch weniger Unfallschäden.

Verkehrsablauf

- Nutzung durch Vermeidung von Staus,
- d. h. Nutzen durch Verringerung der Betriebskosten,
- Nutzen durch Verkürzung der Reisezeiten.

Umweltschutz

- Nutzen durch Verringerung der Schadstoffemission,
- Nutzen durch Verringerung der ausgebrachten Salzmenge,
- Nutzen durch Verringerung des Treibstoffverbrauchs.

Verkehrsteilnehmer

- Nutzen durch Verkürzung der Wartezeiten,
- Nutzen durch Verringerung der Stressbelastung.

Die monetäre Bewertung des Nutzens in den Wirkungsbereichen Umweltschutz und Verkehrsteilnehmer ist sehr schwierig und aufwändig und wird aus diesem Grunde in den „Hinweisen für Bau, Planung und Betrieb von Taumittel-Sprühanlagen“ nicht gefordert [3].

4.2.1 Betriebswirtschaftliche Nutzenbewertung

Der betriebswirtschaftliche Nutzen einer Taumittelsprühanlage setzt sich zusammen aus den verschiedensten Komponenten eingesparter Winterdienstkosten:

- Nutzen durch eingesparte Streustoffe,
- Nutzen durch eingesparte Personalkosten,
- Nutzen durch eingesparte Fahrzeug- und Gerätekosten (Streuaufsatz).

Wie sich bei der Befragung der Meistereien herausstellte, werden vereinzelt durch den Einsatz der meist mit der Taumittelsprühanlage gekoppelten Glättemeldeanlage Salzmengen gespart, da in der Summe weniger präventive Einsätze gefahren werden. Die Taumittelsprühanlage alleine spart in der Praxis in den seltensten Fällen Streustoffe ein, da sie den konventionellen Winterdienst nicht ersetzen kann. Meist erfolgt nach dem ersten Sprühen der Anlage ein Abstreuen der gesamten Strecke mit den Streufahrzeugen. Dabei wird im Bereich der bereits mit Lösung besprühten Fahrbahn des TMS-Streckenabschnittes der Streuaufsatz in der Praxis nicht abgestellt, sodass es zu einer doppelten Aufbringung von Taustoff kommt. In der Regel stellen die Streckenabschnitte die glättegefährlichsten Stellen im Netz dar, sodass die Straßenwärter wegen der relativ geringen Kosten

diese zusätzliche Salzaufbringung ganz bewusst herbeiführen, um sicher zu sein, einen der besonderen Situation angemessenen Winterdienst in diesen Abschnitten geleistet zu haben.

Wirkliche Einsparungen können in den Bereichen Personal-, Fahrzeug- und Streuaufsatzkosten erfolgen. In der praktischen Arbeit ist ein Streufahrzeug meist mit zwei Straßenwärmern besetzt. Die Kostensätze dafür sind von Land zu Land unterschiedlich. Für die Abschätzung des betriebswirtschaftlichen Nutzens wurden in dieser Untersuchung die Kostensätze des Landesbetriebes NRW herangezogen, da zum einen Nordrhein Westfalen über die meisten Anlagen in der BRD verfügt und zum anderen bundesweit alle Anlagen auf der gleichen Grundlage beurteilt werden sollen. Eine Stunde eines volleinsatzfähigen Streufahrzeuges incl. Personal kostete nach Angaben des Landesbetriebes Straßenbau NRW im Jahre 2004 117,23 € [7].

Kosten werden hier in erster Linie durch das Einsparen von Sonderfahrten gesenkt. Nach Auswertung der Befragung der Meistereien fallen Sonderfahrten vornehmlich bei Taumittelsprühanlagen auf Brücken an, da diese meist früher vereisen als die angrenzenden Straßenabschnitte. Hier waren vor Installation der Anlage Kontrollfahrten nötig. Bei den längeren Anlagen auf Steigungsstrecken sind solche Kontrollfahrten meist nicht nötig, da diese Abschnitte nicht früher vereisen, sondern ihre besondere Gefährlichkeit darin liegt, dass bei plötzlichem starkem Schneefall dort schnell eine festgefahrene Schneedecke entsteht. Dies wird durch die Sprühung der TMS verhindert, der Schnee wird bis zum Eintreffen des konventionellen Winterdienstes räumfähig gehalten (siehe dazu auch Kapitel 3.1).

Von 16 befragten Meistereien gaben zehn einen betriebswirtschaftlichen Nutzen durch Einsparung von Sondereinsätzen und Kontrollfahrten an. Ihre Angaben sind in Tabelle 7 zusammengestellt. Unter den sechs Meistereien, die keinen derartigen Nutzen erkennen können oder keine Angaben machen, befinden sich alle vier Steigungsstreckenanlagen.

Zwei Meistereien, die Anlagen auf Brücken betreuen, führen ihren Winterdienst weitgehend so durch, als existiere die Anlage nicht. Gründe dafür sind bei der Anlage Wiehltalbrücke die hohe Anzahl weiterer Brücken im Streckennetz der AM, die ohnehin präventiv betreut werden müssen, und bei der Anlage Donaubrücke Schellenberg die nicht nur auf die Brücke beschränkte Erweiterung des Winterdienstes über das Anforderungsniveau [13] hinaus

Nr.	Taumittel-Sprühanlage	Lage	Strecke hin/zurück	Einsätze pro Winter	Einsatzzeit in h	Jährlicher betriebswirtschaftlicher Nutzen in €
2	Do-Ems-K. Münster	A 1	15/30	60	1,5	10.551
3	Do-Ems-K. Ladbergen	A 1	20/40	60	2	14.068
4	Do-Ems-K. Rheine	A 30	44/88	60	3	21.101
8	Prientalbrücke	A 8	25/50	80	1,5	14.068
9	Haseltalbrücke	A 3	20/40	60	2	14.068
11	Neckartalbrücke	A 81	37/74	100	3	35.169
12	Brücke über den Oder-Havel-Kanal	A 11	22/44	30	2,5	8.792
14	Haselholmer Talbrücke	B 76	6/12	30	0,5	1.758
15	Brücke über die Bahn	B 10	18/36	40	2	9.378
16	Elbebrücke Roßlau	B 184	16/32	25	1	2.931

Tab. 7: Anzahl und Zeit der pro Jahr eingesparten Sondereinsätze und der daraus resultierende jährliche betriebswirtschaftliche Nutzen

auf einen 24-Stunden-Dienst im Zusammenhang mit einer technisch überholten Anlage. Durch diese Situation wurden die Sonderfahrten für die SM wieder wirtschaftlicher als der Einsatz der TMS, so dass die Anlage seit zwei Betriebswintern abgeschaltet ist. Bei einem 18-Stunden-Dienst würde sich der Einsatz der Taumittelsprühanlage nach Ansicht des Meistereileiters nach einer umfassenden technischen Erneuerungsmaßnahme möglicherweise betriebswirtschaftlich wieder lohnen.

In Tabelle 7 sind die jährlichen betriebswirtschaftlichen Nutzen der zehn Meistereien, die einen solchen verzeichnen, monetär dargestellt. Dafür wurde die Anzahl der Einsätze mit der Einsatzzeit und mit dem Kostensatz des Landesbetriebes NRW für ein Fahrzeug mit Streuaufsatz und zwei Mann Besatzung (117,23 €) multipliziert.

4.2.2 Volkswirtschaftliche Nutzen-Bewertung

Die Qualität einer volkswirtschaftlichen Abschätzung hängt in hohem Maße von der Qualität der zu Grunde liegenden Stau- und Unfalldaten in den zu betrachtenden Streckenabschnitten ab. Im Idealfall sollten in einem gleich langen Zeitraum vor und nach Installation der Anlage alle auf winterliche Straßenverhältnisse zurückzuführenden Unfälle so erfasst werden, dass sie nach der Unfallklassifizierung der Bundesanstalt für Straßenwesen [5] mit den entsprechenden Unfallkostensätzen bewertet werden können. Im Idealfall würden des Weiteren alle Auswirkungen dieser Unfälle auf den Verkehrsablauf, wie Staudauer und Staulänge, erfasst werden.

Für die vorliegende Untersuchung lag dieser Idealfall nicht vor. Dennoch konnten zumindest Unfallzahlen mit für eine Schätzung hinreichender Sicherheit ermittelt werden. Dafür standen im Wesentlichen fünf Quellen zur Verfügung:

1. Angaben aus der Befragung der zuständigen Straßen- und Autobahnmeistereien.
2. Daten aus Voruntersuchungen MORITZ 1988 [2], WIRTZ 1993 [1].
3. Unfallerehebungen der den Meistereien vorgesetzten Straßenbaubehörden.
4. Unfallerefassung für die Kosten-Nutzen-Abschätzung im RE-Entwurf.
5. Unfallmeldungen der Zentrale Polizeitechnische Dienste.

4.2.2.1 Nutzen durch vermiedene Stauereignisse

Angaben über Dauer und Länge von Stauereignissen waren lediglich von einer einzigen Meisterei für einen Winter vor Einbau der TMS dokumentiert worden. Die Zentrale Polizeitechnische Dienste lieferte für die Strecken, auf denen sich die Taumittelsprühanlagen 1 bis 7 befinden, die Radiomeldungen der Wintermonate. Im RE-Entwurf für die TMS Wiehltalbrücke wird eine Staukostenabschätzung dargestellt, die auf eben diesen Meldungen basiert. So wurden dort im Winter 1999/2000 – also drei Winter vor Installation der Anlage – 18 Stauereignisse gemeldet, die durchschnittlich 1,83 km lang waren und 1,7 Stunden andauerten. Ausgehend von dem in der BAST aufgestellten Staukostenansatz [1] wurde daraufhin für den Winter 2002/2003 ein Staukostenanteil von rund 68.000 € errechnet bzw. abgeschätzt.

Bei der Auswertung aller vorliegenden Stauinformationen konnten aber die Staumeldungen den entsprechenden Unfallmeldungen nur in vier Fällen mit einiger Sicherheit zugeordnet werden, in zwei Fällen lediglich mit hoher Wahrscheinlichkeit. In

sieben Fällen gab es Staumeldungen, die den Streckenbereich der TMS oder dessen unmittelbare Nähe betrafen, denen aber entweder kein Unfall vorangegangen war, oder ein Unfall, der nicht auf winterliche Verhältnisse zurückzuführen war. In zwei von diesen Fällen wurde Schneeglätte als Stauursache angegeben. Zusätzlich gab es drei Glätteunfälle, die zwar Gefahrenmeldungen im Radio zur Folge hatten, die aber keine Stauereignisse auslösten. Es kann auch angenommen werden, dass mehrere Unfallereignisse zu vergleichsweise kurzen Staus geführt haben, die keine Meldung im Verkehrsfunk nach sich gezogen haben.

Eine Berechnung der Staukosten durch Ermittlung der Zeitkosten und der Kfz-Betriebskosten nach den relativ aufwändigen Vorgaben in den „Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen“ [4] macht auf dieser schwachen Datengrundlage keinen Sinn, da sie eine Genauigkeit vortäuschen würde, die einer Schätzung auf der vorliegenden Datengrundlage nicht gerecht wird.

Staukosten können aber andererseits nicht vernachlässigt werden, denn sie sind gravierend (siehe dazu auch „Stausituationen auf der Wiehltalbrücke“ in Kapitel 4.3). In einer vorangegangenen Untersuchung von WIRTZ aus dem Jahre 1993 [1] – nach den Vorgaben der damals gültigen RAS W 86 ermittelt – machte allein der Anteil der Zeitkosten rund 56 % des Gesamtnutzens aus. Die damalige Schätzung basierte auf einer Beobachtung der zuständigen Autobahnmeisterei Lüdenscheid für die Anlage Sauerlandaufstieg. Dort waren in den Jahren vor Inbetriebnahme der Anlage durchschnittlich drei Staus von ca. jeweils zehn Kilometer Länge und einer durchschnittlichen Dauer von 3,5 Stunden beobachtet worden.

Hypothese zur Stauabschätzung

Leider liegen für die vorliegende Untersuchung keine exakten Staubeobachtungen vor. Es kann hier lediglich zu einer hypothetischen Einschätzung von Staukosten kommen. Die Hypothese für die vorliegende Untersuchung übernimmt für die vier Anlagen auf Steigungs- und Gefällestrecken einmal die Staudaten aus dem Streckenbereich der Anlage Sauerlandaufstieg aus der Untersuchung von 1993 von 3 Staus á 10 km Länge pro Winter. Für die Anlagen auf Brücken wird davon ausgegangen, dass jeder zweite Unfall ein Stauereignis von rund einer Stunde Dauer und einer Länge von 3 km verursacht hat.

Auf der Grundlage dieser Hypothese wird ein vereinfachtes Schätzverfahren angewendet, das sich lediglich an der Einsparung von Zeitkosten orientiert. Für die Kfz-Betriebskosten-Einsparung wird in Anlehnung an das in [1] ermittelte Verhältnis ein Zuschlag von 7 % auf die Zeitkosten addiert.

Vereinfachtes Schätzverfahren

Für die Abschätzung der Zeitkosten müssen drei Größen bekannt sein: Staulänge, Staudauer und der DTV. Diese Werte können den Beobachtungen der zuständigen Meisterei, der Winterdienstzentrale oder der Zentrale Polizeitechnischer Dienste entstammen

Zunächst wird in einem ersten Schritt die Zeitdifferenz zwischen der Durchfahrtszeit bei Normalbedingungen (90 km/h) und der Durchfahrtszeit bei Staubebedingungen (5 km/h) ermittelt: Ein Fahrzeug benötigt beispielsweise bei normalen Bedingungen bei der Geschwindigkeit von 90 km/h 2 Minuten, um drei Kilometer zurückzulegen, bei Staugeschwindigkeit von 5 km/h benötigt das Fahrzeug für die gleiche Strecke rund 36 Minuten. Das ist ein Zeitverlust von 34 Minuten bzw. 0,57 Stunden.

Im zweiten Schritt wird ausgehend vom DTV (Stand 2003) unter Berücksichtigung einer Richtungsfahrbahn und einer Tagesganglinie (Divisor 18) die Anzahl der Fahrzeuge pro Stunde ermittelt. Die Anzahl der Fahrzeuge pro Stau wird mit der Zeitdifferenz (Ergebnis des 1. Schrittes) multipliziert. Daraus ergibt sich der Zeitverlust aller am Stau beteiligten Fahrzeuge.

Diese Zahl wird mit einem durchschnittlichen Kostensatz DM/h und Fz (Stand 1997) – der mit Hilfe des prozentualen Verhältnisses der Zusammensetzung der Fahrzeuggruppen errechnet wird – nochmals multipliziert und dadurch die Kosten pro Stau ermittelt. Eine weitere Multiplikation mit der Anzahl der Staus pro Jahr ergibt die geschätzten jährlichen Staukosten an der Anlage. Ein Zuschlag von 7 % für die Kfz-Betriebskosten wird addiert. Dieser Endbetrag wird von 1997 auf das Bezugsjahr 2004 mit 3 % [1] aufgezinst, in € umgerechnet und dem volkswirtschaftlichen Nutzen zugeschlagen.

Zusammensetzung der Fahrzeuggruppen

Der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) in den Streckenabschnitten, in denen sich die Taumittelsprühanlagen befinden, ist in Tabelle 8 dargestellt.

Nr.	Bezeichnung der Anlage	Anteile in realen Zahlen				Prozentanteile			
		P	L	Z	B	P	L	Z	B
1	Sauerlandanstieg	52.238	13.636			79,3	20,7		
2	Dortmund-Ems-Kanal Münster	46.641	10.095			82,2	17,8		
3	Dortmund-Ems-Kanal Ladbergen	49.210	5.531	6.514	184	80,1	9,0	10,6	0,3
4	Dortmund-Ems-Kanal Rheine	28.246	8.065			77,8	22,2		
5	Teutoburger Wald	71.225	18.644			79,3	20,7		
6	Kalteiche	49.804	13.321			78,9	21,1		
7	Wiehltal	41.304	2.606	2.513	93	88,8	5,6	5,4	0,2
8	Prientalbrücke	45.847	2.954	3.482	475	86,9	5,6	6,6	0,9
9	Haseltalbrücke	52.000	13.000			80,0	20,0		
10	Drackensteiner Hang	57.924	4.781	4.310	337	86,0	7,1	6,4	0,5
11	Neckartalbrücke	43.023	3.314	2.242	146	88,3	6,8	4,6	0,3
12	Brücke über den Oder-Havel-Kanal	19.753	1.433	2.185	117	84,1	6,1	9,3	0,5
13	Hangbrücke Schellenberg	12.510	1.627			88,5	11,5		
14	Haselholmer Talbrücke	12.800	1.200			91,4	8,6		
15	Brücke über die Bundesbahn	64.819	3.658	1.618	211	92,2	5,2	2,3	0,3
16	Elbebrücke Roßlau	4.989	867			85,2	14,8		

P = Personenwagen, L = Lastkraftwagen, Z = Zugmaschinen, B = Busse

Tab. 8: DTV im Streckenbereich der Taumittelsprühanlagen in Deutschland (Stand 2003)

	Fahrzeuggruppe	Zeitkosten DM/h [4] (Stand 1997)	€/h	Prozentanteile am DTV/24h	mittlere Kosten in €
P	Personenwagen	11	5,61	86,6	4,86
L	Lastwagen	42	21,43	6,5	1,39
Z	Zugmaschinen	60	30,61	6,5	1,99
B	Busse	125	63,78	0,4	0,26
	Durchschnittskosten				8,50

Tab. 9: Prozentuale Verteilung des DTV auf Fahrzeuggruppen und durchschnittlicher Zeitkostensatz pro Fahrzeug für eine Stunde; (Stand 1997) Quelle: [4]

Nr.	Anlage	K ₀ in €	K _n in €
1	Sauerlandanstieg	328.509	416.146
2	Do-Ems-K. Münster	24.511	31.049
3	Do-Ems-K. Ladbergen		
4	Do-Ems-K. Rheine		
5	Teutoburger Wald (Bielefelder Berg)	377.044	477.628
6	Kalteiche	314.810	398.792
7	Wiehltal	33.505	42.443
8	Prientalbrücke	60.777	76.990
9	Haseltalbrücke	46.801	59.287
10	Drackensteiner Hang	335.826	425.414
11	Neckartalbrücke	42.111	53.345
12	Brücke über den Oder-Havel-Kanal		
13	Hangbrücke/Schellenberg	2.036	2.579
14	Haselholmer Talbrücke	4.032	5.108
15	Brücke über die Bahn	81.034	102.651
16	Elbebrücke Roßlau	2.530	3.205

Tab. 10: Hypothetisch abgeschätzte Staukosten

Die Angaben entsprechen dem Stand von 2003 und stammen von den amtlichen Zählstellen. Lediglich die grau unterlegten Zeilen sind Schätzwerte der Meistereien, da dort keine Zählstelle zur Verfügung stand.

Von 16 Werten konnten sieben in der Form geliefert werden, dass zwischen den einzelnen Fahrzeuggruppen Personenwagen, Lastwagen, Zugmaschinen und Busse unterschieden werden konnte. Vom durchschnittlichen prozentualen Verhältnis der Fahrzeuggruppen untereinander wurde ein Schätzwert für den Zeitkostensatz pro Stunde errechnet (siehe Tabelle 9). Dieser Wert beträgt 16,66 DM bzw. 8,50 € (Stand 1997 [4]).

4.2.2.2 Nutzen durch vermiedene Unfälle

Einen Überblick über die ermittelbare Datenbasis für die Unfallzahlen gibt die Tabelle 11. Leider wurden nicht in jedem Fall die Unfälle in die Unfallkategorien aufgegliedert angegeben, oft stand nur die Gesamtanzahl der Unfälle zur Verfügung. Bis auf eine Ausnahme konnten die Unfälle einem definierten Zeitraum in Jahren zugeordnet werden.

Auf der Basis der für das Jahr 2003 ermittelten Unfallkostensätze [5] wurden die bekannten Unfälle soweit wie möglich monetär bewertet (s. Tabelle 12). So konnten durchschnittliche jährliche Unfallkosten für die Zeit vor Installation der Anlage sowie

Nr.	TMS	Lage	S=Steigung B=Brücke	Quelle 1			Quelle 2			Quelle 3			Quelle 4			Quelle 5		
				Anz			Anz/Urs/Kat			Anz/Urs/Kat			Anz			Anz/Urs/		
				Umfrage 2004			Vorunters.			Land			RE-Entwurf			ZPD		
Zeitraum	v	n	Zeitraum	v	n	Zeitraum	v	n	Zeitraum	v	n	Zeitraum	v	n				
1	Sauerlandanstieg	A 45	1984	S	Staus und Unfälle deutlich zurückgeg.	+	-	1979-1990	121	66	1998-2004	45			1998-2004	27		
2	Do-Ems-K. Münster	A 1	1983	B	v = keine Daten n = nicht signifikant auffällig			81/82-82/83 83/84-87/88	11	3	1999-2001	2				0		
3	Do-Ems-K. Ladbergen	A 1	1992	B	keine Angaben						2001	1			2004	1		
4	Do-Ems-K. Rheine	A 30	1990	B	keine Angaben							0			2002	1		
5	Teutoburger Wald	A 2	1995	S	keine Angaben						1986-1991 1998-1904	31	19		6/a 36	2000-2004	7	
6	Kalteiche	A 45	1999	S	Staus erheblich verring. Unf. Keine Angaben	+	-				1998-2004	13	4	Anz/Urs/Kat U: Fakt. 2,6 im Vergl. zu MW BAB S: 96/97 U: 88-97	31h 48	2000-2001	3	
7	Wiehital	A 4	2003	B	keine Angaben							0	Anz/Urs/Kat 1997-2001 Staukstr. 02 aufz. 68.000 €	19	1999-2004	21	2	
8	Prientalbrücke	A 8	1990	B		5/m	3/m				1988-2003	7						
9	Haseltalbrücke	A 3	1995	B	1990-1992 Anz/Urs/Kat	29												
10	Drackensteiner Hang	A 8	1984	S	1982/83 bis 1987/88 nur Anz	17	1	82/83 [2] 83/84-87/88	10	1								
11	Neckartalbrücke	A 81	2001	B	1996-1999	48	0						1995-1999	52	0			
12	Brücke über den Oder-Havel-Kanal	A 11	1993	B	keine Angaben													
13	Hangbrücke Schellenberg	B 2	1982	B	81/82 bis 82/83 83/84 bis 87/88	4	4	81/82 [2] 82/83-87/88	4	8								
14	Haselholmer Talbrücke	B 76	1990	B	1981-1988 2000-2003	25	3											
15	Brücke über die Bundesbahn	B 10	1994	B	1981-1992	178/a	3/a											
16	Elbebrücke Roßlau	B 184	1993	B	1992 1993-1995	6	2											

(v = vor Einbau der Anlage; n = nach Einbau der Anlage)

Tab. 11: Basisdaten für die Stau- und Unfallbewertung innerhalb der TMS-Strecken

Unfallkostensätze der BAST, Stand 2003	Unfallkategorie	€
Unfall mit Getöteten	1	1.164.119
Sachschaden zu Unfall mit Getöteten	1s	27.892
Unfall mit Schwerverletzten	2	83.972
Sachschaden zu Unfall mit Schwerverletzten	2s	13.861
Unfall mit Leichtverletzten	3	3.755
Sachschaden zu Unfall mit Leichtverletzten	3s	10.084
Schwerer Sachschaden	4	13.556
Leichter Sachschaden	5	5.857

Tab. 12: Unfallkostensätze und Unfallkategorien; Quelle [5]

für die Zeit danach ermittelt werden. Die Differenz bildet den Nutzen durch Vermeidung von Unfällen. Eine Aufzinsung um ein Jahr auf 2004 kann entfallen, da nach ersten Schätzungen die Unfallzahlen in 2004 rückläufig sind.

Unfälle, die nicht einer Unfallkategorie zugeordnet werden konnten, wurden mit einem Durchschnittsbetrag bewertet, der sich aus den einzelnen Unfall-

kostensätzen der Kategorien zwei bis fünf zusammensetzt (siehe Tabelle 12). Für die Ermittlung dieses Durchschnittswerts von 13.735 € wurden beispielhaft die Unfallbewertungen im Bereich der TMS Sauerlandanstieg auf der A 45 zugrunde gelegt. Für diese Anlage liegen 125 Unfallbewertungen aus einem Zeitraum von fünf Jahren vor dem Bau der Anlage und 111 Unfallbewertungen aus einem Zeitraum von dreizehn Jahren danach vor. Diese insgesamt 236 Unfallbewertungen wurden den Unfallkategorien zwei bis fünf zugeordnet und für jede Kategorie der prozentuale Anteil errechnet (s. Bild 1). Mit diesen Prozentwerten wurden die Anteile an den durchschnittlichen Unfallkosten gewichtet, da die Unfälle mit Leichtverletzten oder die Unfälle mit Sachschaden, besonders die mit leichtem Sachschaden, zahlenmäßig überwiegen. Da bis auf eine Ausnahme bei allen Unfällen keine Getöteten zu beklagen waren, wurde dieser Kostensatz nicht in die Berechnung des durchschnittlichen Unfallkostensatzes aufgenommen.

Für die im Folgenden dargestellten Schätzungen (siehe Tabelle 13) wurde zu diesem Hilfsmittel gegriffen, um so viele Anlagen wie möglich bewerte-

Unfallkategorie	Zahl vorh.	Zahl nachh.	Prozentanteil	Anteil am durchschnittl. Kostensatz
Unfall mit Schwerverletzten	11	8	8,05	6.760,46 €
Sachschaden zu Unfall mit Schwerverletzten	8	7	6,36	881,00 €
Unfall mit Leichtverletzten	15	7	9,32	350,04 €
Sachschaden zu Unfall mit Leichtverletzten	10	3	5,51	555,47 €
Schwerer Sachschaden	10	22	13,56	1.838,10 €
Leichter Sachschaden	71	64	57,20	3.350,40 €
Zeitraum in Jahren	5	13		
Summe der Unfälle	125	111		
Durchschnittlicher Unfallkostensatz		236		13.735,47 €

Tab. 13: Durchschnittliche Unfallkostensätze und Unfallkategorien

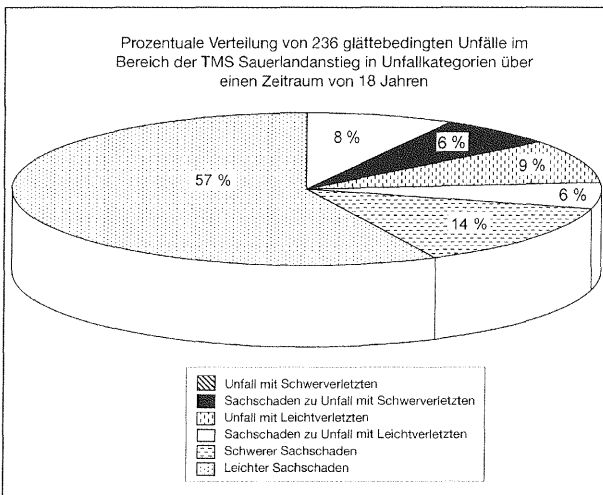


Bild 1: Prozentuale Aufteilung der Bewertungen in den einzelnen Unfallkategorien

Nr.	TMS	Unfallkosten vor Einbau/a €	Unfallkosten nach Einbau/a €	Nutzen €
1	Sauerlandanstieg	348.630	115.263	233.367
2	Dortmund-Ems-Kanal Münster	75.543	8.584	66.959
3	Dortmund-Ems-Kanal Ladbergen			
4	Dortmund-Ems-Kanal Rheine			
5	Teutoburger Wald	261.410	24.211	237.199
6	Kalteiche	155.151	9.197	145.954
7	Wiehltal	73.016	13.839	59.177
8	Prientalbrücke	206.025	123.615	82.910
9	Haseltalbrücke	132.772	32.048	100.723
10	Drackensteiner Hang	116.748	3.434	113.314
11	Neckartalbrücke	164.820	0	164.820
12	Brücke über den Oder-Havel-Kanal			
13	Hangbrücke Schellenberg	27.470	21.028	6.442
14	Haselholmer Talbrücke	42.922	10.301	32.621
15	Brücke über die Bundesbahn	203.736	41.205	162.531
16	Elbebrücke Roßlau	82.410	9.157	72.253

Tab. 14: Jährlicher Nutzen durch vermiedene Unfälle

ten zu können. So konnten 13 von 16 Anlagen volkswirtschaftlich nutzenmäßig eingeschätzt werden.

Der Nutzen durch die Vermeidung von glättebedingten Unfällen wurde abgeschätzt, indem für jede Anlage die durchschnittliche jährliche Anzahl der Unfälle aus den Jahren vor und nach Installation der TMS mit den jeweiligen Kostensätzen – soweit wie möglich nach Unfallkategorien getrennt – multipliziert wurden. Die Differenz der beiden jährlichen Summen der Unfallkosten bildet den Nutzen aus vermiedenen Unfällen (siehe Tabelle 14).

4.2.3 Jährlicher Gesamtnutzen

Zur Abschätzung des Gesamtnutzens werden der volkswirtschaftliche (aus vermiedenen Unfällen) und der betriebswirtschaftliche Nutzen addiert (siehe Tabelle 15).

Nr.	TMS	Lage	Baujahr	jährlicher volkswirtschaftlicher Nutzen in €	jährlicher betriebswirtschaftlicher Nutzen in €
1	Sauerlandanstieg	A 45	1984	233.367	
2	Dortmund-Ems-Kanal Münster	A 1	1983	66.959	10.551
3	Dortmund-Ems-Kanal Ladbergen	A 1	1992		14.068
4	Dortmund-Ems-Kanal Rheine	A 30	1990		21.101
5	Teutoburger Wald (Bielefelder Berg)	A 2	1995	237.199	
6	Kalteiche	A 45	1999	145.954	
7	Wiehltal	A 4	2003	59.177	0
8	Prientalbrücke	A 8	1990	82.410	14.068
9	Haseltalbrücke	A 3	1995	100.723	14.068
10	Drackensteiner Hang	A 8	1984	113.314	
11	Neckartalbrücke	A 81	2001	164.820	35.169
12	Brücke über den Oder-Havel-Kanal	A 11	1993		8.792
13	Hangbrücke Schellenberg	B 2	1982	6.442	
14	Haselholmer Talbrücke	B 76	1990	32.621	1.758
15	Brücke über die Bundesbahn	B 10	1994	162.531	9.378
16	Elbebrücke Roßlau	B 184	1993	72.253	2.931

Tab. 15: Jährlicher Gesamtnutzen (ohne Nutzen durch vermiedene Stauereignisse)

4.3 Kosten-Nutzen-Abschätzung

Bei der Abschätzung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses wird der Gesamtnutzen durch die Gesamtkosten dividiert. Das Ergebnis ist der Wirtschaftlichkeitsfaktor (F_w).

Nr.	TMS	BAB B	Bau- jahr	Jährl. Gesamt- nutzen	Jährl. Gesamt- kosten	F_w
1	Sauerlandanstieg ¹⁾	A 45	1984	233.367	151.238	1,54
2	Dortmund-Ems-Kanal Münster	A 1	1983	77.510	38.340	2,02
3	Dortmund-Ems-Kanal Ladbergen	A 1	1992			2)
4	Dortmund-Ems-Kanal Rheine	A 30	1990			2)
5	Teutoburger Wald (Bielefelder Berg)	A 2	1995	237.199	245.898	³⁾ 0,96
6	Kalteiche	A 45	1999	145.954	160.600	⁴⁾ 0,91
7	Wiehltal	A 4	2003	59.177	117.000	⁷⁾ 0,51
8	Prientalbrücke	A 8	1990	96.478	41.443	2,33
9	Haseltalbrücke	A 3	1995	114.791	90.037	1,27
10	Drackensteiner Hang	A 8	1984	113.314	83.214	1,36
11	Neckartalbrücke Weitingen	A 81	2001	199.989	92.948	⁵⁾ 2,15
12	Brücke über den Oder-Havel-Kanal	A 11	1993			2)
13	Hangbrücke Schellenberg	B 2	1982	6.442	34.645	⁶⁾ 0,19
14	Haselholmer Talbrücke	B 76	1990	34.379	47.719	⁷⁾ 0,72
15	Brücke über die Bundesbahn	B 10	1994	171.909	65.472	2,63
16	Elbebrücke Roßlau	B 184	1993	75.184	37.607	2,00

¹⁾ Die Anlage Sauerlandanstieg wurde im Jahre 1993 [1] mit einem Faktor von 1,9 bewertet, der hier unterschritten wird. 1993 sind die Staukosten in die Kosten-Nutzen-Bewertung eingeflossen, während sie in Tabelle 17 nicht enthalten sind. Auffallend ist, dass bei Einbeziehung der Staukosten nach der Vorgabe der durchschnittlichen Stauereignisse an eben dieser Anlage der Wirtschaftlichkeitsfaktor 2004 deutlich höher ist als 1993 (siehe Tabelle 17). Dazu muss erwähnt werden, dass nach dem Stand der heutigen Erkenntnisse die betriebswirtschaftlichen Kosten in der damaligen Untersuchung nicht genügend gewürdigt wurden.

²⁾ Die Anlagen 3, 4 und 12 müssen aus der Bewertung herausgenommen werden, da für diese Bereiche mangels Unfalldaten keinerlei volkswirtschaftlicher Nutzen abgeschätzt werden kann.

³⁾ Der Wirtschaftlichkeitsfaktor der Anlage Bielefelder Berg beinhaltet einen Unfall mit einem Getöteten vor Installation der Anlage. Ohne Bewertung dieses Unfalles läge der Wirtschaftlichkeitsfaktor dort bei 0,24.

⁴⁾ Die Anlage Kalteiche – eine Steigungsstrecken-Anlage – liegt mit 0,91 in der Nähe der Wirtschaftlichkeitsschwelle. Bei der mit fünf Einsatzjahren noch relativ neuen Anlage schlagen die vergleichsweise hohen Investitionskosten, die auch vor Installation der Anlage (durch aufwändigen konventionellen Winterdienst) niedrigen Unfallzahlen und der bei Steigungsstrecken nicht zu erwartende betriebswirtschaftliche Nutzen zu Buche. Bei Einbeziehung der Staukosten aus der hypothetischen Erhebung steigt der Wirtschaftlichkeitsfaktor auf 3,39.

⁵⁾ Der bei Anlage Neckartalbrücke Weitingen ermittelte Wirtschaftlichkeitsfaktor bestätigt nicht die hohen Erwartungen des RE-Entwurfes (s. Tabelle 2). Dies darf als Kompliment an die zuständige Autobahnmeisterei verstanden werden, die mit hohem konventionellem Aufwand dort auch vor 2001 die Anforderungen an die Verkehrssicherheit erfüllt hat.

⁶⁾ Die Anlage Hangbrücke Schellenberg – die älteste Anlage in der BRD – ist seit zwei Jahren wegen Unwirtschaftlichkeit abgeschaltet. Aus der Zeit vor Installation der Anlage lagen nur für zwei Jahre recht niedrige Unfallzahlen vor, die während des Betriebes der Anlage und nach ihrer Stilllegung durch einen aufwändigeren konventionellen Winterdienst noch weiter gesenkt werden konnten. Erwartungsgemäß niedrig fällt der volkswirtschaftliche Nutzen aus, was sich wiederum durch einen niedrigen Wirtschaftlichkeitsfaktor zeigt.

⁷⁾ Nicht kostendeckende Anlagen sind die Haselholmer Talbrücke und die Wiehltalbrücke. Gründe hierfür sind bei beiden der vergleichsweise niedrige bzw. fehlende betriebswirtschaftliche Nutzen durch Einsparung von Sondereinsätzen und die geringen Unfallzahlen vor Installation der Anlage aufgrund des schon vorher optimalen Winterdienst der zuständigen Meistereien. Mit Einbeziehung der hypothetischen Stauereignisse kann der Wirtschaftlichkeitsfaktor bis zur Wirtschaftlichkeitsschwelle gesteigert werden.

Tab. 16: Kosten-Nutzen-Abschätzung (ohne Staukostenanteil); Ermittlung des Wirtschaftlichkeitsfaktors

lichkeitsfaktor (F_w). Ist der Wirtschaftlichkeitsfaktor größer als 1, arbeitet die Anlage wirtschaftlich.

Die Wirtschaftlichkeitsfaktoren aller in der BRD betriebenen Taumittelsprühanlagen sind in Tabelle 16 zusammengestellt. Zu beachten ist, dass aufgrund fehlender Daten der Nutzen durch vermiedene Stauereignisse in diese Schätzung nicht eingeflossen ist.

Kosten-Nutzen-Abschätzung inklusive angenommenem Nutzen durch die Vermeidung von Stauereignissen

Betrachtet man die Wirtschaftlichkeitsfaktoren in Tabelle 17, so sieht man, dass die Einbeziehung der hypothetisch ermittelten Staukosten sich in erster Linie bei den Steigungsstrecken-Anlagen deutlich bemerkbar machen. Möglicherweise ist die Vermutung gerechtfertigt, dass die Hypothese von etwas zu niedrigen Werten ausgeht, weil man annehmen kann, dass sich aufgrund winterlicher Glätte auch Staus ohne vorhergehenden Unfall bilden. Es zeigt sich jedoch ganz deutlich, dass der ursprüngliche Zweck der „Stauersparung“ durch Taumittelsprühanlagen auf Steigungs- und Gefällestrrecken voll erfüllt wird, besonders dort, wo hohe Verkehrsstärken vorherrschen. Bei den Anlagen auf

Nr.	TMS	BAB B	Bau- jahr	Jährl. Gesamt- nutzen	Jährl. Gesamt- kosten	F_w
1	Sauerlandanstieg	A 45	1984	649.513	151.238	4,29
2	Dortmund-Ems-Kanal Münster	A 1	1983	108.559	38.340	2,83
3	Dortmund-Ems-Kanal Ladbergen	A 1	1992			
4	Dortmund-Ems-Kanal Rheine	A 30	1990			
5	Teutoburger Wald (Bielefelder Berg)	A 2	1995	714.828	245.898	2,91
6	Kalteiche	A 45	1999	544.746	160.600	3,39
7	Wiehltal	A 4	2003	101.620	117.000	0,87
8	Prientalbrücke	A 8	1990	173.468	41.443	4,19
9	Haseltalbrücke	A 3	1995	174.077	90.037	1,93
10	Drackensteiner Hang	A 8	1984	538.728	83.214	6,47
11	Neckartalbrücke Weitingen	A 81	2001	253.334	92.948	2,73
12	Brücke über den Oder-Havel-Kanal	A 11	1993			
13	Hangbrücke Schellenberg	B 2	1982	9.021	34.645	0,26
14	Haselholmer Talbrücke	B 76	1990	39.487	47.719	0,83
15	Brücke über die Bundesbahn	B 10	1994	274.561	65.472	4,19
16	Elbebrücke Roßlau	B 184	1993	78.389	37.607	2,08

Tab. 17: Kosten-Nutzen-Abschätzung (inkl. hypothetischem Staukostenanteil); Ermittlung des Wirtschaftlichkeitsfaktors

Brücken fällt die Steigerung des Wirtschaftlichkeitsfaktors durch Einbeziehung hypothetischer Stauzahlen eher moderat aus. Überall dort, wo der Wirtschaftlichkeitsfaktor kleiner als 1 – die Wirtschaftlichkeit also negativ – war, kann er durch die Einbeziehung der Stauwerte nicht in den positiven Bereich gesteigert werden.

Stausituation auf der Wiehltalbrücke

Für die Wiehltalbrücke wurde im RE-Entwurf eine einzelne Staulängenangabe für den Winter 1999/2000 gemacht. Danach entstanden in dieser Zeit 18 Staus, die insgesamt 33 km lang waren und 30 Stunden dauerten. Ein Stau war demnach im Durchschnitt rund 1,8 km lang und dauerte 1 Stunde und 40 Minuten.

Um darzustellen, wie gravierend eingesparte Staukosten sein können, wurde diese Stausituation einmal auf 2004 übertragen. Der dort gezählte DTV (2003) pro Stunde wurde mit dem Stundensatz (1997) pro Fahrzeug [4] – in diesem Fall nach Fahrzeuggruppen aufgeteilt – multipliziert und aufgezinst auf 2004 und das Ergebnis mit 30 Stunden Gesamtstaudauer multipliziert.

Im Ergebnis hätte die Wiehltalbrücke 2003 – nur unter Berücksichtigung der eingesparten Staukosten (ohne Unfälle und betriebsw. Nutzen) – bereits einen F_w von 8,08. Könnte die TMS nur jeden zweiten Stau verhindern, wären es noch 4,04.

5 Verbesserungsvorschläge für die „Hinweise für Planung, Bau und Betrieb von Taumittel-Sprühanlagen (TMS)“

Die Hinweise für die Planung, den Bau und den Betrieb von Taumittelsprühanlagen wurden von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen im Jahre 1995 [3] herausgegeben.

Die in diesen Hinweisen gegebenen Empfehlungen hinsichtlich der Kosten-Nutzen-Abschätzung haben seither in der Praxis bei Neuinstallationen – immerhin fünf neue Anlagen seit 1995 – dazu geführt, dass in RE-Entwürfen, die im Rahmen des Planungs- und Genehmigungsverfahrens erstellt werden, neben der technischen Beschreibung der geplanten TMS auch wirtschaftliche Prognosen erstellt werden müssen.

In folgenden fünf Punkten werden Verbesserungen für die „Hinweise für Planung, Bau und Betrieb von TMS“ vorgeschlagen:

1. Entscheidungskriterien für die Bedarfsermittlung

Für die Hinweise für Planung, Bau und Betrieb von Taumittel-Sprühanlagen sollten Kriterien erarbeitet werden, um sowohl die möglichen Standorte von neuen Taumittelsprühanlagen zu ermitteln als auch die Abschätzung deren Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit zu erleichtern. BAUMANN und DUMONT regen in einer Untersuchung, die in der Schweiz zu diesem Thema durchgeführt wurde, an, neben Zweckmäßigkeitskriterien mit entsprechenden Indikatoren für die geologischen und ökologischen Bedingungen auch solche für das ökologische Umfeld des Einsatzgebietes zu entwickeln und entsprechen zu bewerten [18].

In Anlehnung an die internen Kriterien des Landesbetriebes Straßenbau NRW [16] erscheint es realistisch für eine Neuinstallation, neben allen regional individuellen Einflussfaktoren wie Witterungsverhältnisse, Winterdienstaufwand und Schwerverkehrsanteil eine Längsneigung von 4 % oder mehr zu Grunde zu legen. Bei Anlagen auf neu zu bauenden Brücken könnten die Verhältnisse bereits bestehender Anlagen mit nahezu identischen Bedingungen dazu führen, dass eine TMS schon bei der Planung berücksichtigt wird und das Bauwerk nicht erst nach Jahren kostenintensiv nachgerüstet werden muss. Würde in NRW beispielsweise eine weitere Stahlbrücke über den Dortmund-Ems-Kanal gebaut werden, so würde diese aufgrund der Erfahrungen mit drei bereits bestehenden Brückenanlagen von vornherein mit einer TMS ausgerüstet.

Bei der für den RE-Entwurf notwendigen Kosten-Nutzen-Analyse sollte als Wirtschaftlichkeitsfaktor mindestens 2,0 angestrebt werden [16]. In Einzelfällen kann es allerdings auch sinnvoll sein, bei einem geringeren Wirtschaftlichkeitsfaktor eine TMS zu bauen.

Zur Ermittlung von Anhaltswerten für eine durchschnittliche Taumittelsprühanlage hinsichtlich der Anzahl der jährlichen Stau- und Unfallereignisse, ab denen eine solche Anlage wirtschaftlich arbeitet, wurde die Firma Boschung um eine aktuelle Preiskalkulation (Stand 2005) für zwei Anlagen gebeten [17]. Als Vorgabe galt die Verwendung neuester und preisgünstigster Technik. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die jähr-

lichen Gesamtkosten der Anlagen jeweils zur Hälfte von dem Nutzen durch vermiedene Unfälle und Staus erwirtschaftet werden (Tabelle 18). Die Gesamtkosten wurden demnach geteilt und diese Beträge jeweils durch die durchschnittlichen Kosten pro Unfall (siehe dazu Tabelle 13) und Stau (entsprechend Kapitel 4.2.2.1) dividiert. Mit diesen Basiswerten können auch andere als halbierte Verhältnisse bei den Stau- und Unfallkosten abgeschätzt werden.

In der vorliegenden Schätzung in Tabelle 18 zeigt sich deutlich, dass für die kurzen Anlagen

Unfall- und Stau-Schwellenwerte für die Wirtschaftlichkeitsabschätzung geplanter Taumittelsprühanlagen	durchschnittliche Steigungsanlage (4 Anlagen)		durchschnittliche Brückenanlage (12 Anlagen)	
	Unfälle	Staus	Unfälle	Staus
Durchschnittliche Länge der Anlage	3.600 m		320 m	
Mikro-FAST mit manueller Auslösung	1.900.000 €		280.000 €	
Glättemeldeanlage zur vollautomatischen Auslösung	125.000 €		44.000 €	
Fernbedienung mit Datenspeicher und geografischer Bedienoberfläche	27.000 €		12.000 €	
Tiefbau	350.000 €		35.000 €	
Bausumme netto	2.402.000 €		371.000 €	
Jahresrate bei 15-jähriger Nutzung im ersten Jahr	160.133 €		24.733 €	
Plus/minus-Differenz durchschnittl. Betriebskosten/-nutzen	10.000 €		-8.000 €	
Durchschnittliche jährliche Kosten	170.133 €		16.733 €	
Die Hälfte der zu kompensierenden jährlichen Stau- und Unfallkosten, wenn $F_w = 1$ sein soll	85.067 €	85.067 €	8.367 €	8.367 €
Die Hälfte der zu kompensierenden jährlichen Stau- und Unfallkosten, wenn $F_w = 2$ sein soll	170.133 €	170.133 €	16.733 €	16.733 €
Annahme F_w soll sein = 1				
entspricht Anzahl Unfälle im Jahr	6,2		0,6	
entspricht Anzahl Staus im Jahr		1,2		0,6
Annahme F_w soll sein = 2				
entspricht Anzahl Unfälle im Jahr	12,4		1,2	
entspricht Anzahl Staus im Jahr		2,4		1,2
Durchschnittlicher Unfallkostensatz pro Unfall	13.735 €		13.735 €	
Durchschnittliche Staukosten pro Stau ¹		71.000 €		14.000 €

¹ Für die Ermittlung der durchschnittlichen Staukosten wurde bei Steigungsanlagen für ein Staueignis eine Dauer von drei Stunden und 10 km Länge angenommen; bei Brückenanlagen wurden zwei Stunden und drei km Länge zu Grunde gelegt (siehe dazu auch „Stauhypothese“ in Kapitel 4.2.2.1)

Tab. 18: Unfall- und Stau-Schwellenwerte für die Wirtschaftlichkeitsabschätzung geplanter Taumittelsprühanlagen

auf Brücken schon bei vergleichsweise niedrigen Unfall- und Stauzahlen von rund einem vermiedenen Stau und einem vermiedenen Unfall im Jahr ein Wirtschaftlichkeitsfaktor erwartet werden kann, der größer als 1 ist.

2. Kosten-Nutzen-Abschätzung und Wirksamkeitskontrolle

Es wird empfohlen, genauere Erhebungen der Stau- und Unfallsituation vor und nach Installation einer TMS vorzunehmen. Von Beginn der Planung bis zur Inbetriebnahme vergehen oft mehrere Jahre. Schon zu Beginn der Planungsphase sollte mit den Stau- und Unfallbeobachtungen begonnen werden. Zu einem Vergleich der Vorher- und Nachher-Situation sollte mindestens der gleiche Zeitraum nach Einbau der Anlage beobachtet werden. Das wird in den Hinweisen [3] zwar im Kapitel 5.3 auch deutlich gewünscht, wird aber in der Praxis oft vernachlässigt.

Die Stau- und Unfallbeobachtung sollten durch die zuständige Autobahn- oder Straßenmeisterei in Zusammenarbeit mit der zuständigen Polizeidienststelle auf der Basis gegenseitiger Benachrichtigung bei Unfällen und Staus aufgrund winterlicher Bedingungen im geplanten Bauabschnitt bzw. späteren Streckenabschnitt der TMS geschehen.

In der amtlichen Unfallstatistik treten oft Unschärfen hinsichtlich der Unfallursache auf. Besonders gravierend ist aber, dass Unfälle mit leichtem Sachschaden ohne Personenschaden, die erfahrungsgemäß den größten Teil (in dieser Abschätzung 57 %; siehe Bild 1) aller Unfälle abdecken, nicht mehr mit Unfallort, Unfallzeitpunkt und Unfallursache erfasst werden. Bei leichtem Sachschaden wird lediglich eine Strichliste zur Ermittlung der Gesamtzahl bei der Polizei geführt. Diese Unschärfe sollte während der Zeitdauer der Beobachtung ausgeschaltet werden.

Auch die betriebswirtschaftlichen Kosten und Nutzen sollten von Seiten der zuständigen Meisterei über die Planungsphase vor Installation und den gleichen Zeitraum danach so genau wie möglich erfasst werden. Im Bereich der Kosten sollten auch die Personalkosten für Wartungsarbeiten und die Kosten für Elektrizität und Wasserversorgung in diese Daten mit einfließen. Um den betriebswirtschaftlichen Nutzen besser ermitteln zu können, sollte die Meisterei

über jeden Sondereinsatz an der exponierten Stelle genau Buch führen.

3. Modernisierungskosten

Die Modernisierungskosten werden nach den Hinweisen unter laufende Kosten abgerechnet. Sie sollten aber nicht den Betriebskosten, sondern den Investitionskosten zugeschlagen werden, da sie oft von erheblichem Umfang sind und daher auch über einen theoretischen Zeitraum von 15 Jahren vom Zeitpunkt der Modernisierung abgeschrieben werden müssen.

4. Sensorik der Glättemeldeanlagen

Alle in der Bundesrepublik installierten stationären Anlagen sind mit einer oder mehreren Glättemeldeanlagen ausgerüstet. Neben der Möglichkeit, Sprühungen manuell auszulösen, wird die TMS größtenteils über die Meldungen der GMA gesteuert. Die Sensorik dieser Glättemeldeanlagen ist aber hinsichtlich ihrer Genauigkeit, was die Messung der Gefriertemperatur betrifft, stark verbesserungsbedürftig. Dies wurde in mehreren BAST-Untersuchungen von BADEL [8, 9] immer wieder festgestellt. Bei der Ausstattung einer Taumittelsprühanlage mit Glättemeldeanlagen sollten daher bei der Ausschreibung für die Sensorik genaue Kriterien an die Messgenauigkeit festgelegt und entsprechend geprüft werden.

5. Ausschließliche Verwendung von NaCl-Lösung als Taustoff

Es sollte die Empfehlung gegeben werden, für den Betrieb von TMS ausschließlich NaCl-Lösung als flüssigen Taustoff zu verwenden. NaCl hat gegenüber CaCl_2 -Lösungen keine wesentlichen Nachteile bis zu einer Gefriertemperatur von $-15\text{ }^\circ\text{C}$. Erst bei tieferen Temperaturen schmilzt CaCl_2 -Lösung noch deutlich größere Mengen Eis [14]. Diese tiefen Temperaturen in Verbindung mit Nässe auf der Fahrbahn sind in Deutschland selten.

Ein großer Nachteil von CaCl_2 -Lösung gegenüber dem NaCl liegt allerdings darin, dass bei der Abtrocknung der Fahrbahn das in der Kristallstruktur des CaCl_2 fixierte Wasser nicht verdunstet. Auf der Fahrbahn bleibt eine, je nach CaCl_2 -Lösungskonzentration mehr oder weniger starke Schicht CaCl_2 -Hexahydrat zurück. Diese chemische Verbindung kann einen Schmiereffekt hervorrufen. Je nach Stärke der $\text{CaCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -Schicht kann dadurch die Griffbarkeit der Fahrbahn deutlich abnehmen [15].

In der Vergangenheit ist es in einigen Fällen zu Unfällen gekommen, weil Verkehrsteilnehmer bei trockener Fahrbahn auf den CaCl_2 -Rückständen auf der Fahrbahn ins Rutschen geraten waren. Dies kann bei der Verwendung von NaCl-Lösung als Taustoff nicht mehr geschehen.

6 Technische Neuerungen

6.1 Mikro-FAST

Mikro-FAST (Fixed Automated Spray Technology) ist eine Neuentwicklung der Firma Boschung. Nach Auskunft der Herstellerfirma liegt der größte Vorteil dieser neuen Technik darin, dass die Investitionskosten für den Betreiber um ca. 1/3 gesenkt werden können und der Wartungsaufwand geringer wird.

Die Sprühdüsen sind nicht mehr wie bei den bisher üblichen Anlagen in Abständen von durchschnittlich 16 Metern am Fahrbahnrand an den Pfosten der Schutzplanke montiert oder als Sprühteller in den Asphalt des Seitenbereiches eingelassen, sondern als Sprühprofil in Strängen von 100 Meter Länge, die im Abstand von 5 Metern Sprühköpfe aufweisen, in der Mitte der Fahrbahn unter Flur mittels Vergussmasse in der Fahrbahndecke fixiert. Die Sprühkopfventile können leicht und schnell ausgewechselt werden und die Zahl der Magnetventile zur Druckregulierung ist auf eines pro 100 m Sprühstranglänge reduziert, statt wie bisher eines alle 32 m. Durch die kleinen Einbaumaße von 40 mm Tiefe und 10 mm Breite kann das Sprühprofil auch auf Brückenplatten oder Betonplatten mit Bewehrung eingebaut werden. Durch die wesentlich höhere Anzahl der Düsen an den Sprühsträngen kommt es zu einer besseren Verteilung der Lösung auf der Fahrbahn und die Sprühungen sind so fein und niedrig, dass sie vom Verkehrsteilnehmer kaum noch wahrgenommen werden. Die Sprühzeiten sind zwischen 30 Sekunden und 3 Minuten variabel einstellbar [10].

Diese neue Technik wird bisher in der BRD nur auf der Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal bei Münster und am Bielefelder Berg eingesetzt. Von den zuständigen Straßenmeistern wird folgende Auffassung vertreten: Zwar sei es bei der „optischen“ Funktionskontrolle während der normalen Streckenkontrolle nicht mehr so ohne weiteres zu sehen, ob die Anlage sprühe, dafür seien die neuen Anlagenteile durch den entschieden niedrigeren

Aufwand an Technik wesentlich weniger störungsanfällig und daher leichter und kostengünstiger zu warten. Die Feinsprühung erreiche durch den feineren Sprühnebel eine gleichmäßigere Grundverteilung der Lösung auf der Fahrbahn; die Verteilung durch den rollenden Verkehr ist nicht mehr in dem Maße erforderlich, wie beim alten System. Häufigere Verstopfung oder höheren Verschleiß durch Abrieb wurden in beiden Anlagen bislang nicht festgestellt.

6.2 Mobile und Mini-Taumittelsprühanlagen (MTS)

Noch vor wenigen Jahren wurden die Begriffe Mini-TMS und Mobile TMS inhaltlich nicht getrennt. Mit beiden Bezeichnungen war eine Taumittelsprühanlage verbunden, die kurzfristig im Herbst ohne großen Aufwand installiert und im Frühling demontiert werden konnte. Nach einer kurzen Erprobungszeit solcher Anlagen wurde jedoch zwischen einer Mobilten TMS und einer Mini-TMS fachlich unterschieden.

Im Autobahnnetz der Bundesrepublik Deutschland konnten mit diesen Anlagen bisher nur wenig Erfahrungen gesammelt werden. Im Herbst 2002 wurde am Frankfurter Kreuz auf der Rampe A 3 in Richtung Basel eine dieser Taumittelsprühanlagen stationiert, weil dort im Zufahrtsbereich – der vom Winterdienst immer erst nach den Hauptstrecken geräumt wird – Staus entstanden. Die Bedienungsanleitung der Herstellerfirma [11] spricht hier von einer „Mobilten Mini-Taumittelsprühanlage“. Die Begrifflichkeit für derartige Anlagen ist immer noch nicht abschließend geklärt. Diese Anlage ist zum Zeitpunkt der Berichtslegung bereits im dritten Betriebswinter im Einsatz. Sie wird deshalb in dieser Untersuchung als Mini-Taumittelsprühanlage bezeichnet, da ihr Einsatzzweck nach dem heutigen Sprachgebrauch und ihrer technischen Ausstattung eher einer Mini-TMS entspricht als einer Mobilten TMS. Sie könnte sogar aufgrund ihrer Länge von 318 m als normale stationäre TMS bezeichnet werden. Da sie aber zum jetzigen Zeitpunkt sowohl hinsichtlich Steuerung und Ausstattung mit GMA als auch Tankkapazität diesem Standard nicht entspricht, wird für diese Untersuchung die Bezeichnung „Mini-TMS“ beibehalten. Sie ist die einzige Mini-TMS im deutschen Autobahnnetz.

Im Winter 2003/2004 wurde eine Mobile TMS als Pilotanlage auf der A 4 in westlicher Richtung zwi-

schon TR Herleshausen und AS Wommen innerhalb einer Baustelle eingerichtet und ihre Wirkungsweise im Rahmen einer Pilotstudie der Universität Karlsruhe im Auftrage des BMVBW untersucht [12].

6.2.1 Anlagenbeschreibung und Wirksamkeit

Mobile Taumittelsprühanlage

Allgemeines, Zweck der Anlage

Bei einer Mobilten Taumittelsprühanlage handelt es sich (nach neuester Definition) um eine Anlage, die ohne größeren technischen Aufwand und mit geringen finanziellen Aufwendungen für kurze Zeitabschnitte installiert werden kann. Mobile Anlagen können überall dort zum Einsatz kommen, wo vorübergehend Glättefallen entstehen oder der konventionelle Winterdienst auf Grund einer eingeschränkten Verkehrsführung nicht ordnungsgemäß oder zeitgerecht durchgeführt werden kann. Im Laufe des Winters 2003/2004 wurde eine Mobile TMS als Pilotanlage auf der A 4 in westlicher Richtung zwischen TR Herleshausen und AS Wommen im Verschwenkungsbereich der Mittelstreifenüberfahrt am Beginn einer Arbeitsstelle längerer Dauer eingerichtet.

Technische Einzelheiten

Im Rahmen des Pilotprojektes wurden für diese mobile Anlage auf der A 4 Standardteile einer normalen stationären TMS verwendet. Zur Stromversorgung wurde eine 400 m lange aufgeständerte 380-Volt-Zuleitung gelegt, die mit 16 A abgesichert war. Die Mobile Taumittelsprühanlage hatte eine Gesamteinsatzlänge von 120 m. Sie konnte von 2 Personen in zwei Tagen auf- und abgebaut werden. Der 550-Liter-Tank für die Lösung und die Pumpstation wurden in einem auslaufsicheren doppelwandigen Streugutbehälter untergebracht. Die Anlage wurde mit 11 Sprühköpfen im Abstand von 10,4 m installiert. Für einen gleichmäßigen Druckaufbau wurden Zwischendruckspeicher zwischengeschaltet. Die Sprühköpfe wurden neben drei Normalstrahldüsen zusätzlich mit einer Breitstrahldüse ausgestattet, die ein feineres und breiteres Verteilungsbild hat, sodass die gesamte Fahrbahnbreite im Baustellenbereich gleichmäßig eingesprüht werden konnte. Die Auslösung der TMS wurde per Funkfernbedienung gesteuert, um die Mobilität nicht durch aufwändige Steuereinrichtun-

gen einzuschränken. Die Auslösung erfolgte durch den Fahrer des Winterdienstfahrzeuges von der Gegenfahrbahn aus [12]. Als Taumittel wurde eine 22%ige Magnesiumchloridsole verwendet.

Im Rahmen einer begleitenden Studie der Universität Karlsruhe [12] wurden Verkehrsablauf und Fahrerverhalten beobachtet und mit Hilfe von Videoaufzeichnungen sowohl während der Taumittelsprühungen als auch außerhalb des Anlagenbetriebes vergleichend analysiert. Darauf wird aber mit Hinweis auf die Zielsetzung dieser Untersuchung nicht näher eingegangen.

Praktische Erfahrungen der AM

Nach anfänglichen Problemen kam die Anlage nur zweimal zum Einsatz, sodass zwar ein positiver erster Eindruck gewonnen wurde, jedoch keine Erfahrungen über einen längeren Zeitraum vorliegen.

Mini-Taumittelsprühanlage

Allgemeines, Zweck der Anlage

Bei Mini-Taumittelsprühanlagen wird zwar ebenfalls nur ein kurzer Streckenabschnitt anlagentechnisch ausgestattet, im Gegensatz zu einer Mobilien Taumittelsprühanlage handelt es sich aber um eine dauerhafte (mehrjährige) Installation, die um weitere Elemente wie eine Glättemeldeanlage oder eine automatisierte Anlagensteuerung erweitert werden kann. Mini-Taumittelsprühanlagen sind im Bereich der Autobahnen insbesondere an extrem glättegefährdeten Rampen von Anschlussstellen empfehlenswert [12].

Technische Einzelheiten

Der Umfang einer Mini-TMS ist nach CYPRA [12] auf Grund des limitierten Taumittel tanks auf max. 10 Düsen beschränkt. Mit zusätzlichen Tanks kann aber die Anzahl der Ventile erhöht werden. Die Sprühung kann sowohl manuell vor Ort oder über eine Fernbedienung als auch automatisch über eine Außenmessstelle (AMS) erfolgen. Als Standort für die Pumpstation eignet sich eine Stelle mit festem Untergrund, der ein sicheres Aufstellen ermöglicht. Der Lagerbehälter fasst 550 Liter. Die Pumpstation benötigt einen mit 16 A abgesicherten 380-V-Stromanschluss. Dieser Anschluss sollte zusätzlich mit einem FI-Schutzschalter abgesichert sein.

Die Anlage im Frankfurter Kreuz verfügt über drei auslaufsichere, doppelwandige Tanks von jeweils 550 Litern Fassungsvermögen, die etwa in 50 Meter Entfernung von der Anlage im Freien aufgestellt sind. In einem dieser Tanks, die von außen wie Streugutbehälter aussehen, ist zusätzlich die Pumpe untergebracht. Die Anlage ist 318 m lang, verfügt über 33 Sprühhöpfe und ist nicht mit einer Glättemeldeanlage ausgerüstet, sondern zurzeit so geschaltet, dass sie lediglich vom Streufahrzeug während der Streuung der Hauptrichtungsfahrbahnen über kurze Distanz per Funkfernsteuerung ausgelöst werden kann.

Praktische Erfahrungen der AM

Der größte Vorteil der Anlage besteht im Zeitgewinn. Die Parallelsuren im Frankfurter Kreuz werden immer erst zum Schluss, nachdem die beiden Hauptrichtungsfahrbahnen gestreut bzw. geräumt sind, von den Streu- bzw. Räumfahrzeugen bedient. Besonders auf der Rampe A 3 in Richtung A 5 Basel, die von beiden Seiten mit Betongleitwänden bestückt ist und sowohl eine Steigung als auch eine Kurve aufweist, kam es bis zu diesem Zeitpunkt immer wieder zu Staubildungen, die den konventionellen Winterdienst noch zusätzlich behinderten. Dieses Problem taucht nach Einbau einer TMS in diesem Bereich nicht mehr auf.

Für die zuständige AM wird durch die TMS der Winterdienst nicht billiger, sondern eher teurer, da auf die normale Streuung bzw. Räumung der Parallelspur nicht verzichtet werden kann. Durch den zeitlichen Vorteil beim Winterdienst und den weitgehend ungestörten Ablauf des Verkehrs ist dieser Aufwand nach Ansicht der zuständigen Meisterei aber gerechtfertigt.

In den ersten beiden Betriebswintern stand der Rechner, der Störungen und Ausfälle der Anlage anzeigt, im Amt für Straßen- und Verkehrswesen in Wiesbaden, sodass der Straßenwärter vor Ort über Funktionsprobleme an der Anlage oft nicht oder zu spät Kenntnis erlangte. Seit dem Winter 2004/2005 steht der Rechner in der Meisterei Rüsselsheim und im Ernstfall können Störungen schneller behoben werden.

Es treten immer wieder Beschädigungen der Anlage durch Unfälle auf. Die Sprühdüsen befinden sich oben auf den Betongleitwänden und werden, wenn diese bei einem Unfall (ganzjährig) touchiert werden, oft abgeschert. Ein Ausfall der Anlage wäh-

rend des Winters ist insofern problematisch, als die Anlage nach dem Auslösen erst zeitverzögert – nach ausreichendem Druckaufbau – zu sprühen beginnt, sodass die ordnungsgemäße Funktion oder ein Geräteausfall vom auslösenden Fahrer nicht beobachtet werden können. Erst wenn beim späteren Abstreuen der Rampe der Einsatzfahrer eine Fehlfunktion vermutet, kann der Autobahnmeister dies vor Ort überprüfen. Die Reparatur erfolgte jeweils durch den Hersteller.

6.2.2 Wirtschaftlichkeit

Der jeweilige Nutzen einer mobilen bzw. einer Mini-TMS wird prinzipiell nach den gleichen Parametern beurteilt wie der einer stationären TMS. Hinzu kommen möglicherweise örtliche Besonderheiten wie beispielsweise die Verkehrsführung innerhalb einer Baustelle oder der zeitliche Ablauf des konventionellen Winterdienstes innerhalb eines Autobahnknotenpunktes. In der Untersuchung von CYPRA [12] findet sich eine Kostenaufstellung für beide Systeme (Tabelle 19).

Um eine Vorstellung von der Wirtschaftlichkeit einer Mini-TMS oder einer Mobilten TMS zu erhalten, wird der Gesamtbetrag der kalkulatorischen Kosten und der Betriebskosten aus Tabelle 19 durch den Kostensatz [6] für Unfälle mit leichtem Sachschaden (5.857 €) dividiert. Unfälle mit leichtem Sachschäden sind die Unfälle, die am häufigsten auf Grund winterlicher Glätte geschehen.

Im Ergebnis würde eine Mini-TMS bereits bei 3,8 vermiedenen Unfällen mit leichtem Sachschaden, also rund 4 Unfällen pro Winter, einen Wirtschaftlichkeitsfaktor von > 1 aufweisen. Bei den wesentlich kostengünstigeren Mobilten Taumittelsprühanlagen liegt die Wirtschaftlichkeitsschwelle bereits bei 1,2 vermiedenen Unfällen mit leichtem Sachschaden. Bei zwei vermiedenen Unfällen pro Win-

Kosten pro Winter	Mini-Taumittel-sprühanlage	Mobilten Taumittel-sprühanlage
Abschreibungsdauer in Jahren	15	15
Abschreibung in €/a	10.479	3.209
Verzinsung in €/a	3.930	1.204
Reparatur- und Wartungskosten in €/a	7.859	2.407
Summe der kalkulatorischen Kosten und der Betriebskosten	22.268	6.820

Tab. 19: Kosten pro Winter für Mobilten und Mini-Taumittelsprühanlagen (Quelle: Boschung Mecatronic in [12])

ter arbeitete die Anlage deutlich im positiven Bereich.

Bei Unfällen mit schwerem Sachschaden (13.556 €) genügen zwei vermiedene Unfälle pro Winter bei Mini-TMS und einer pro zwei Winter bei mobilten TMS, um die Anlage wirtschaftlich zu betreiben.

7 Diskussion und Schlussbewertung

Aus der Sicht der mit dem Winterdienst betrauten Personen gibt es ein starkes Argument für den Betrieb von Taumittelsprühanlagen: Zeitgewinn. Natürlich sind alle Meistereien in der Lage, durch konsequente Intensivierung des konventionellen Winterdienstes die Verkehrsgefährdung, die sich aus den beiden klassischen Einsatzfällen für Taumittelsprühanlagen – Glatteisfallen auf Brücken und festgefahrene Schneedecken an Steigungsstrecken – ergeben, auch mit dem herkömmlichen Streu- und Räumdienst abzufangen.

Dies geht allerdings nicht ohne einen erheblichen Mehraufwand an Personal- und Gerätekosten. Um den durch die Taumittelsprühanlage gewonnenen Zeitvorteil bei einem Ersteinsatz auch mit herkömmlichen Mitteln wettzumachen, muss nicht nur der Bereitschaftsdienst wesentlich intensiviert und eine große Anzahl von Kontrollfahrten und Sonder-einsätzen durchgeführt werden, es werden zum Teil Stützpunkte in der Nähe der Einsatzstellen und in Einzelfällen sogar provisorische Betriebsumfahrten für die Streufahrzeuge eingerichtet.

Eine Taumittelsprühanlage hilft vor allem, das Unfall- oder Staurisiko deutlich zu senken. Selbst bei einem außergewöhnlich gut funktionierenden konventionellen Winterdienst können die Winterdienstverantwortlichen nicht so schnell reagieren wie eine Taumittelsprühanlage vor Ort. In beiden Einsatzfällen – plötzlicher Schneefall auf der Steigungs- bzw. Gefällestrecke oder frühzeitige Glättebildung im Brückenbereich – liegt der Hauptvorteil einer Taumittelsprühanlage in der kurzen Reaktionszeit. Es muss nicht erst ein Streufahrzeug vom Meistereigehöft zur Einsatzstelle fahren. In der dafür benötigten Zeit könnte bereits ein Unfall passiert oder ein Stau entstanden sein. Dieses Risiko wird durch die Anlage minimiert.

Zum Glück sind derartig folgenschwere Unfälle bei winterlichen Straßenverhältnissen relativ seltene

Einzelereignisse, sodass sie in einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nur geringen Eingang finden [4].

Für den Praktiker vor Ort stellt zunächst sich die Frage nach der Wirksamkeit. Bei allen bewertbaren Anlagen sind die Unfälle nach Installation der Anlage zurückgegangen und dies, obwohl in vielen Fällen die Streckenabschnitte schon vorher besonders intensiv betreut wurden.

Wie für andere Investitionen der öffentlichen Hand ist auch für die Installation einer Taumittelsprühanlage eine Beurteilung der Wirtschaftlichkeit notwendig. Dabei wird im volkswirtschaftlichen Teil – der bedeutendsten Einflussgröße – die Anzahl der Unfälle und Staus vor der Installation mit denen danach verglichen. Dies hat zur Folge, dass eine Taumittelsprühanlage umso „unwirtschaftlicher“ wird, je besser die zuständige Meisterei den konventionellen Winterdienst durchführt. In vielen Fällen kann aber auch bei rein betriebswirtschaftlicher Betrachtung die Einsparung der zusätzlichen Kosten für den erhöhten Aufwand des konventionellen Winterdienstes an diesen besonders exponierten Streckenabschnitten eine Taumittelsprühanlage rentabel machen.

Ohne Berücksichtigung der Staukosten arbeiten fünf Anlagen nicht wirtschaftlich, davon aber zwei knapp unterhalb der Wirtschaftlichkeitsschwelle. Bei Berücksichtigung der hypothetischen Staukosten steigt der Wirtschaftlichkeitsfaktor dieser beiden in den positiven Bereich. Dieses Ergebnis kann auch als Indiz dafür gelten, dass die zuständigen Meistereien auch vor Installation der Anlagen an diesen kritischen Stellen ihre Verkehrssicherungspflicht im Winter – wenn auch mit hohem Aufwand – erfüllt haben.

Für die Zukunft kann durch die Verwendung kostengünstigerer Technik schon bei vergleichsweise geringeren Stau- und Unfallzahlen – besonders auf Brücken – ein wirtschaftlicher Betrieb derartiger Anlagen erwartet werden.

8 Zusammenfassung

Zwischen 1982 und 2003 wurden in der Bundesrepublik 16 Taumittelsprühanlagen installiert. Planung, Bau und Betrieb dieser Anlagen wurden seither von der Bundesanstalt für Straßenwesen im Auftrage des BMV bzw. des BMVBW mit Untersuchungen begleitet [1; 2]. Zwölf dieser Anlagen befinden sich auf Brücken, vier an Steigungs- bzw. Gefällestrecken. Vier Anlagen (sämtlich Brückenan-

lagen) befinden sich auf Bundesstraßen, zwölf auf Bundesautobahnen. Von diesen 16 Anlagen sind noch 15 in Betrieb. Die älteste Anlage – die Hangbrücke Schellenberg – wurde 2003 nach 21 Betriebsjahren stillgelegt.

Für den Bau dieser Anlagen waren zwei winterliche Gefährdungspotenziale ausschlaggebend. An Steigungs- bzw. Gefällestrecken bilden sich bei plötzlichem starkem Schneefall in kurzer Zeit festgefahrene Schneedecken, die besonders von Lkw auf den Steigungen nicht mehr befahren werden können. Es bilden sich Staus. Auf Stahlbrücken bildet sich aufgrund der höheren Wärmeleitfähigkeit des Stahls häufig schon zu einem früheren Zeitpunkt lokal begrenzte Eis- oder Reifglätte, während die angrenzenden Streckenabschnitte noch eisfrei sind. Diese Glatteisfallen verursachen Unfälle.

In beiden Fällen ist es von hoher Wichtigkeit, dass die zuständige Meisterei schnell handelt. Durch die TMS vor Ort kann sofort Taustoff auf die Fahrbahn ausgebracht werden, der an Steigungen den Schnee bis zum Eintreffen der Streu- und Räumfahrzeuge räumfähig hält und auf Brücken das Eis auftaut.

Alle Anlagen sind wirksam. Sie können den konventionellen Winterdienst in dieser Weise partiell sinnvoll ergänzen, ihn aber nicht ersetzen. Die Streckenabschnitte, in denen sich die Taumittelsprühanlagen befinden, zeigten vor deren Einbau Unfallauffälligkeiten. Die Zahl der Unfälle ist nach Installation einer Taumittelsprühanlage überall deutlich zurückgegangen. Fast alle der zuständigen Straßenmeister äußern sich überwiegend positiv zu den von ihnen betreuten Anlagen.

Für eine genaue Wirtschaftlichkeitsberechnung war die Datenlage zu unsicher. Es konnte lediglich – wie schon in den Voruntersuchungen – eine Schätzung durchgeführt werden. Auf der Basis der vorliegenden Kosten- und Nutzen-Daten konnte von insgesamt 16 Anlagen die Wirtschaftlichkeit von 13 Anlagen beurteilt werden. Davon konnten zwölf Taumittelsprühanlagen positiv eingeschätzt werden.

Auf der Kostenseite wurden alle investiven Kosten sowie alle Betriebskosten in die Schätzung einbezogen. Auf der Nutzenseite wurden sowohl betriebswirtschaftlicher als auch volkswirtschaftlicher Nutzen abgeschätzt. Dies sind auf der betriebswirtschaftlichen Seite vor allem eingesparte Sondereinsätze und Kontrollfahrten und auf der volkswirtschaftlichen Seite im Wesentlichen vermiedene Unfälle und Staus.

Für die Unfallsituation lagen für die meisten Anlagen mehr oder weniger vollständige Zahlen vor, für die Staus gab es so gut wie keine dokumentierten Beobachtungen, sodass für die Schätzung von einer begründeten Annahme ausgegangen wurde. Der Kosten-Nutzen-Vergleich wurde einmal ohne und einmal inklusive hypothetischer Staukosten durchgeführt.

Die Wirtschaftlichkeitsfaktoren (F_w) bewegen sich ohne Berücksichtigung der Staukosten zwischen 0,19 und 2,63, wobei drei Werte deutlich < 1 sind und zwei dicht unterhalb der Rentabilitätsschwelle liegen. Bei Einbeziehung der Staukosten liegt die Bandbreite zwischen 0,26 und 6,47 und ebenfalls drei Werte sind < 1 .

Die Anlagentechnik des immer noch einzigen Anbieters in Deutschland befindet sich auf dem neuesten Stand. Technische Neuerungen gibt es im Bereich der Sprühtechnik. Die neu entwickelten Micro-FAST-Sprühstränge haben eine höhere Anzahl von Sprühdüsen und damit ein feineres und gleichmäßigeres Sprühbild bei einem gleichzeitig geringeren technischen Aufwand und können nach Angabe des Herstellers die Investitionskosten um rund ein Drittel senken. Im Bereich der Betriebskosten können Einsparungen bei der Wartung und den Reparaturkosten erwartet werden.

Seit 2002 werden kurze Mini- oder mobile Sprühanlagen angeboten, die – wenn auch weniger aufwändig in ihrer Ausstattung – für den gleichen Einsatzzweck wie stationäre Anlagen gedacht sind. Erste positive Trends sind erkennbar.

Für die „Hinweise für Planung, Bau und Betrieb von Taumittel-Sprühanlagen (TMS)“ ergibt sich in fünf Punkten Diskussionsbedarf: genauere Erfassung der Stau- und Unfalldaten sowie der Betriebskosten in den Jahren vor und nach Installation einer (geplanten) Anlage; Kriterien für die Bedarfsermittlung sollten aus den Erfahrungen der bestehenden 16 Anlagen in Form von Faustzahlen für den Grad der Längsneigung, die Unfall- und Stauhäufigkeit sowie den zu erwartenden Wirtschaftlichkeitsfaktor abgeleitet werden; Modernisierungskosten sollten den Investitionskosten zugerechnet und entsprechend beschrieben werden; für die Sensorik der angeschlossenen Glättemeldeanlagen sollten genaue Anforderungen formuliert und entsprechend geprüft werden und es sollte empfohlen werden, nur noch NaCl als Taustoff in TMS zu verwenden.

9 Literatur

- [1] WIRTZ, H., MORITZ, K.: Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen, Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V3, 1993
- [2] MORITZ, K., BREITENSTEIN, J.: Wirksamkeit von Taumittelsprühanlagen, Bundesanstalt für Straßenwesen, Zwischenbericht, 1988
- [3] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Hinweise für Planung, Bau und Betrieb von Taumittel-Sprühanlagen TMS, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 1995
- [4] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen EWS, 1997
- [5] Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen: Volkswirtschaftliche Kosten der Personenschäden im Straßenverkehr, Stand 2003, bisher unveröffentlicht
- [6] Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen: Volkswirtschaftliche Kosten der Sachschäden im Straßenverkehr, Stand 2003, bisher unveröffentlicht
- [7] Landesbetrieb Straßenbau NRW: Kostensätze, Stand 2004 (persönliche Mitteilungen)
- [8] BADEL, H.: Praxisgerechte Anforderungen an Glättemeldeanlagen (GMA), Bundesanstalt für Straßenwesen, Schlussbericht zum AP-Projekt 92 715, 1996, unveröffentlicht
- [9] BADEL, H.: Modell zur Glättewarnung im Straßenwinterdienst, Bundesanstalt für Straßenwesen, Schlussbericht zum AP-Projekt 99 652, 2003, unveröffentlicht
- [10] Boschung Mikro-FAST: Die revolutionäre Taumittelsprühtechnologie, Broschüre, 2004
- [11] Boschung: Bedienungsanleitung für Mobile Mini-Taumittelsprühanlagen, 2002
- [12] CYPRA, Th., ZIMMERMANN, M.: Optimierung des Winterdienstes auf hochbelasteten Autobahnen, Schlussbericht zum Projekt FE 03.343/2001/HGB, Karlsruhe, 2005, noch nicht veröffentlicht

- [13] BMVBW : Maßnahmenkatalog zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Straßenbetriebsdienstes MK6a, Bonn, Ausgabe 2004
- [14] BADEL, H., GÖTZFRIED, F.: Wirksamkeit verschiedener Tausalze, Straßenverkehrstechnik, Oktober 2003
- [15] KAMPLADE, J., SIEVERT, H.: Fahrbahngriffigkeit bei der Verwendung von Calciumchlorid-Lösung in Taumittelsprühanlagen, Forschungsbericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, 1989
- [16] NIEBRÜGGE, L.: Kriterien für die Bedarfsermittlung von Taumittelsprühanlagen (TMS) und Kosten-Nutzen-Analyse, Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen, Münster 2003, internes Arbeitspapier, unveröffentlicht
- [17] SCHÜTZ, U.: Kostenkalkulation für die Installation zweier TMS; Fa. Boschung, Persönliche Mitteilungen, Essen 2005
- [18] BAUMANN, D., DUMONT, A.-G.: Die Evaluation von automatischen Taumittelsprühanlagen, Straße und Verkehr, Heft 11, 2004

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
Philippis, 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, Dobschinsky, 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 Fahrbahnanhebung
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, Wulforth, 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
Kühen € 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: PM₁₀-Emissionen an Außererststraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM₁₀-Konzentrationen aus Messungen an der A1 Hamburg und Ausbreitungsberechnungen
Düring, Bössinger, Lohmeyer € 17,00
- V 126: Anwendung von Sicherheitsaudits an Stadtstraßen
Baier, Heidemann, Klemp, 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
Hübelt, Schmid € 17,50
- 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
- V 136: Erhebung der individuellen Routenwahl zur Weiterentwicklung von Umlegungsmodellen
Wermuth, Sommer, Wulff € 15,00
- V 137: PM_x-Belastungen an BAB
Baum, Hasskelo, Becker, Weidner € 14,00
- V 138: Kontinuierliche Stickoxid (NO_x)- und Ozon (O₃)-Messwertaufnahme an zwei BAB mit unterschiedlichen Verkehrsparametern 2004
Baum, Hasskelo, Becker, Weidner € 14,50
- V 139: Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen
Wirtz, Moritz, Thesenvitz € 14,00

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
Internet: www.nw-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.