

## Optimierung des Winterdienstes auf hochbelasteten Autobahnen

FA 3.343

Forschungsstelle: Universität Karlsruhe (TH), Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen  
(Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. R. Roos)

Bearbeiter: Zimmermann, M. / Cypria, T.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: März 2005

### 1. Aufgabenstellung

Leistungsfähige Autobahnen bilden das Rückgrat des Verkehrs und somit auch der Wirtschaft. Diese ist immer mehr abhängig von einem jederzeit funktionierenden System Straße. Aufgrund wachsender wirtschaftlicher Verflechtungen in Europa sowie durch die steigende Mobilität hat der Verkehr auf Bundesautobahnen in Deutschland in den vergangenen Jahren stark zugenommen. Damit einhergehend wuchs auch die Zahl der Verkehrsstörungen, was erhebliche volks- und betriebswirtschaftliche Kosten zur Folge hat. Winterliche Fahrbahnbedingungen führen aber auf den hochbelasteten Autobahnen, deren Verkehrsfluss bereits bei normaler Witterung am Rande der Leistungsfähigkeit liegt, trotz des hohen Niveaus des Straßenwinterdienstes innerhalb kürzester Zeit zu erheblichen Verkehrsstörungen bis hin zum totalen Erliegen des Verkehrs. Daher werden an den Winterdienst auf hochbelasteten und besonders störanfälligen Streckenabschnitten von Bundesautobahnen besonders hohe Anforderungen gestellt. Ein erfolgreicher Winterdienst in diesen Bereichen trägt in hohem Maße zur Vermeidung bzw. zumindest Verminderung von winterbedingten Beeinträchtigungen und den damit verbundenen Kosten für den Nutzer bei. Verbunden mit einem frühzeitigen und schnellen Winterdienst werden auch die Verkehrssicherheit erhöht und die betriebswirtschaftlichen ebenso wie die volkswirtschaftlichen Kosten des Güter- und Personenverkehrs durch Reduktion von Unfällen, Zeitverlusten u. a. gesenkt.

Das Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen wurde im Juli 2001 vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen – vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen – mit der Durchführung des Forschungsvorhabens "Optimierung des Winterdienstes auf hochbelasteten Autobahnen" beauftragt. Bei diesem Forschungsvorhaben wurden zwei Ziele verfolgt. Zum einen sollten durch eine verkehrstechnische Untersuchung winterbedingter Staus Größenordnungen der Kapazität von Autobahnquerschnitten bei winterlichen Fahrbahnbedingungen ermittelt werden. Zum anderen wurden einzelne Maßnahmen zur Unterstützung des Winterdienstes auf hochbelasteten Streckenabschnitten als Pilotprojekte in mehreren Autobahnmeistereien untersucht, um mögliche Empfehlungen für die Winterdienstpraxis geben zu können.

### 2. Untersuchungsmethodik

Für die verkehrstechnische Untersuchung wurden von ausgewählten Autobahnmeistereien (freie Strecke und Ballungsraum) in Baden-Württemberg und Hessen während der Winter 2001/02 bis 2003/04 Staus, die das Winterdienstpersonal bei seinen Einsätzen beobachtete, mit zeitlichen und räumlichen

Angaben sowie Staugründen erfasst. Weiterhin gingen für die Kapazitätsermittlung Winterdienst-Einsatzberichte der Autobahnmeistereien, Informationen über Wetter und Fahrbahnzustand, der Höhenverlauf der Untersuchungsstrecken sowie Geschwindigkeits- und Verkehrsstärkedaten von Langzeitzählstellen (Intervalllänge maximal 5 Minuten) ein. Als Grenzkriterium für Stauungen wurde eine mittlere Geschwindigkeit von 30 km/h angenommen. Nach einer kritischen Filterung der angegebenen Stauereignisse, um unfallbedingte Staus, Ereignisse mit Messfehlern oder Ausfällen der Langzeitzählstellen etc. auszuschließen, wurden Geschwindigkeitsganglinien erstellt, um das genaue Zeitfenster des winterbedingten Staus zu ermitteln. Die Daten aus den maßgeblichen Zeitbereichen wurden mit Hilfe von linearen k-v-Diagrammen ausgewertet, um mit diesen die maximale Verkehrsstärke, die der Kapazität entspricht, für die winterbedingten Stauereignisse zu erhalten.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden weiterhin verschiedene Pilotprojekte in einzelnen Autobahnmeistereien im Hinblick auf eine Optimierung der Winterdienstesätze untersucht und in der Praxiserprobung wissenschaftlich begleitet. Dazu wurde der Einsatz eines Hochleistungsfahrzeugs mit Schneepflug und Kehrbläsaggregat für den Winterdienst, der Einsatz einer Mobilen Taumittelsprühanlage im Bereich Baustelle, die Benutzung von blauem Blinklicht mit Einsatzhorn auf Winterdienstfahrzeugen, die Verstärkung des Winterdienstes durch Einsatz eines zusätzlichen Winterdienstfahrzeuges, die Reduktion der Beladungszeiten durch verschiedene Beladungssysteme, die Möglichkeiten einer optimierten Winterdienststeuerung durch eine Winterdienstzentrale, die Nutzung von Betriebsumfahrten im Winterdienst sowie Möglichkeiten der Durchsetzung von temporären Fahrverboten bei extremen Winterereignissen untersucht. Abschließend wurden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zu den untersuchten Maßnahmen zur weiteren Beurteilung durchgeführt.

### 3. Untersuchungsergebnisse

Insgesamt konnten 25 winterbedingte Staus zur Kapazitätsermittlung analysiert werden. Die Auswertungen von winterbedingten Stauereignissen auf der freien Strecke ergaben an Messquerschnitten in Baden-Württemberg Kapazitätsrückgänge zwischen 10 und 60 %; an den Zählstellen in Hessen konnten Kapazitätseinbußen von 35 bis 40 % festgestellt werden. Das Datenkollektiv für die Kapazitätsbetrachtungen im Ballungsraum ist für grundlegende Aussagen zwar noch zu gering, passt sich aber in die Ergebnisse der beiden anderen Strecken der verkehrstechnischen Untersuchung ein. Es ergibt sich insgesamt eine sehr große Bandbreite, was zeigt, dass die Kapazitätsminderung neben der Zusammensetzung des Verkehrs wohl auch sehr stark von der Art und der Intensität des Winterereignisses abhängt. Mit Sicherheit kann aber festgestellt werden, dass winterliche Fahrbahnbedingungen im Mittel einen beträchtlich größeren negativen Einfluss auf die Kapazität von Autobahnquerschnitten ausüben als z. B. Nässe oder Dunkelheit. Dies unterstreicht wiederum die enorme Bedeutung des Winterdienstes, mit dessen Hilfe die Kapazitätsbeeinträchtigungen zumindest gemildert werden können.

Im Hinblick auf die ausgewählten Pilotmaßnahmen zur Optimierung der Winterdienstesätze führten die Untersuchungen zu folgenden Erkenntnissen (b.w.):

In zwei Pilotmeistereien in Hessen und Nordrhein-Westfalen wurden erstmals auf Bundesautobahnen Hochleistungsfahrzeuge mit Schneepflug und Kahrblasgerät, ursprünglich für den Flughafenbetrieb entwickelte Fahrzeuge, im Straßenwinterdienst eingesetzt. Ziel dieser Maßnahme an neuralgischen Streckenabschnitten ist ein durch höhere Räumgeschwindigkeiten schnellerer Winterdienst und ein durch die zusätzliche mechanisch-pneumatische Räumleistung verbessertes Räumbild. Dazu wurden die Räumgeschwindigkeiten und die Räumqualität im Vergleich zu Standard-Winterdienstfahrzeugen sowie die praxisrelevanten Randbedingungen für den Einsatz auf Autobahnen analysiert. Die Auswertung der Fahrtenschreiber ergab eine mittlere Räumgeschwindigkeit von ca. 45 km/h in der Eingewöhnungsphase und 50 km/h ab dem zweiten Winter. Diese Geschwindigkeiten gelten für Räumeneinsätze mit Schneehöhen bis 10 cm. Dieses Winterdienstfahrzeug zeichnet sich neben der hohen Räumgeschwindigkeit durch ein gutes Räumergebnis aus, welches visuell analysiert worden ist. Voraussetzung für ein gutes Räumbild ist aber die optimale Einstellung und Bedienung der Geräte, insbesondere des Kehrblasaggregates im Hinblick auf den Anpressdruck der Kehrwalze sowie die Bürstendrehzahl. Damit sind nach Auswertung der Einsatzfahrten gegenüber herkömmlicher Technik bessere Räumbilder bis hin zur Schwarzräumung möglich. Nach den ersten Erkenntnissen zum Einsatz des Hochleistungs-Kehrblas-Gerätes auf Autobahnen zeigt sich, dass dieses Gerät kein Fahrzeug für den generell flächendeckenden Einsatz im Winterdienst ist, sondern ein hochleistungsfähiges Gerät für den Einsatz an neuralgischen Streckenabschnitten. In Bereichen von solchen neuralgischen Streckenabschnitten, insbesondere Strecken mit hohen Längsneigungen, kann dieses Fahrzeug durch die verstärkte mechanische Schwarzräumung bei gleichzeitig sehr geringen Umlaufzeiten (< 30 Minuten) den Winterdienst optimieren und die Gefahr von winterlich bedingten Staus deutlich reduzieren.

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

Durch Verwendung von blauem Blinklicht und Einsatzhorn (wie Polizei, Feuerwehr, Rettungskräfte) bei Winterdienstfahrzeugen anstelle der gelben Rundumkennleuchte können im Bereich von hochbelasteten Streckenabschnitten im Stauffall eigenständig Räumgassen gebildet und dadurch in der kritischen Phase größere Zeitverluste für den Winterdienst reduziert werden. Bei der Maßnahmenuntersuchung waren vor allem rechtliche Fragestellungen zu klären. Grundsätzlich kann der Einsatz des blauen Blinklichts auf Winterdienstfahrzeugen mit den in der StVO genannten Voraussetzungen in Einklang gebracht werden, wenn durch die zügige Durchführung des Winterdienstes

auch im Fall von Staus zur Vermeidung von Notsituationen durch langanhaltende Staus und damit zur Gefahrenabwehr beigetragen werden kann. Der Einsatz des Blaulichts gilt ausschließlich der Räumgassenbildung, die Winterdienstfahrzeuge sind ansonsten nicht von den übrigen Vorschriften der StVO befreit. Voraussetzung für eine dauerhafte Wirkung des blauen Blinklichts ohne negative Rückkopplungseffekte für Polizei, Rettungsdienste oder Feuerwehr ist jedoch der äußerst restriktive Einsatz dieses Sondersignals durch den Winterdienst. Aus diesem Grunde sind grundsätzliche Auflagen für die Verwendung des blauen Blinklichts genau festzulegen. Somit kann für einen effektiven und schnellen Winterdienst gesorgt werden, wenn in den staukritischen Abschnitten stets ein Fahrzeug mit blauem Blinklicht und Einsatzhorn im Fall von sehr hoher Staugefahr bzw. bei bereits entstandenen Verkehrsstauungen und starken bzw. langanhaltenden Schneefällen hier selbstständig und schnellwirkend Räumgassen bilden kann, ohne auf ein anderes Fahrzeug mit entsprechender Sonderwarneinrichtung warten zu müssen.

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

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

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

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

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

In Nordrhein-Westfalen findet bei den westfälischen Autobahnen durch die Winterdienstzentrale eine grenzüberschreitende Straßenzustands- und Wetterüberwachung statt, die für eine zentralisierte, systematische Winterdienststeuerung für 14 Autobahnmeistereien genutzt wird. Durch die zentrale Koordination hat die Winterdienstzentrale die Möglichkeit, bei extremen Winterereignissen wie lang anhaltenden starken Schneefällen unter Einschätzung der Gesamtwetterbedingungen in den Winterdienst meistereibezirksübergreifend einzugreifen. Bei Bedarf kann die Zentrale Winterdienstfahrzeuge bzw. -geräte sowie Personal derart in Nachbarmeistereien verlagern, dass Unterkapazitäten in den betroffenen Meistereien in kurzer Zeit flexibel ausgeglichen werden können. Zusätzlich kann die Winterdienstzentrale flächendeckend die Funktionen der Glättemeldealagen und Taumittelsprühanlagen überwachen und bei Störungen entsprechende Gegen- und Ersatzmaßnahmen einleiten. Im Rahmen der Untersuchung wurden Optimierungspotenziale einer zentralen im Vergleich zur dezentralen Einsatzkoordination aufgezeigt. Die Praxiserfahrungen mit der Winterdienstzentrale zeigen noch Verbesserungsmöglichkeiten der Winterdienststeuerung durch z. B. vereinfachten Datenaustausch und Kommunikation zwischen Bundesländern auf.

Betriebsumfahrten bieten für den Straßenbetriebsdienst, und insbesondere für den Winterdienst die Möglichkeit, durch die zusätzlichen Wendemöglichkeiten die Einsätze flexibler zu gestalten und die zu betreuenden Autobahnabschnitte schneller zu erreichen. Im Rahmen des Forschungsprojektes konnten entwurfstechnische und betriebliche Voraussetzungen sowie Empfehlungen zum Einrichten von Betriebsumfahrten an Autobahnen zusammengestellt bzw. erarbeitet werden. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass durch Betriebsumfahrten an den richtigen Standorten zum Teil erhebliche Verlustzeiten und damit Kosten eingespart werden können. Durch Reduktion der

Verlustzeiten werden aber auch die Streckenabschnitte frühzeitiger betreut, was in hohem Maße der Verkehrssicherheit und der Qualität des Verkehrsablaufs dient. Die Ausstattung mit Betriebsumfahrten an Autobahnen sollte zukünftig auch verstärkt bei Ausbauplanungen des angeschlossenen nachgeordneten Netzes beachtet und überprüft werden, da beispielsweise beim zweibahnigen Ausbau von Bundesstraßen Wendemöglichkeiten verloren gehen und zusätzliche Rampen betreut werden müssen.

Bei hochbelasteten Autobahnabschnitten mit einem starken Schwerverkehrsanteil sind unter bestimmten Randbedingungen bei Schneeglätte in Folge von starken und lang anhaltenden Schneefällen Eingriffe in den Verkehr zur Sicherstellung des Winterdienstes und damit einer befahrbaren Strecke unvermeidbar. Diese Eingriffe können bis zu temporären Fahrverboten führen. Hierzu wurden neben einer Literaturanalyse Expertengespräche mit verschiedenen Landesstraßenbauverwaltungen, Autobahnmeistereien und Autobahnpolizeidienststellen zu Praxiserfahrungen durchgeführt. Die Anwendung von temporären Fahrbahnsperrungen bzw. temporären Lkw-Fahrverboten kann nicht autark angewendet werden, sondern ist immer im Zusammenhang mit vorausgehenden bzw. begleitenden Maßnahmen und der Zusammenarbeit vieler Einsatzkräfte wie Autobahnmeisterei, Autobahnpolizei, Feuerwehr, THW, Rettungskräfte etc. zu betrachten.

In Tabelle 1 sind die untersuchten Maßnahmen mit den wesentlichen Einsatzkriterien sowie Angaben aus den Kosten-/Nutzenbetrachtungen nochmals zusammengefasst dargestellt. Die aufgeführte Reihung spiegelt dabei keine Wertigkeit der Maßnahmen wider, sondern eine logische Gliederung von Optimierungspotenzialen, die in allen Meistereibezirken geprüft werden sollten bis hin zu Maßnahmen, die nur unter bestimmten Randbedingungen einen hohen Nutzen im Winterdienst erzielen. Alle Maßnahmen dienen ansonsten generell der Optimierung des Winterdienstes auf hochbelasteten und neuralgischen Autobahnabschnitten.

#### 4. Weiteres Vorgehen und Folgerungen für die Praxis

Bisher lagen praktisch keine wissenschaftlichen Ergebnisse zur Kapazität von Autobahnquerschnitten bei winterlichen Fahrbahnbedingungen vor. Die in dieser Untersuchung entwickelte Methodik der Datenerhebung und Auswertung mit Hilfe des k-v-Diagramms hat sich als geeignet erwiesen, erste Größenordnungen zu liefern. Daher sollte das entwickelte Verfahren zur Absicherung der verschiedenen Einflüsse in zukünftigen Untersuchungen vertieft angewendet werden; dabei sind nach Möglichkeit weitere Messquerschnitte anderer Streckenabschnitte einzubeziehen.

Aus den Untersuchungen der ausgewählten Maßnahmen zur Optimierung des Winterdienstes auf hochbelasteten bzw. neuralgischen Autobahnabschnitten wurden Empfehlungen für den praktischen Einsatz abgeleitet. Bei den Pilotprojekten "Mobile Taumittelsprühanlage" und "Temporäre Fahrverbote" wurden auf Grundlage der gesammelten Erkenntnisse weitere Untersuchungen für eine praxistaugliche Durchführung empfohlen.

Für die Praxis können die Empfehlungen, die für die ausgewählten Maßnahmen erarbeitet worden sind, unter Berücksichtigung der örtlichen Randbedingungen in der Organisation und Durchführung des Winterdienstes, insbesondere auf hochbelasteten Autobahnen und bei neuralgischen Streckenabschnitten, einfließen.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Maßnahmen mit wesentlichen Einsatzzielen und-kriterien

Maßnahme	Einsatzziele/-kriterien	Kosten (EUR/a) *	Nutzen (EUR/Winter)
Beladungssysteme	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Optimierung der Beladungsvorgänge (durch Radlader/ Silotechnik, gleichzeitiges Beladen usw.) ist in allen Meistereien zu prüfen,</li> <li>– Minimierung der Ladezeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Radlader: ca. 10.500,–</li> <li>– Silo (150 m<sup>3</sup>): ca. 8.500,–</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reduktion der Verlustzeiten,</li> <li>– Vermeidung winterbedingter Störungen,</li> <li>– volkswirtschaftl. Nutzen gemäß Berechnungsbeispiel in Kap. 5.6.3: 20.000–60.000,–</li> </ul>
Winterdienstzentrale	<ul style="list-style-type: none"> <li>– durchgängige Überwachung der Wetterentwicklung und des Straßenzustandes,</li> <li>– durchgängige zentrale Winterdienststeuerung,</li> <li>– meistereibezirksübergreifende Maßnahmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Einrichtung, Betrieb und Wartung der Zentrale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– hohe Überwachungsgüte und -sicherheit,</li> <li>– großräumige Einsatzsteuerung,</li> <li>– optimierte Einsatzauslösung,</li> <li>– Reduktion der Personalkosten um 50.000–150.000,–</li> </ul>
Blaues Blinklicht und Einsatzhorn	<ul style="list-style-type: none"> <li>– staukritische Autobahnabschnitte,</li> <li>– Schneeräumung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– sehr geringe Investitionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– schnelle Räumgassenbildung im Staufall,</li> <li>– zügigere Stauauflösung</li> </ul>
Zusätzliches Winterdienstfahrzeug	<ul style="list-style-type: none"> <li>– neuralgische Streckenabschnitte (z. B. Steigungs- und Gefällestrrecken, Autobahnkreuze und -dreiecke) bzw. situationsbedingte Einsätze,</li> <li>– Glättebekämpfung, Schneeräumung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zusätzl. Winterdienstfahrzeuge mittels Bundesfahrzeugen oder angemieteten Lkw,</li> <li>– Einsatzkosten für einen zusätzl. Lkw pro Winter ca. 15.000,–</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zielgerichteter Winterdienst/ Schwerpunktbildung,</li> <li>– Reduktion der Umlaufzeiten,</li> <li>– volksw. Nutzen gemäß Berechnungsbeispiel in Kap. 5.5.3: 160.000–230.000,–</li> </ul>
Hochleistungs-Kehrblasgerät	<ul style="list-style-type: none"> <li>– hochbelastete und neuralgische Streckenabschnitte (z. B. Steigungs- und Gefällestrrecken),</li> <li>– intensivierete Schneeräumung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mehrkosten durch Ersatz von zwei Standard-Winterdienstfahrzeugen mit zwei Hochleistungs-Kehrblasgeräten pro Winter ca. 175.000,–</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Schwarzräumung (höherer Kraftschluss etc.),</li> <li>– Kürzere Umlaufzeiten durch hohe Räumgeschwindigkeit,</li> <li>– volksw. Nutzen gemäß Berechnungsbeispiel in Kap. 5.2.6: ca. 900.000,–</li> </ul>
Betriebsumfahrt	<ul style="list-style-type: none"> <li>– neuralgische Streckenabschnitte (z. B. Steigungs- und Gefällestrrecken, Autobahnkreuze und -dreiecke),</li> <li>– Glättebekämpfung, Schneeräumung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– abhängig von bestehender Infrastruktur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reduktion von Leerfahrten,</li> <li>– Verkürzung der Umlaufzeiten,</li> <li>– volksw. Nutzen gemäß Berechnungsbeispiel in Kap. 5.8.5: ca. 230.000,–</li> </ul>
Mini-Taumittelsprühanlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>– glättegefährdete Rampen / Brücken in Autobahnkreuzen und -dreiecken sowie Rampen in AS mit hoher Längsneigung,</li> <li>– Glättebekämpfung, Unterstützung der Schneeräumung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ca. 22.000,– (Länge 200 m, Sprühbreite 8 m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– frühzeitige Glättebekämpfung,</li> <li>– Reduktion einzelner Streueinsätze</li> </ul>
Mobile Taumittelsprühanlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kurze Winterbaustellen, insbesondere bei 3+1-Verkehrsführung,</li> <li>– Glättebekämpfung, Unterstützung der Schneeräumung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ca. 7.000,– (Länge 200 m; Sprühbreite 5 m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– frühzeitige Glättebekämpfung,</li> <li>– Reduktion der Einsatzfahrten</li> </ul>
Temporäres Fahrverbot	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Steigungs- und Gefällestrrecken mit hohem Lkw-Anteil,</li> <li>– extremer Winterdienst (starke und lang anhaltende Schneefälle)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Personal- und Gerätekosten bei Umsetzung im Rahmen von Katastrophenplänen,</li> <li>– ggf. Schaffung von Aufstellflächen für Lkw und Signalisierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vermeidung von Verkehrszusammenbrüchen bzw. Verringerung von deren Auswirkungen</li> </ul>

\* jährliche Kosten gemäß den Berechnungsbeispielen aus Kapitel 5

