



Winterdienst

wirtschaftlich und umweltgerecht



Impressum

Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.

Reinhardtstraße 18A

10117 Berlin

Tel. (030) 847 1069.0

Fax (030) 847 1069.21

E-Mail: info.berlin@vks-kalisalz.de

www.vks-kalisalz.de

Redaktion

Dieter Krüger M.A.

Gestaltung

diepiloten

3. überarbeitete Neuauflage 2010

Inhaltsverzeichnis

1. Der Winterdienst: Eine ständige Herausforderung	5
1.1 Verkehrssicherheit als Auftrag	6
1.2 Leistungsfähigkeit des Straßennetzes	6
1.3 Umweltschutz als Verpflichtung	7
1.4 Wirtschaftlichkeit des Winterdienstes	7
2. Winterdienst in Städten und Gemeinden	8
2.1 Räum- und Streupraxis	8
2.2 Der differenzierte Winterdienst	11
3. Winterdienst auf Außerortsstraßen	14
3.1 Räum- und Streupraxis	14
3.2 Glättemeldeanlagen	15
3.3 Taumittelsprühlanlagen	16
4. Verkehrssicherheit und Wirtschaftlichkeit	18
5. Technischer Fortschritt	22
5.1 Feuchtsalztechnologie	22
5.2 Solestreuerung	26
5.3 EDV-gestützte Optimierung	27
5.4 Straßenwetterinformationssystem (SWIS)	28
5.5 Thermographie	30
5.6 Winterdienst-Management-Systeme	31
5.7 Forschung und Normung	32
5.8 Fahrzeuge, Straßendecken und Bauwerke	36
6. Umweltgerechter Winterdienst	40
6.1 Umweltaspekte	41
6.2 Auswirkungen von Splitt	50
6.3 Ökobilanz von Streustoffen	53
Anhang	
A. Salz: Aus der Erde auf die Straßen	58
B. Taueigenschaft von Salz	60
C. Begriffsbestimmungen Winterdienst	61
D. Anhaltswerte für Streudichten	62
E. Quellenverzeichnis	63





1.

Der Winterdienst: Eine ständige Herausforderung

Umfassende Aktivitäten, hohes Fachwissen und intensiver Arbeitseinsatz sind notwendig, um auch im Winter bei jeder Wetterlage die Verkehrswege zu sichern. Der Winterdienst, der mit umfangreichem Know how und modernster Technik durchgeführt wird, gewährleistet Verkehrssicherheit und Verkehrsfluss auch unter widrigen Witterungsbedingungen. Technische und organisatorische Entwicklungen und Innovationen müssen vorangetrieben werden, um den gestiegenen Anforderungen an den Straßenwinterdienst aus verkehrstechnischer, wirtschaftlicher sowie ökologischer Sicht gerecht zu werden.

Der reibungslose Ablauf des Straßenverkehrs ist für unsere Volkswirtschaft von überragender Bedeutung. Leistungsfähige Straßen bilden das Rückgrat des Verkehrs und somit auch unserer Wirtschaft. Der Güterverkehr auf deutschen Straßen wird bis zum Jahr 2015 um mindestens 50 Prozent und der Personenverkehr um 25 Prozent zunehmen, sagen Verkehrsexperten voraus. Die individuelle Freiheit, zu jedem Zeitpunkt von einem Ort zum anderen zu gelangen, sei es zum Arbeiten, Einkaufen oder zum Erholen, ist darüber hinaus ein wesentlicher Bestandteil unserer Lebensqualität. Für alle Verkehrsteilnehmer ist es selbstverständlich geworden, von Witterungseinflüssen ungehindert mobil sein zu können und jederzeit sicher zu befahrende Verkehrswege vorzufinden. Dieser stetig wachsenden Mobilität muss auch im Winter bei widrigen Straßenverhältnissen begegnet werden. Der Straßenwinterdienst sichert mit seiner Technik und Organisation den reibungslosen Verkehrsablauf. Forschung, Straßenbauverwaltung und Industrie arbeiten ständig an der Optimierung des Winterdienstes, um steigenden Anforderungen gerecht zu werden. Kaum einem Benutzer unserer Straßen ist bewusst, dass sich dahinter ein großer organisatorischer, personeller und finanzieller Aufwand von Seiten der Straßenbauverwaltungen verbirgt.

Versuche, Schnee- und Eisglätte mit alternativen, umweltverträglicheren und dazu noch bezahlbaren Stoffen gleich wirksam wie Auftausalz beizukommen, sind bisher fehlgeschlagen.



1.1 Verkehrssicherheit als Auftrag

Nicht nur im privaten und wirtschaftlichen, sondern auch im öffentlichen Interesse ist es erforderlich, die Straßen im Winter befahrbar zu halten. Es besteht der gesetzliche Auftrag, für verkehrssichere Straßen zu sorgen. Für die Verkehrssicherheit im Allgemeinen und speziell im Winter ist derjenige verantwortlich, der die Straßen gebaut und den Verkehr eröffnet hat, nämlich der jeweilige Straßenbauauftragne. Dies ergibt sich aus der allgemeinen Verkehrssicherungspflicht (Bürgerliches Gesetzbuch/BGB) und dem Bundesfernstraßengesetz, den Straßen- und Straßenreinigungsgesetzen der Länder sowie den Verordnungen und Satzungen der Kommunen.

Daher haben sehr unterschiedliche Verantwortliche diesen Auftrag zur Verkehrssicherheit auf winterlichen Straßen durchzuführen. Auf Bundes-, Landes- und Kreisstraßen

sind die Straßenmeistereien, auf Bundesautobahnen die Autobahnmeistereien und in den Kommunen diese selbst mit ihren jeweils unterschiedlichen Ämtern, z. B. die Stadtreinigung, für den Winterdienst zuständig. Über die Zusammenhänge zwischen Winterdienst und Verkehrssicherheit hat es im Laufe der Zeit verschiedene Forschungsvorhaben gegeben. Dabei zeigte sich, dass auf dem Hauptstraßennetz innerorts sowie an besonders gefährlichen Stellen Auftausalz zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit unverzichtbar ist.

1.2 Leistungsfähigkeit des Straßennetzes

Die Verkehrsinfrastruktur ist ein wesentlicher Standortvorteil für Deutschland. Die Leistungsfähigkeit unserer Straßen muss je nach Bedeutung rund um die Uhr und das ganze Jahr über – auch im Winter – gewährleistet sein. Notdienste, wie Polizei und Feuerwehr, sowie Dienstleis-



tungen, die das öffentliche Leben betreffen, wie Müllabfuhr, Essen-auf-Rädern, Schulbusse u.v.m., sind von der Funktionstüchtigkeit des Straßennetzes ebenso wie der öffentliche Personennahverkehr abhängig.

Um die Straßen auch im Winter leistungsfähig zu halten, ist es erforderlich, die durch Schnee oder Winterglätte auftretenden Behinderungen sowie Gefahren zu vermindern sowie nach Möglichkeit rasch und wirkungsvoll zu beseitigen. Ein effektiver Winterdienst unter Einsatz von Auftausalz ist sicherzustellen, um vor allem die Leistungsfähigkeit von Autobahnen und Landstraßen sowie des Hauptstraßennetzes in den Städten zu erhalten.

1.3 Umweltschutz als Verpflichtung

Zur Beseitigung winterlicher Straßenglätte wird seit Ende der fünfziger Jahre Auftausalz verwendet. Der Schutz der Umwelt wurde auch beim Straßenwinterdienst zur Verpflichtung. Wesentliche Verbesserungen im Sinne des Umweltschutzes, konnten vor allem mit der Entwicklung der Feuchtsalztechnologie, der Einführung EDV-gesteuerter, geschwindigkeitsabhängiger Streutechniken, der verbesserten Straßenwetter-Beobachtung und -Prognose sowie

der Einführung von Winterdienst-Management-Systemen erreicht werden. Der Ausgleich zwischen dem gesetzlichen Auftrag zur Verkehrssicherheit und der Verpflichtung zum Umweltschutz ist eine ständige Herausforderung. Dieser wird durch den Grundsatz „So viel wie nötig, so wenig wie möglich“ Rechnung getragen.

1.4 Wirtschaftlichkeit des Winterdienstes

Auftausalz bewirkt durch eine physikalisch-chemische Umwandlung von Eis und Schnee in Wasser eine dauerhafte Beseitigung der Glätte. Abstumpfende Streustoffe hingegen verbessern nur vorübergehend die Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche und sind bei weitem nicht so effektiv. Bei vergleichbaren Straßen- und Witterungsverhältnissen bedarf es im Vergleich zu Auftausalz der zehn- bis zwanzigfachen Menge an abstumpfenden Streustoffen. Die Reichweite eines Streufahrzeugs ist im Vergleich zu Auftausalz wesentlich geringer, die Streustoffe müssen wieder aufgenommen werden und als Sondermüll auf eine geeignete Deponie verbracht oder mit hohen Kosten gereinigt und recycelt werden. In der Summe ergeben sich damit die fünfzehn- bis zwanzigfachen Kosten pro Kilometer Streustrecke im Vergleich zur Auftausalzanwendung.

2.

Winterdienst in Städten und Gemeinden

Der kommunale (innerörtliche) Winterdienst leitet seinen gesetzlichen Auftrag aus der allgemeinen Verkehrsicherungspflicht (Bürgerliches Gesetzbuch/BGB), den Landesgesetzen und Ortssatzungen ab. Die umfassende Rechtsprechung hat die gesetzlichen Anforderungen präzisiert. In den Städten und Gemeinden befassen sich neben den Verwaltungen auch die kommunalen Parlamente und ihre Ausschüsse mit Fragen des Winterdienstes. Sie beschließen den Haushalt und entscheiden über die Richtlinien zur Durchführung des Winterdienstes. Insoweit unterliegt der Winterdienst auch politischen Entscheidungen.

Die mit dem Winterdienst beauftragten kommunalen Behörden müssen einen umfassenden Bereich abdecken: Er reicht von der Fußgängerzone über Wohnstraßen bis zu Stadtautobahnen und Radwegen. Wegen der unterschiedlichen Anforderungen sind Gerätelpark sowie Organisation aufwändig und kompliziert. Die Sicherheitsbedürfnisse sind von unterschiedlichem Geschwindigkeitsverhalten – z. B. in Ortschaften 50 km/h, in Wohngebieten 30 km/h – abhängig. Weiterhin müssen die Auswirkungen vieler standortspezifischer Einflussgrößen auf das Straßenbegleitgrün berücksichtigt werden. Die Standorte der Straßenbäume sind

oft ständigen Eingriffen ausgesetzt. Abgase, Bodendichtungen, Nährstoffmangel, Trockenheit, mechanische Stamm- und Wurzelschäden durch Verkehr und Baumaßnahmen verschlechtern die Lebensbedingungen der Straßenbäume, so dass auch die Auswirkungen von tauenden und abstumpfenden Streustoffen auf die Bäume in diesem Zusammenhang gesehen werden müssen.

2.1 Räum- und Streupraxis

Die Winterdienstaufgaben in Städten und Gemeinden umfassen auf den öffentlichen Verkehrsflächen die Schneeräumung, die Bekämpfung der Winterglätte und den Abtransport des verkehrsbehindernden Schnees. Unterschiedliche Verkehrssituationen stellen sich im Winter vor allem durch die verschiedenen geographischen und klimatischen Bedingungen ein. So sind freie Strecken, Gefällstrecken oder sonstige Stellen (z. B. Brücken) des Straßennetzes, an denen durch ungünstige Witterungsverhältnisse bevorzugt Winterglätte auftreten kann, besonders gefährlich. Sie fordern den Verkehrsteilnehmer sowie das Personal des Straßenwinterdienstes in besonderem Maße. Hinweise auf mögliche Winterglätte geben die Voraussagen des Wetterdienstes. Da diese Voraussagen sich in der Regel über ein größeres Gebiet erstrecken, sollte unabhän-



Unter ökologischen Gesichtspunkten betrachtet, führt der Einsatz von abstumpfenden Stoffen zu einer deutlich schlechteren Umweltbilanz als bisher angenommen wurde.

gig davon eine eigene kleinräumige Wetterbeobachtung stattfinden. Eine Überwachung des Straßennetzes auf Glättebildung hin ist notwendig, vor allem wenn Unsicherheit über den Witterungsverlauf besteht. So werden regelmäßige Kontrollfahrten immer erforderlich sein.

Der Zeitraum von Räumen und Streuen richtet sich nach dem Verkehrsaufkommen.

Die Winterdienstmaßnahmen müssen morgens so rechtzeitig einsetzen, dass der vor dem allgemeinen Tagesverkehr liegende Hauptberufsverkehr ermöglicht wird. In den Abendstunden endet die Räum- und Streupflicht mit dem Abklingen des allgemeinen Tagesverkehrs. Ein nächtlicher Räum- und Streudienst muss von den Gemeinden nicht durchgeführt werden. Anders stellt sich die Räum- und Streupflicht an Samstagen dar: Dieser Tag ist im Allgemeinen für die Mehrzahl der Bevölkerung arbeitsfrei und dient vornehmlich Einkäufen sowie sonstigen Besorgungen. Dadurch erreicht der Straßenverkehr deutlich später als

an Werktagen seine normale Stärke. Daher kann mit geräumten und abgestreuten Straßen auch entsprechend später gerechnet werden. Gleches gilt auch für Sonn- und Feiertage. Eine Verpflichtung zum Räumen und Streuen ist nicht gegeben, solange durch das Räumen und Streuen wegen anhaltenden starken Schneefalls keine nachhaltige Sicherungswirkung erzielt wird. Der Winterdienst muss erst nach Abschwächung des Schneefalls einsetzen. Bei Glättebildung muss mit dem Streuen erst nach einer angemessenen Zeit begonnen werden. Der Verkehrsteilnehmer kann nicht erwarten, dass überall sofort gestreut wird. Grundsätzlich müssen Gemeinden innerhalb der geschlossenen Ortslage Schnee auf sämtlichen Fahrbahnen und Gehwegen – einschließlich der Radwege – räumen. Allerdings kann das Räumen erst ab einer bestimmten Schneehöhe (3 bis 5 cm) verlangt werden. Die Schneeräumpflicht besteht nur insoweit, als sie nicht auf Anlieger abgewälzt ist. Für Gehwege ist in der Regel durch Ortssatzungen diese Streupflicht weitgehend auf die Anlieger übertragen.



Innerhalb der geschlossenen Ortslage besteht eine Streupflicht der Gemeinden nur für gefährliche und verkehrswichtige Stellen auf Fahrbahnen, für Fußgängerüberwege und für Gehwege; geräumt werden müssen diese Stellen immer.

Der Einsatz der verschiedenen Räumgeräte ist weitgehend von den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Schnee kann mit Schneepflügen oder Schneeräummaschinen geräumt werden. Die Geräte sind in der Regel an ein Trägerfahrzeug (Lkw, Unimog) angebaut. Grundsätzlich muss in einem Arbeitsgang so viel wie möglich geräumt werden. Bei lockerem Schnee oder zusätzlich zum Schneepflug können Kehrbesen, bei Schneehöhen über 50 Zentimeter und bei Schneeverwehungen im freien Gelände können Schneefräsen und Schneeschleudern eingesetzt werden. Effizient ist der Einsatz von Räum-Kehr-Kombinationen, die Vorteile bei lockerem und weichem Schnee haben. Fußgängerbrücken und -stege, Radwege, Treppen, Straßenentwässerungseinrichtungen u. a. können in der Regel nur manuell oder mit besonderen Kleingeräten gereinigt werden.

Nach dem Räumen verbleibende Schneeglätte, Eisglätte und andere Glätte-Arten werden durch das Ausbringen von Streustoffen beseitigt.

In diesem Zusammenhang ist die vorbeugende Streuung zu erwähnen, die zum Einsatz gelangt, wenn mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Glättebildung zu erwarten ist. Auf diese Weise kann Glätte von vornherein vermieden und wesentliche Salzeinsparungen erreicht werden. Streufahrzeuge sind Trägerfahrzeuge zur Aufnahme von Aufsatzstreugeräten bzw. Zugfahrzeuge für Anhängerstreugeräte. Die Art und Größe der Streufahrzeuge richtet sich nach den unterschiedlichen Anforderungen. Für den Einsatz auf Geh- und Radwegen sind Spezialfahrzeuge mit geeigneten Abmessungen erforderlich (in der Regel Anbau von Pflug und Streugerät am Trägerfahrzeug). Streugeräte sind Maschinen, die Taustoffe oder abstumpfende Stoffe in dosierter Menge und vorgewählter Breite gleichmäßig auf Verkehrsflächen verstreuhen. Sie bestehen im Wesentlichen aus dem Streustoffbehälter, einer Streustoffförder- und Dosiereinrichtung sowie dem Streustoffverteiler. Bei Verwendung von Feuchtsalz sind zusätzlich Soletanks



einschließlich Pumpen und Benetzungsanlagen vorhanden. Aber auch reine Soletankfahrzeuge sind im Winterdiensteinsatz.

Die Kommune hat durch eine sachgerechte Organisation des Winterdienstes sicherzustellen, dass die Räum- und Streupflicht ordnungsgemäß erfüllt wird. Hierzu gehört unter anderem die Regelung des Einsatzes durch einen Räum- und Streuplan. Die in der Regel verwendeten Streustoffe sind Auftausalz und abstumpfende Stoffe (Splitt u. a.). Die Anforderungen, die an das Auftausalz gestellt werden, umfassen die Kornzusammensetzung, den Wassergehalt, den Gehalt an tauwirksamer Substanz sowie die Gehalte an natürlichen Begleitstoffen und Antibackmittel. Näheres hierzu regeln die von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen veröffentlichten „Technischen Lieferbedingungen für Streustoffe des Straßenwinterdienstes (TL Streu)“. Die

Auswahl der Streustoffe richtet sich nach den Erfordernissen der Verkehrssicherheit.

2.2 Der differenzierte Winterdienst

Im Rahmen eines differenzierten Winterdienstes wird die Verwendung der Streustoffe nach Verkehrsbedeutung der Straßen, deren Trassierung und dem Einsatzfall empfohlen. Der Einsatz von Auftausalz muss auf allen Straßen erfolgen, auf denen aus Gründen der Verkehrssicherheit und des Verkehrsflusses ein höherer Kraftschluss zwischen Fahrzeug und Fahrbahn erreicht werden muss. Hierzu gehören u. a. Hauptverkehrsstraßen, besondere Gefahrenstellen (z. B. Steigungsstrecken, Brücken) und Durchgangsstraßen.

Auf diesen Strecken besteht eine gesetzliche Streupflicht, der letztlich ohne Haftungsrisiko nur mit dem Einsatz von Salz genügt werden kann. Die mittlerweile



üblichen geringen Streumengen und die modernen Ausbringungsverfahren erlauben eine gezielte und sparsame Salzanwendung. Kritische Belastungen für die Umwelt können so verhindert werden.

Auf allen anderen Straßen, auf denen der Salzeinsatz nicht erforderlich ist, ist grundsätzlich die Nullstreuung zu empfehlen.

Dies bedeutet den vollkommenen Verzicht auf Streustoffe. Diese Strecken sind bei Bedarf zu räumen, wenn die Schneelage die Passierbarkeit der Straßen gefährdet. Die Erfahrungen im Winterdienst der vergangenen Jahre zusammen mit Studien aus Schweiz und Deutschland fanden ihren Niederschlag in dem „Merkblatt für den Unterhaltungs- und Betriebsdienst an Straßen, Teil: Winterdienst, 1997“ (Neu 2010: Merkblatt für den Winterdienst auf Straßen), das von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen in Verbindung mit dem Bundesmini-

ster für Verkehr herausgegeben wird sowie in der Informationsschrift „Differenzierter Winterdienst im kommunalen Bereich“ herausgegeben vom Verband Kommunale Abfallwirtschaft und Stadtreinigung e.V. (VKS im VKU).

Unter ökologischen Gesichtspunkten betrachtet, führt der Einsatz von abstampfenden Stoffen zu einer deutlich schlechteren Umweltbilanz als bisher angenommen wurde. Ebenso ist der Beitrag der Splittstreuung zur Erhaltung der Verkehrssicherheit im Winter gering.

Bereits nach wenigen Fahrzeugüberfahrten werden die abstampfenden Streustoffe an den Fahrbahnrand geschleudert und sind damit wirkungslos. Die Auswirkungen der Salzstreuung auf die Umwelt wurden durch die Studien relativiert. Bei den mittlerweile üblichen geringeren Streumengen und den heutigen Ausbringungsverfahren lässt eine gezielte und sparsame Salzanwendung keine kritischen Belastungen für die Umwelt entstehen.



In diesem Anwendungsrahmen ist Salz ökologisch nicht schlechter zu bewerten als die abstumpfende Streuung.

Daraus folgt der weitgehende Verzicht auf die Splittstreuung zugunsten der Nullstreuung, eine Optimierung der sparsamen Salzausbringung sowie die Berücksichtigung der Umweltbelastungen durch Splitt.

Wesentlich für eine Reduzierung der Salzmenge ist der Einsatz von Feuchtsalz. Hinzu kommt eine erhebliche technische Weiterentwicklung der im Winterdienst eingesetzten Räum- und Streutechnik. Diese Entwicklung wie auch die neue Ausgangslage bei der notwendigen Umstellung des Winterdienstes in den Städten muss dem Bürger vermittelt werden, um Fehlinterpretationen (z. B. weniger Umweltschutz oder weniger Verkehrssicherheit) zu vermeiden. Insbesondere die Autofahrer müssen über die Winterdiensttechniken, die Wirkungsweise der Streustoffe und die notwendige Anpassung der Fahrweise informiert werden. Gerade die Nullstreuung auf den Nebenstrecken kann nur gefahrlos funktionieren, wenn die Autofahrer ihre Fahrweise entsprechend anpassen.

Einteilung der Straßen in Dringlichkeitsstufen

Dringlichkeitsstufe I

Verkehrswichtige und gefährliche Stellen: Hauptverkehrs- und Durchgangsstraßen; Straßen für ÖPNV und Schulbusse; Zufahrtsstraßen zu Krankenhäusern, Schulen, Feuerwachen usw.; Straßen zu Gewerbe- und Industriegebieten; stark frequentierte Fußgängerüberwege und Haltestellen; Radwege an Hauptverkehrs- und Durchgangsstraßen; Parkplätze mit erheblicher Verkehrsbedeutung.

Dringlichkeitsstufe II

Verbindungsstraßen; Wohnsammelstraßen; übrige Radwege; Fußgängerüberwege.

Dringlichkeitsstufe III

Wohnstraßen und übrige Verkehrsflächen, soweit sie im Räum- und Streuplan aufgeführt sind.

3.

Winterdienst auf Außerortsstraßen

Die Verantwortung für den Straßenbetriebsdienst, zu dem der Winterdienst gehört, liegt für die Bundesautobahnen und -straßen beim Bund. Im Auftrag des Bundes verwalten die Bundesländer die Bundesautobahnen und die Bundesstraßen. Für die Landes- oder Staatsstraßen sind die jeweiligen Bundesländer verantwortlich. Zusätzlich betreuen viele Bundesländer auch die Kreisstraßen im Auftrag der Kreise. Die Aufgabe wird für die Bundesautobahnen derzeit (Stand 2010) von 162 Autobahnmeistereien ausgeführt. Die mittlere Streckenlänge beträgt etwa 66 Kilometer mit etwa 30 Kilometer Auffahrten/Abfahrten. Die Bundes-, Landes- und der große Teil der Kreisstraßen werden von 583 Straßenmeistereien betreut. Die mittlere Netzlänge beträgt 303 Kilometer. In Zukunft soll der Betriebsdienst als öffentlich-rechtlicher Straßenbetriebsdienst in Eigenbetrieb, als privatrechtliche Betriebs-GmbH oder als Holding mit privaten Dienstleistern neu organisiert werden. Im kommunalen Bereich ist dies bereits in verstärktem Maße geschehen.

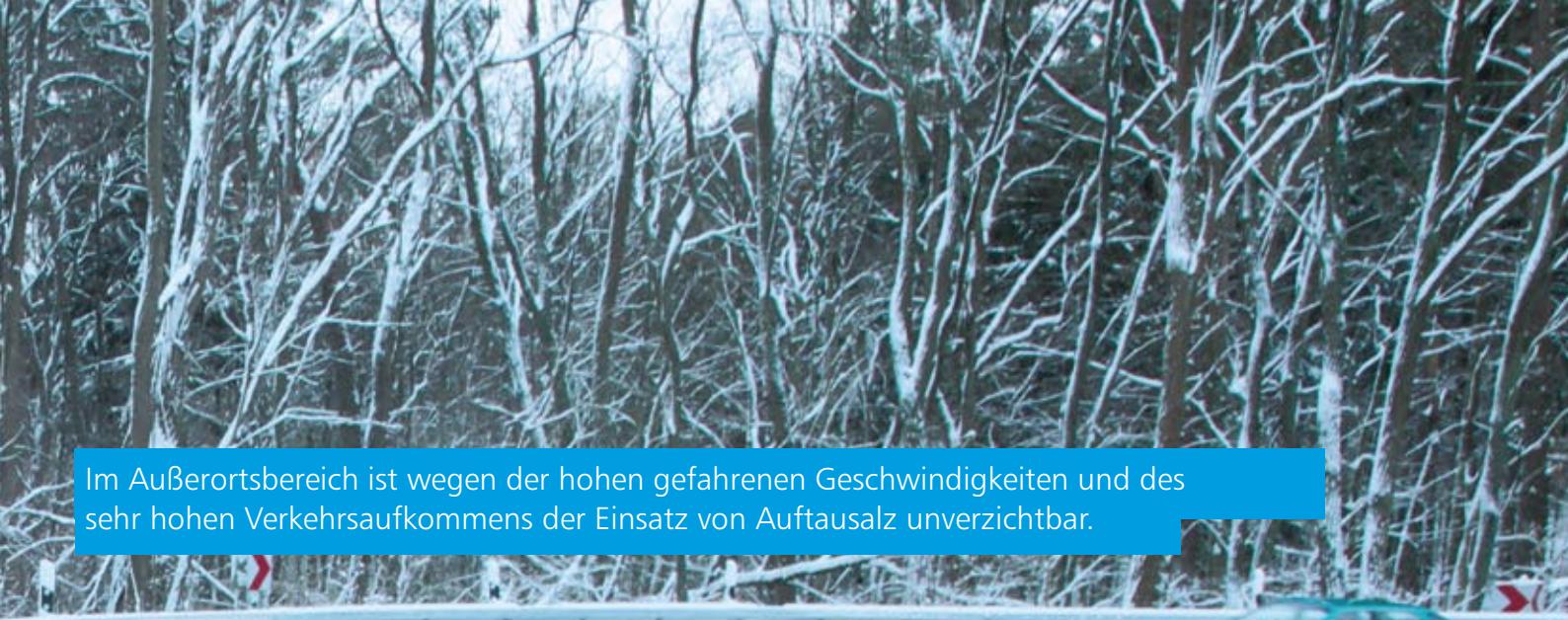
Für den Winterdienst außerorts gelten andere Rahmenbedingungen als für den kommunalen Winterdienst.

Die Verkehrsdichte ist größer, und es werden wesentlich höhere Geschwindigkeiten gefahren. Die Versorgung der Bevölkerung mit Wirtschaftsgütern muss gewähr-

leistet sowie die Einbindung in das europäische Straßennetz sichergestellt werden. Die geringe Randbebauung und die freie Landschaft führen zu anderen Anforderungen im Straßenbetriebsdienst. Auf Bundesautobahnen wird wegen ihrer besonderen Verkehrsbedeutung ein Winterdienst rund um die Uhr durchgeführt. Auch während der Nacht muss eine möglichst sichere Befahrbarkeit gewährleistet sein. Dies dient der Entzerrung von Verkehrsbelastungen verbunden mit einem Abbau der Tagesverkehrsspitzen und einer besseren Kapazitätsauslastung.

3.1 Räum- und Streupraxis

Wegen der großen Straßenflächen werden außerorts überwiegend große Geräte eingesetzt. Auf Bundesautobahnen sind dies vor allem Lastkraftwagen mit einer Ladekapazität von 5 bis 6 Tonnen Auftausalz, 2.000 bis 3.000 Litern Sole für die Feuchtsalzstreuerung und Schneepflüge mit einer Breite bis zu 3,50 Metern. Für den Räum- und Streubereich mehrstreifiger Richtungsfahrbahnen (Bundesautobahnen) werden Einseitenpflüge eingesetzt. Eine größere Räumbreite kann mit einem Vorbaupflug kombiniert mit einem am Schubfahrzeug angebrachten schwenkbaren Seitenpflug erreicht werden. Hiermit können Räumbreiten von bis zu 6,50 Meter erreicht werden. Beschleunigungs- und Verzögerungsstreifen können entweder zugleich mit den Hauptfahrbahnen oder im Anschluss daran geräumt



Im Außerortsbereich ist wegen der hohen gefahrenen Geschwindigkeiten und des sehr hohen Verkehrsaufkommens der Einsatz von Auftausalz unverzichtbar.

werden; ebenso die Anschlussäste und Nebenanlagen (Parkplätze, Rasthöfe). Bei Schneehöhen über 40 Zentimetern kommen Schneeräummaschinen wie Schneeschleudern, Schneefräsen und Frässchleudern zum Einsatz. Für das Streuen von Auftausalz wird im Prinzip die gleiche Streutechnik wie im kommunalen Winterdienst eingesetzt. Durch den Einsatz der Feuchtsalztechnik und der neu entwickelten Solestreuerung sowie der temperaturabhängigen Streuung lassen sich erhebliche Auftausalzeinsparungen erreichen. Die Bundesautobahnen sind wegen ihrer großen Verkehrsbedeutung und starken Auslastung grundsätzlich 24 Stunden befahrbar zu halten.

Alle anderen Außerortsstraßen sind je nach Bedeutung nur im Zeitraum zwischen 6.00 Uhr und 22.00 Uhr mit Winterdienst zu versehen. Bei der zeitlichen Planung des Winterdienstes müssen die unterschiedlichen Umlaufzeiten der Räum- und Streufahrzeuge in Abhängigkeit von Witterungsverhältnissen und Verkehrsdichte berücksichtigt werden. Auf Autobahnen ist im Normalfall eine Umlaufzeit der Räumfahrzeuge von 1,5 bis 2 Stunden anzustreben. Im ungünstigsten Belastungsfall – das ist die Schnee-

räumung – treten Umlaufzeiten der Räumfahrzeuge von 2 bis 2,5 Stunden auf. Auf den anderen Außerortsstraßen sind Umlaufzeiten von maximal 3 bis 4 Stunden anzustreben. Darüber hinaus werden Kontrollfahrten durchgeführt und kritische Stellen beobachtet, wenn Unsicherheit über den Witterungsverlauf und die Auswirkungen auf den Fahrbahnzustand besteht. Im Außerortsbereich ist wegen der hohen gefahrenen Geschwindigkeiten und des sehr hohen Verkehrsaufkommens der Einsatz von Auftausalz unverzichtbar, denn nur dadurch kann die Verkehrssicherheit in ausreichendem Maße gewährleistet werden. In wenigen Ausnahmefällen ist auf untergeordneten Landstraßen der Verzicht auf Auftausalz möglich.

3.2 Glättemeldeanlagen

Eine wichtige Informationsquelle und Hilfe für den gezielten und rechtzeitigen Einsatz des Winterdienstes sind Glättemeldeanlagen. Im Bereich der Bundesautobahnen werden von Glättemeldeanlagen mit Messstellen (zunehmende Dichte im Bundesgebiet) auf die Fahrbahn bezogene meteorologische Daten ermittelt. Hierdurch ist es möglich, eine innerhalb der nächsten zwei Stunden zu

Die Bundesautobahnen sind wegen ihrer großen Verkehrsbedeutung und starken Auslastung grundsätzlich 24 Stunden befahrbar zu halten.



erwartende oder bereits entstandene Fahrbahnglättung zu erkennen. Über Fahrbahn-, Luft- und Niederschlagssensoren sowie durch Überwachung des Fahrbahnzustands werden die notwendigen Messwerte zur Glätteiswarnung ermittelt. Teilweise werden zusätzlich Windrichtung und -geschwindigkeit sowie Schneehöhen gemessen. Mit Hilfe entsprechender Software werden die gewonnenen Messdaten abgefragt, über autobahneigene Fernmeldekabel in die Autobahnmeistereien übertragen, verarbeitet, dargestellt, archiviert und statistisch ausgewertet. Sie vermitteln genaue Informationen über Straßenzustand und Glätteentwicklung.

Die regionalen Glättemeldeanlagen sind ein wichtiges Element im Datenaustausch zwischen Autobahn-/Straßenmeistereien sowie Wetterämtern und damit unverzichtbar für ein überregionales Straßenwetterinformationssystem (SWIS).

Hierbei liefert das Wetteramt auf der Basis der Großwetterlage und den Werten der Glättemeldeanlagen wesentlich verbesserte und gezielte Straßenwetterprognosen. Auf dieser Basis kann letztlich auch der Einsatz von Auftausalz wesentlich gezielter und effektiver erfolgen. Die Meldeanlagen dienen nicht dazu, den Verkehrsteilnehmer eventuell mittels Verkehrsnachrichten über zu erwartende Glätte zu informieren.

3.3 Taumittelsprühlanlagen

Taumittelsprühlanlagen sind Elemente des stationären Winterdienstes. Sie sind geeignet, Problemstrecken aus der Sicht des Winterdienstes zu entschärfen und dem Verkehrsteilnehmer eine gleichmäßige Befahrbarkeit der Straße zu ermöglichen. Den Winterdienst bei Schneefall können sie nicht ersetzen, jedoch erleichtern. In Deutschland gibt es eine Reihe von festinstallierten Taumittelsprühlanlagen auf Bundesfernstraßen und -autobahnen.



Die erste Anlage wurde auf der BAB A 45 (Sauerlandlinie) im Winter 1984/85 in Betrieb genommen. Weitere Anlagen befinden sich u. a. auf der BAB A 1 (Brücke über den Dortmund-Ems-Kanal), auf der B 2 (Hangbrücke Schellenberg), auf der BAB A 8 (Aufstieg Irschenberg), auf der BAB A 8 (Abstieg Drackensteiner Hang). Diese Anlagen sind nur an diesen sehr kritischen Stellen, die vorzeitig zur Glättebildung neigen und aufgrund der Längs- und Querneigungsverhältnisse besonders unfallträchtig sind, wirtschaftlich. Taumittelsprühlanlagen werden, sofern sie automatisch arbeiten sollen, durch Glättemeldeanlagen gesteuert. Dafür bedarf es der Angaben über Niederschlag, Luft-, Fahrbahn- und Gefriertemperatur. Entsprechend den Messdaten wird durch eine definierte Alarmsituation eine Sprühung ausgelöst. Für Taumittelsprühlanlagen wird die Verwendung von NaCl-Lösung (Sole) empfohlen.

Nach der Installation der Taumittelsprühlanlagen haben sich an bisherigen Unfallschwerpunkten kaum noch Unfälle oder Verkehrsbehinderungen ereignet.

Nach Auswertung der Erfahrungen mit den ersten Anlagen wurde deren Wirtschaftlichkeit nachgewiesen und Einsatzkriterien für weitere Anlagen entwickelt. Diese sind vom Bundesministerium für Verkehr in entsprechenden Hinweisen veröffentlicht worden. Zwischen 1982 und 2003 wurden in Deutschland 16 Taumittelsprühlanlagen gebaut und in Betrieb genommen.

Eine weitere Optimierungsmöglichkeit ergibt sich durch den Einsatz von mobilen Taumittelsprühlanlagen. Grundsätzlich sollen Taumittelsprühlanlagen auf Streckenabschnitten, die besonders frühzeitig zur Glättebildung neigen, für eine erhöhte Verkehrssicherheit sorgen. Die mobile Taumittelsprühlanlage kann ohne größeren technischen Aufwand und mit geringen finanziellen Aufwendungen für kurze Zeit installiert werden. Kritische Bereiche wie Baustellen, die eine vorübergehende Änderung der Verkehrsführung und eine gleichzeitig hohe Glättegefahr besitzen, können so entschärft werden. Die frühzeitige Glättebekämpfung spiegelt sich in einer erhöhten Verkehrssicherheit wider.

4.

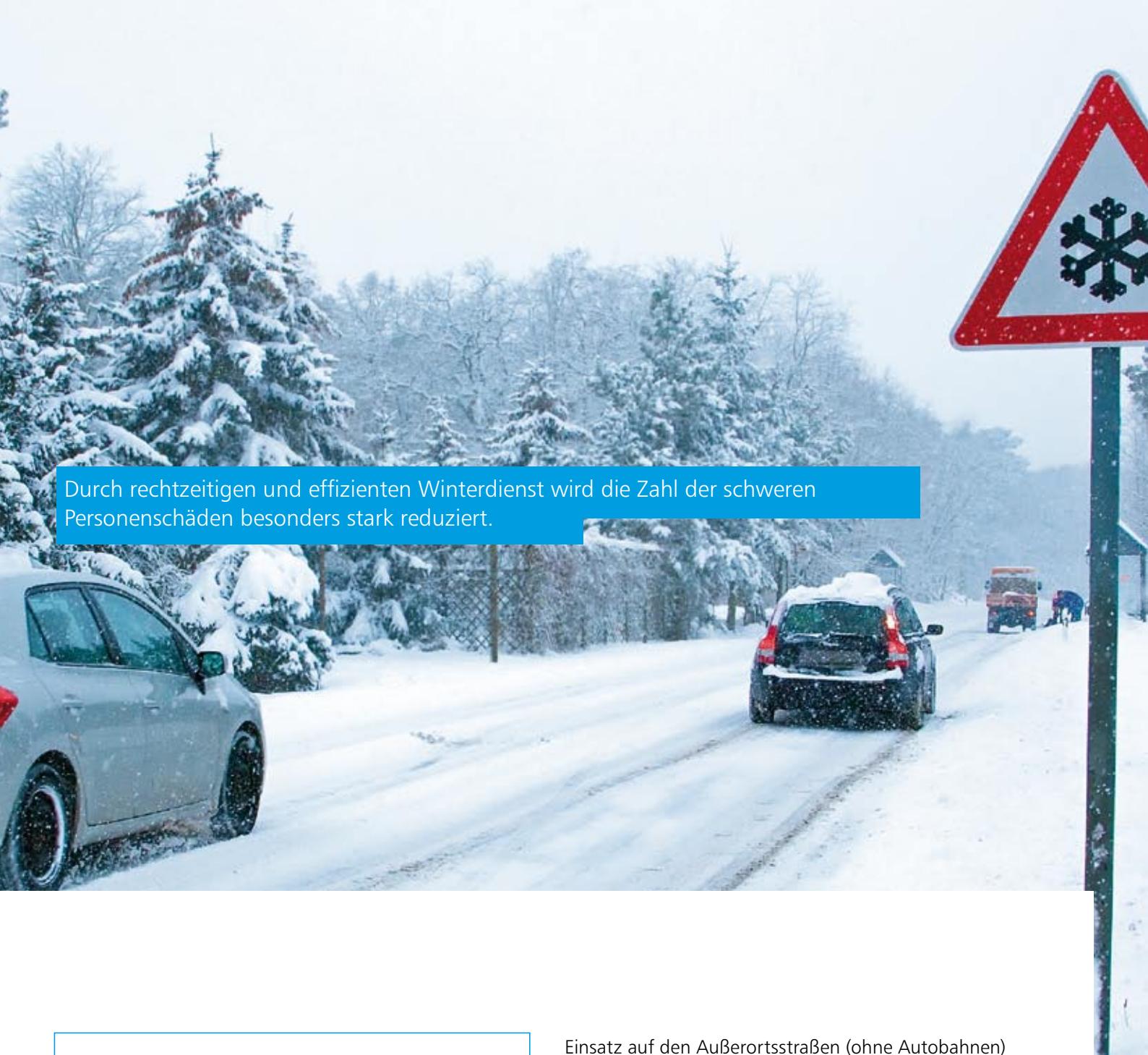
Verkehrssicherheit und Wirtschaftlichkeit

Der Winterdiensteinsatz mit Auftausalz auf Außerortsstraßen erhöht erheblich die Verkehrssicherheit und senkt wesentlich die Unfallzahlen und die Unfallkosten. Zwei Untersuchungen der Technischen Hochschule Darmstadt haben den Nutzen des Winterdienstes in ausführlichen Studien quantifiziert. Aufgrund des Winterdiensteinsatzes sinkt die Unfallrate um 80 bis 85 Prozent des Wertes vor der Streuung. Der Verlauf der Unfallrate vor und nach Winterdiensteinsätzen zeigt, dass die Zahl der Unfälle in den Stunden vor dem Einsatz stetig ansteigt. Bereits unmittelbar nach der Durchführung des Winterdienstes sinkt sie aber rasch auf ein deutlich niedrigeres Niveau ab. Der Winterdienst mit Auftausalz vermeidet schon innerhalb der ersten Stunden nach dessen Einsatz 5.000 Unfälle mit Personenschäden (davon etwa 1.500 Unfälle mit Schwerverletzten oder Getöteten) – hochgerechnet auf alle Landstraßen in der Bundesrepublik Deutschland. Diese Zahlen zeigen, dass bei Winterglätte nicht nur die Zahl der Bagatellunfälle ansteigt, sondern insbesondere auch die Zahl der schweren Personenschäden überdurchschnittlich zunimmt. Durch rechtzeitigen und effizienten Winterdienst wird die Zahl der schweren Personenschäden besonders stark reduziert. Auf

Grundlage der ermittelten, repräsentativen Daten wie z. B. Verkehrsdichte, gefahrene Geschwindigkeiten und Unfällen ist eine volkswirtschaftliche Bewertung des Nutzens durch den Straßenwinterdienst im Vergleich zu seinen Kosten möglich. Die Zusammenstellung der Verkehrs- und Betriebskosten ergibt in der Summe auf winterlicher, glatter Fahrbahn einen Mehraufwand von 0,20 Euro pro Fahrzeugkilometer gegenüber der trockenen Fahrbahn. Durch einen effizienten Winterdienst können hiervon 0,18 Euro pro Fahrzeugkilometer eingespart werden.

Für jeden auf gestreuter statt glatter Fahrbahn zurückgelegten Kilometer Fahrstrecke lässt sich also ein Nutzen von 0,18 Euro pro Fahrzeugkilometer nachweisen.

Wesentlicher Faktor beim Errechnen des Winterdienstnutzens sind dabei die vermiedenen Unfallkosten, die fast 90 Prozent der Einsparungen ausmachen. Durch rechtzeitigen Winterdienst lassen sich hochgerechnet für Deutschland beträchtliche Einsparungen erreichen. Innerhalb einer Winterperiode können durch den Einsatz von Auftausalz in der ersten Stunde nach dem



Durch rechtzeitigen und effizienten Winterdienst wird die Zahl der schweren Personenschäden besonders stark reduziert.

Anforderungen an die Autofahrer

- Winterausrüstung verwenden (Winterreifen, Schneeketten u. a.)
- Fahrverhalten den Verkehrs- und Witterungsverhältnissen anpassen
- Abstand zum Vordermann halten
- Gasse für Streu- und Einsatzfahrzeuge bilden
- Betriebssicherer Fahrzeugzustand (Freie Scheiben, Entfernen von Schnee, intakte Beleuchtung u. a.)

Einsatz auf den Außerortsstraßen (ohne Autobahnen) Kosten in Höhe von etwa 255 Mio. Euro und auf den Autobahnen Kosten in Höhe von 64 Mio. Euro vermieden werden. Zusätzlich werden etwa 900 Jahre Reisezeit und 11 Mio. Liter Kraftstoff eingespart. Grundlage der hochgerechneten Werte sind Studien der TH Darmstadt. Die Untersuchung von Durth, Hanke und Levin „Verkehrssicherheit und Wirtschaftlichkeit des Verkehrsablaufes im Winter“ nimmt eine volkswirtschaftliche Bewertung des Winterdienstes für die Außerortsstraßen (ohne Autobahnen) vor. Die Studie von Durth und Bark untersucht die Wirksamkeit des Winterdienstes auf Bundesautobahnen. Für Innerortsstraßen liegen keine entsprechenden Untersuchungen vor.



2008 fand ein europäisches Forschungsprojekt zum Winterdienst seinen Abschluss, an dem 22 Länder Europas beteiligt waren. Es wurden Empfehlungen für einen gemeinsamen Winterdienststandard erarbeitet, um die Wirtschaftlichkeit und Verkehrssicherheit im europäischen Straßennetz zu erhöhen.

Rund 450 Mio. Menschen leben in der Europäischen Union. Die Grenzen sind offen und ein immer größerer Anteil des Verkehrs überquert diese Grenzen. Allein über 70 Prozent des Güterverkehrs werden über das Straßennetz abgewickelt. Über 140.000 km sind als Europastraßen ausgewiesen. Schnell wird klar, dass hohe Anforderungen an den Winterdienst gestellt werden. Ein effektiver Winterdienst ist für die Volkswirtschaft in Europa unverzichtbar.

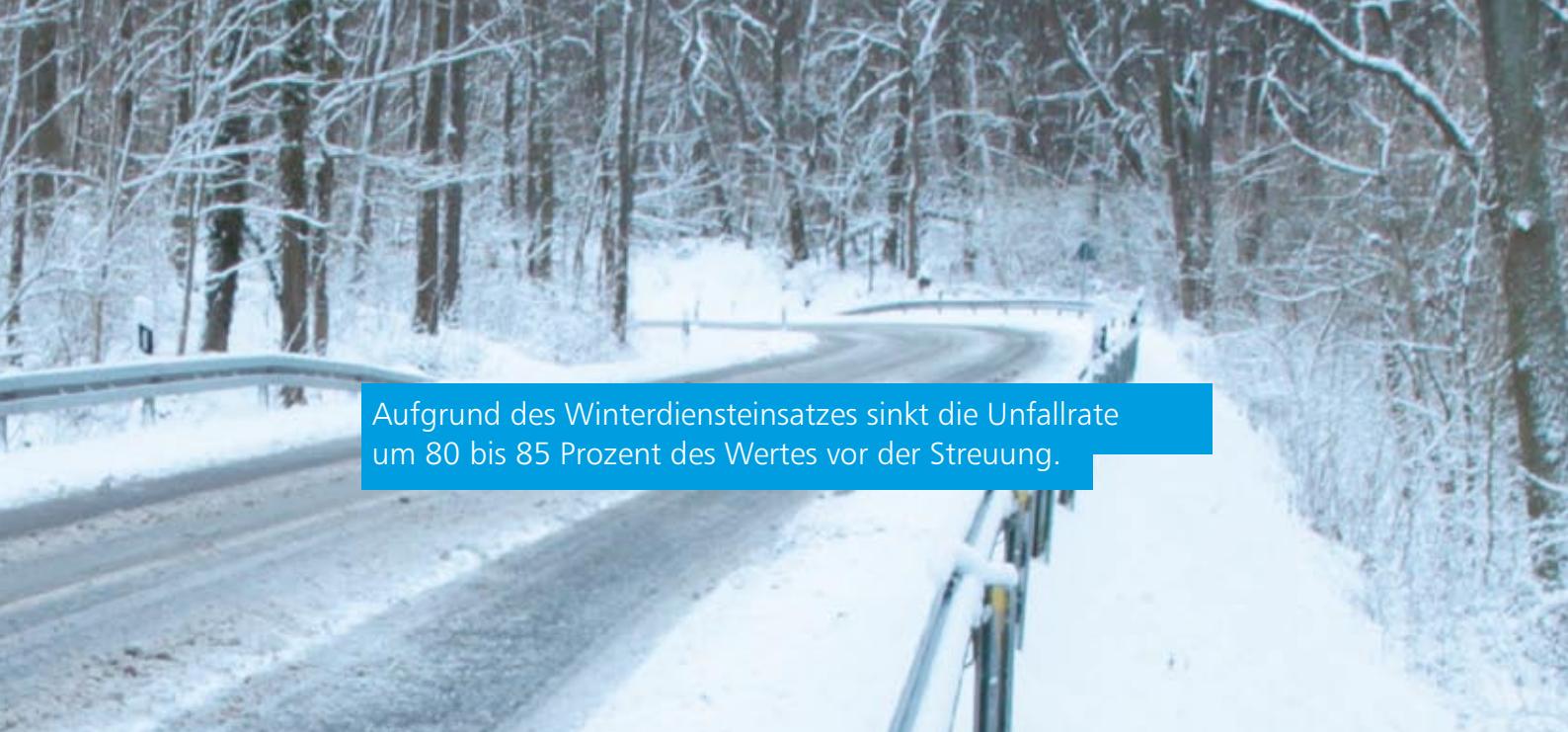
Im Rahmen zweier Forschungsprojekte haben die beteiligten Länder ermittelt, dass als Standardmethode für den Winterdienst auf europäischen Autobahnen, die vorbeugende Salzstreuung in der Regel mit Feuchtsalz praktiziert wird.

Die Dosierung wird entsprechend der Wetterlage am unteren Rand, nämlich 5 bis 15 g/m², eingestellt. Im hoch belasteten Straßennetz ist Auftausalz unverzichtbar und die Feuchtsalztechnologie ist europaweit Stand der Technik. Im Vordergrund der Entwicklungen stehen auch Salzmanagement-Systeme mit modernen Ladesystemen sowie automatisierter Bestandsverwaltung, die künftig bestehende Winterdienst-Management-Systeme ergänzen werden. In vielen Ländern werden neue Streustoffe erprobt. Jedoch ist absehbar, dass auch in Zukunft die Feuchtsalztechnik nicht ersetzt werden kann. Sie ist aus Sicht der Wirtschaftlichkeit, der Verkehrssicherheit und der Ökologie

allen anderen Alternativen überlegen, so die gemeinsame Auffassung der europäischen Winterdienstexperten.

Gerade auf den stark befahrenen Bundesautobahnen lässt sich im Winter schnell der große Nutzen eines effektiven Winterdienstes erkennen. Hier liegen auch die Optimierungsmöglichkeiten für den Winterdienst, da Autobahnen rund um die Uhr befahrbar sein müssen und das Verkehrsaufkommen stetig wächst. Vom Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen (ISE) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wurde das Forschungsprojekt „Optimierung des Winterdienstes auf hochbelasteten Autobahnen“ durchgeführt. Das ISE untersuchte im Rahmen des Projektes, ob die Beladungszeiten der Winterdienstfahrzeuge mit Trockensalz bzw. die Betankung mit Salzlösung verkürzt werden können. Der dadurch beschleunigte Winterdienst schlägt sich insbesondere in der Vermeidung bzw. Verringerung von winterbedingten Störungen wie Stauereignissen und Unfällen auf dem hochbelasteten Autobahnnetz nieder.

Zur Beladung der Winterdienstfahrzeuge lagern die Autobahnmeistereien die Streustoffe auf dem Gehöft und in bis zu drei Stützpunkten. Aus verschiedenen Gründen kann für die Autobahnmeistereien nur ein Mix der verschiedenen Beladungssysteme, im Wesentlichen Radlader und Silotechnik, in ausreichenden Kapazitäten für mehr tägige Volleinsätze empfehlenswert sein. Da Stützpunkte häufig auch gemeinschaftlich von mehreren Autobahn- und Straßenmeistereien genutzt werden, bieten die Streustoffsilos die Möglichkeit der gleichzeitigen Beladung mehrerer Winterdienstfahrzeuge. Bei Räum- und Streueinsätzen sind nahe liegende Wendemöglichkeiten von großer Bedeutung, vor allem im Bereich von neurogischen Steigungs- und Gefällestellen sowie bei Auto-



Aufgrund des Winterdiensteinsatzes sinkt die Unfallrate um 80 bis 85 Prozent des Wertes vor der Streuung.

bahnkreuzen und -dreiecken. Hier lassen sich Leerwege während der Einsätze verkürzen bzw. vermeiden. Solche Wendemöglichkeiten reduzieren den Zeitverlust pro Winterdiensteinsatz und wirken sich dann auf den volkswirtschaftlichen Nutzen des gesamten zu betreuenden Netzes aus. Strenge Winter mit einer hohen Anzahl erforderlicher Winterdiensteinsätze oder höhere Verkehrsbelastungen steigern den volkswirtschaftlichen Nutzen weiter. Neben dem Nutzen durch den beschleunigten Winterdienst ergeben sich auch betriebswirtschaftliche Vorteile durch die eingesparten Leerfahrten.

Trotz der zum Teil erheblichen betriebswirtschaftlichen Kosten ist es durchaus sinnvoll, effizienzsteigernde Maßnahmen durchzuführen. Im Ergebnis übersteigt der volkswirtschaftliche Nutzen, zum Beispiel durch Verringerung der Unfallkosten und Einsparung von Reisezeit, bei weitem die entstehenden Kosten.

Auch in der Schweiz wurden die volkswirtschaftlichen Vor- und Nachteile des Straßenwinterdienstes durch eine Studie umfassend untersucht. In dieser Studie wurden Fahrverhalten, Verkehrsgeschehen, Witterung, Straßenzustand, Fahrzeugmenge und andere Einflussgrößen vor und nach dem Einsatz des Winterdienstes mit normalen Straßenzuständen verglichen. Die Beobachtungen erstreckten sich über die Winterperioden

2002/2003 und 2003/2004. Der volkswirtschaftliche Nutzen des Winterdienstes ist bis zu sechs Mal größer als die durch den Winterdienst entstandenen Kosten. Die Kosten, die der Winterdienst verursacht, entstehen durch den Einsatz spezieller Fahrzeuge und Geräte, wirkungsvolle Streustoffe wie Salz und nicht zuletzt durch qualifiziertes Personal. Die Auswertung der Unfalldaten zeigt, dass sich Glätteunfälle in einem relativ kurzen Zeitraum, vor allem vor dem Winterdiensteinsatz, ereignen. Ohne Winterdienst würde die Anzahl der Glätteunfälle noch ansteigen. Je schneller der Winterdienst zum Einsatz kommt, umso mehr Glätteunfälle können verhindert werden.

Der Nutzen des Winterdienstes besteht vor allem darin, Glätteunfälle und größere Zeitverluste zu verhindern, und damit volkswirtschaftlichen Schaden abzuwenden.

Der volkswirtschaftliche Nutzen errechnet sich durch die Differenz zwischen maximalem Schaden bei Nicht-Einsatz des Winterdienstes und dem durch den Einsatz des Winterdienstes begrenzten Schaden. Der Nutzen des Winterdienstes ist immer größer als die Kosten, die er verursacht. Zur weiteren Steigerung der volkswirtschaftlichen Effektivität sind alle Maßnahmen zu empfehlen, die einen frühzeitigeren und schnelleren Winterdiensteinsatz bewirken.

5.

Technischer Fortschritt

Die Entwicklung der Schneeräumung und die der Verkehrstechnik sind eng miteinander verknüpft. Die Anfänge der Schneeräumung sind bei der Eisenbahn zu finden: Vor über 100 Jahren wurden hier die ersten funktionsfähigen rotierenden Geräte eingesetzt. In den dreißiger Jahren entwickelte sich mit zunehmendem Straßenverkehr auch die Schneeräumtechnik auf Straßen. Ausgangspunkt war die mechanische Räumung, die später mit dem Streuen von abstumpfenden Mitteln kombiniert wurde. In den sechziger Jahren wurde zunehmend das Räumen und Streuen mit auftauenden Mitteln durchgeführt. In den sechziger Jahren wurden durchschnittlich 40 g/m² Salz Straßenfläche – zum Teil auch mehr – ausgebracht. Dies lag vor allem an der ungeregelten Ausbringung von Auftausalz. Mit der Einführung von automatisierten, wege- und geschwindigkeitsabhängigen Dosiereinrichtungen in den siebziger Jahren verringerte sich die Auftausalzmenge auf 30 bis 20 g/m² Straßenfläche. Die nächsten Entwicklungsschritte zur Verbesserung der Winterdiensttechnik stellen die elektronisch geregelten Dosiereinrichtungen und die Feuchtsalztechnologie dar. Die ausgebrachte Menge an Auftausalz konnte hierdurch nochmals deutlich reduziert werden, und zwar

auf 20 bis 10 g/m² Straßenfläche. Hinzu kommen weitere Innovationen wie SWIS, EDV-Optimierung, Thermographie, Verbesserung im Korrosionsschutz an Automobilen und Bauwerken.

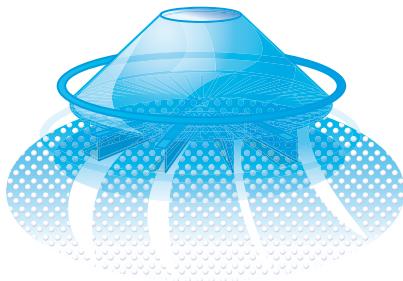
5.1 Feuchtsalztechnologie

Feuchtsalz entsteht durch Anfeuchten des trockenen Auftausalzes mit Salzlösungen: Natriumchlorid (NaCl), Calciumchlorid (CaCl₂) und Magnesiumchlorid (MgCl₂). Es verhindert Verwehung bei der Ausbringung, ermöglicht größere Streubreiten, haftet auf reif- und eisglatter Fahrbahn besser als Trockensalz, setzt dazu den Auftaprozess schneller in Gang und hält die Straßen länger eisfrei. Durch die schnellere Wirkung und die geringeren Wehverluste ist bei Feuchtsalz die Verwendung geringerer Mengen bei gleichzeitiger höherer Wirksamkeit möglich. In den Streugutbehältern der Fahrzeuge wird trockenes Salz geladen. In seitlich an den Streugutbehältern angebrachten Soletanks befindet sich NaCl-, CaCl₂- oder MgCl₂-Sole. Während des Transports sind Salz und Sole getrennt. Die Vermischung von Auftausalz und Sole erfolgt unmittelbar vor der Ausbringung auf dem Streuteller in einem



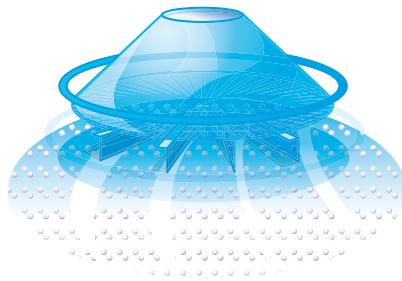
Reduzierung der ausgebrachten Auftausalzmenge – Umweltschutz durch technischen Fortschritt

60er Jahre



40 g/m² und mehr

70er Jahre



30–20 g/m²

heute



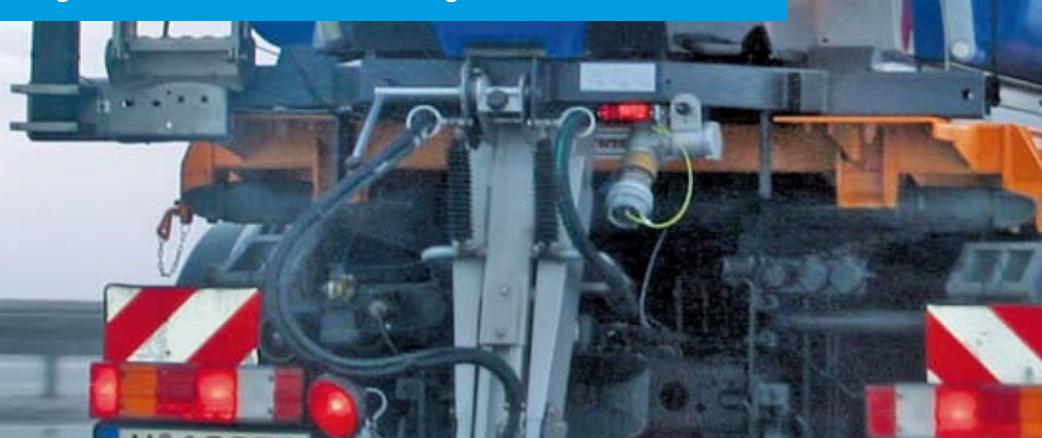
20–10 g/m²

Ungeregelte Dosierung
von Auftausalz

Einführung von automatisierten,
wege- und geschwindigkeitsab-
hängigen Dosiereinrichtungen.

Einführung von elektronisch
geregelten Dosiereinrichtungen
und der Feuchtsalztechnologie.

Durch die schnellere Wirkung und die geringeren Wehverluste ist bei Feuchtsalz die Verwendung geringerer Mengen bei gleichzeitiger höherer Wirksamkeit möglich.



Vorteile der Feuchtsalzstreuung

1. Geringere Umweltbelastung

- verringerte Wehverluste in die Straßenseitenräume
- Verringerung der Taustoffmenge durch vollständige Ausnutzung

2. Steigerung der Wirtschaftlichkeit

- Einsparung durch geringere Mengen
- größere Reichweite der Streufahrzeuge

3. Steigerung der Verkehrssicherheit

- besseres Haftvermögen
- längere Verweildauer
- ermöglicht witterungskonforme Streuung
- verbesserte Anfangstauwirkung
- gleichmäßiges, dichtes und homogenes Streubild
- Einsatz bei tieferen Temperaturen

Mischungsverhältnis von 70 Gewichtsprozent Auftausalz und 30 Gewichtsprozent Sole.

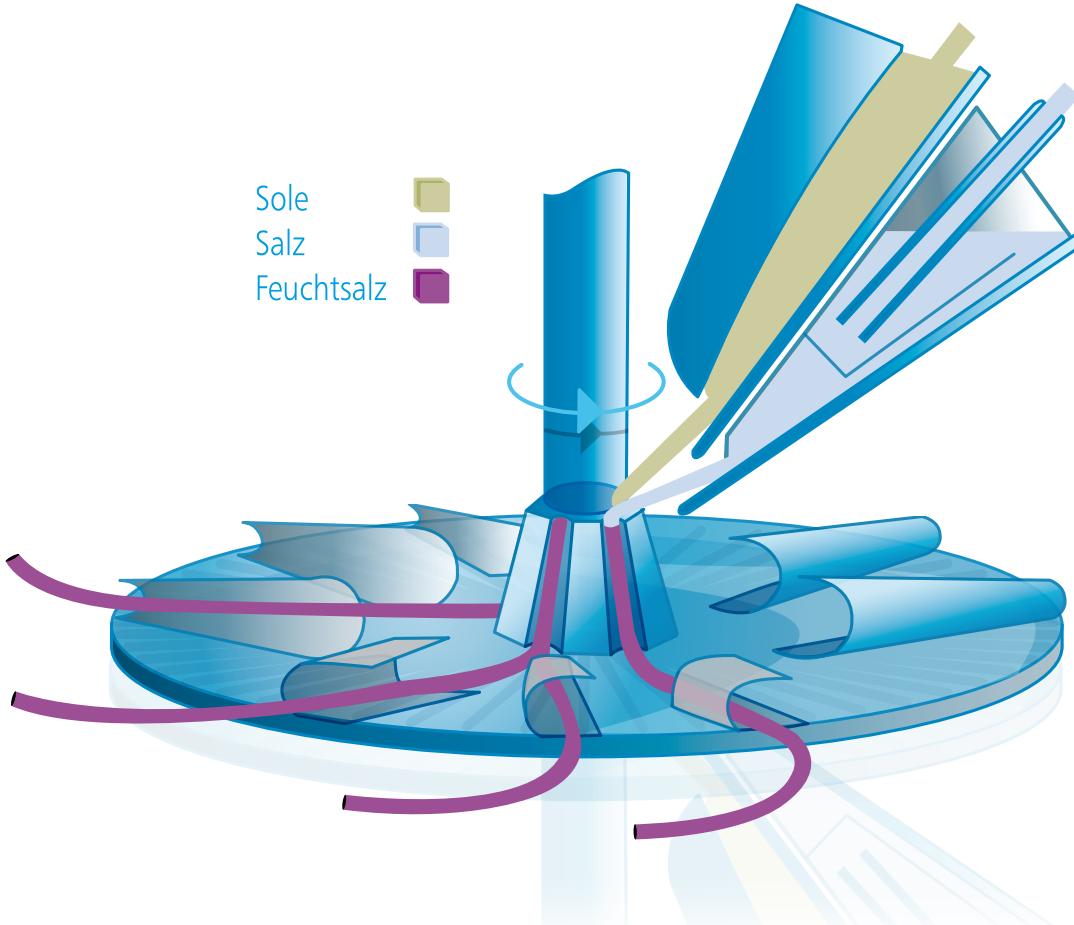
Noch geringere Wehverluste auch bei geringen Streumengen verspricht die differenzierte Feuchtsalzstreuung.

Bei dieser neu entwickelten Technik und Strategie wird die Feuchtsalzzusammensetzung in Abhängigkeit von der gewählten Streubreite, der Streudichte und der gefahrenen Geschwindigkeit sowie den Fahrbahn- und Witterungszuständen variiert. Vorteile zeigen sich z. B. bei überfrierender Nässe oder beim präventiven Streueinsatz, da mit geringerer Streudichte und höherer Soleanfeuchtung reagiert werden kann. Damit wird eine bessere Oberflächenhaftung erreicht. Bei hoher Wirtschaftlichkeit ist ein noch umweltschonenderer Einsatz von Feuchtsalz möglich. Der Einsatz von Feuchtsalz setzt voraus, dass die Lagerung und Befüllung von Salzsole an jedem Winterdienststützpunkt möglich ist. Nur so kann ein flächendeckender Einsatz von Feuchtsalz stattfinden. Die Salzsole kann in Behältern mit einer Kapazität von 3.000 bis 40.000 Litern gelagert

werden. In einem Tank werden Natriumchlorid, Calciumchlorid oder Magnesiumchlorid in fester Form durch den Zusatz von Wasser in eine entsprechende Lösung umgesetzt. Die Lösung muss mittels Pumpe im Tank regelmäßig umgewälzt werden. Die Streufahrzeuge werden nach Bedarf automatisch befüllt. Alternativ zur Selbstherstellung der Salzsole kann dies auch als Fertigprodukt bezogen werden. Eine weitere Alternative zur Herstellung von Salzsole ist der sogenannte Soleerzeuger. Natriumchlorid lagert in einem Silo und wird von Wasser überströmt. Die Sole fließt in regelbarer Konzentration in einen Behälter zur Lagerung. Die Vorteile liegen u. a. in der einfachen Handhabung, der kostengünstigen und verbesserten Bereitstellung der Sole. Die Technische Hochschule Darmstadt führte eine detaillierte Umfrage zur Feuchtsalzstreuung bei insgesamt 56 Autobahnmeistereien, 116 Straßenmeistereien und 48 Städten durch. Abgefragt wurden Daten über Streu-

mengen, Einsatztag, Straßennetz und die praktizierte Feuchtsalztechnik sowie Erfahrungen mit dieser Technik. Für die Wirtschaftlichkeit der Feuchtsalzstreuung wurden unter Berücksichtigung der einzelnen Kostenfaktoren Durchschnittswerte für das finanzielle Einsparpotenzial entwickelt. Bei der Feuchtsalzstreuung (FS 30) beträgt die durchschnittliche Einsparung beim Gesamtsalzverbrauch für Autobahnmeistereien 34 Prozent, für Straßenmeistereien 44 Prozent und für Kommunen 24 Prozent. Diese Werte basieren auf im praktischen Einsatz erreichten durchschnittlichen Streustoffeinsparungen.

Im Einzelfall können sowohl höhere als auch niedrigere Einsparungen erzielt werden. Zu berücksichtigen sind hierbei immer folgende Einflussgrößen, die bei der Salzeinsparung ins Gewicht fallen: Streubreiten und Streckenlänge, Fahrbahnzustand und Einsatzort sowie Topographie und Klima.





Auf der Basis der erzielten Salzeinsparungen wurden Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt. Diese zeigen, dass sich für die Feuchtsalzstreuung ein wirtschaftlicher Nutzen ergibt. Die Einsparungen überwiegen in allen Fällen die notwendigen Investitionen für Fahrzeuge, Soletanks und Mixanlage. Auf Basis der errechneten Werte der Studie ist in allen Fällen (Außerorts- und Innerortsstraßen) die Feuchtsalzstreuung vorzuziehen, denn die erzielten finanziellen und ökologischen Ergebnisse sprechen immer für Feuchtsalz.

5.2 Solestreuung

Aus Forschungsprojekten ist bekannt, dass die Verteilgütigkeit beim Feuchtsalz, und beim Trockensalz noch mehr, mit zunehmender Geschwindigkeit des Streufahrzeugs abnimmt. Oberhalb von 50 km/h nimmt die Verteilgütigkeit stark ab. Ferner wurde festgestellt, dass der wirksame Taustoffanteil bei präventiven (vorbeugenden) Einsätzen, die heute die vorrangige Strategie zur Glättevermeidung darstellen, gering ist. Um extrem geringe Salzmengen bei hohen Streugeschwindigkeiten ausbringen zu können, wurde in der Winterdienstforschung ein neues Verfahren entwickelt, nämlich die Solestreuung.

Solestreuung

- bei häufigen Präventiveinsätzen
- auf Fahrbahnen mit hoher Verkehrsdichte und hohen Fahrgeschwindigkeiten
- auf trockenen Fahrbahnen bis zu -6°C
- auf feuchten (nicht nassen) Fahrbahnen bis zu -6°C
- reduziert den Salzeinsatz
- verringert die Umweltbelastung
- erhöht die Verkehrssicherheit
- schafft Zeitvorteile beim Winterdiensteinsatz

In verschiedenen Bundesländern wurden seit Winter 2008/09 Versuche mit dieser Technik durchgeführt. Die ersten Ergebnisse dieser Versuche zeigen, dass die Ausbringung reiner Salzlösungen (22-prozentige Sole) für die vorbeugende Streuung möglich ist und eine optimale Lösung bietet. Die neu entwickelten Geräte gewährleisten eine gute, gleichmäßige Benetzung der Fahrbahn auch bei hohen Geschwindigkeiten – 60 km/h und höher – und extrem geringen Streudichten. Nach den Erfahrungen in verschiedenen Bundesländern, insbesondere vom Landesbetrieb „Straßen.NRW“, gibt es folgende Vor- und Nachteile der Solestreuung:

Vorteile

- gut verteilbar; auch bei hoher Geschwindigkeit (60–70 km/h)
- direkt wirksam, da kein Löseprozess
- geringerer Auftausalzbedarf
- geringe Verlustrate durch Verdrängung
- größeres Zeitfenster für die Einsätze
- Einsatz auch auf offenporigen Belägen (im Wechsel/ Kombination mit Feuchtsalz)
- Fahrbahn trocknet schnell ab

Nachteile

- höherer Transportaufwand (es muss Wasser transportiert werden)
- zusätzlicher Geräte- und Infrastrukturaufwand (Solestreufahrzeuge, Löseanlagen, Soletanks)
- Anwendung begrenzt: bis ca. -6°C und bis ca. 0,10 mm Wasserfilmdicke
- sofortiger Verdünnungseffekt durch Fahrbahnfeuchte und Niederschlag

Dem bewährten Verfahren der Feuchtsalzstreuung wird mit der Ausbringung von reiner Salzlösung eine ergänzende Technik zur Seite gestellt. Feuchtsalz bleibt im Einsatz bei schon vorhandener Straßenglätte sowie bei vorbeugender Streuung bei niedrigen Temperaturen und bei zu erwartenden Niederschlägen das Optimum in der

Winterdiensttechnik. Ein in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung – Präventiveinsatz oder Glättebeseitigung – erfolgender differenzierter Auftausalzeinsatz (Sole oder Feuchtsalz) ist sinnvoll und vorteilhaft.

5.3 EDV-gestützte Optimierung

Die Routenfestlegung in der Praxis des Straßenwinterdienstes geschieht auch heute noch in der Regel „von Hand“ durch die stetige Anpassung und Veränderung der Räum- und Streupläne unter Berücksichtigung der jeweils gemachten Erfahrungen. Bei einer systematischen Routenplanung unter Berücksichtigung aller Vorgaben verkürzt sich deutlich die Summe der Leerwege, und damit die ins-

gesamt zurückgelegte Wegstrecke eines Einsatzes. Die Vorteile einer EDV-gestützten Winterdienstoptimierung liegen in betriebs- und volkswirtschaftlichen Verbesserungen. Die Technische Hochschule Darmstadt errechnete, dass durch die Routenoptimierung die Summe der Leerwege um 26 Prozent reduziert werden, die Summe der Gesamtwege um immerhin 13 Prozent abnimmt. Die Verteilung der Routenlängen ist gleichmäßiger geworden, die durchschnittliche maximale Einsatzzeit sank um etwa eine halbe Stunde. Dadurch ergeben sich für den Winterdienstbetreiber Einsparungen an Kraftstoff- und Zeitkosten, in Einzelfällen kann sogar die Zahl der eingesetzten Fahrzeuge verringert werden.

Ein in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung – Präventiveinsatz oder Glättebeseitigung – erfolgender differenzierter Auftausalzeinsatz (Sole oder Feuchtsalz) ist sinnvoll und vorteilhaft.

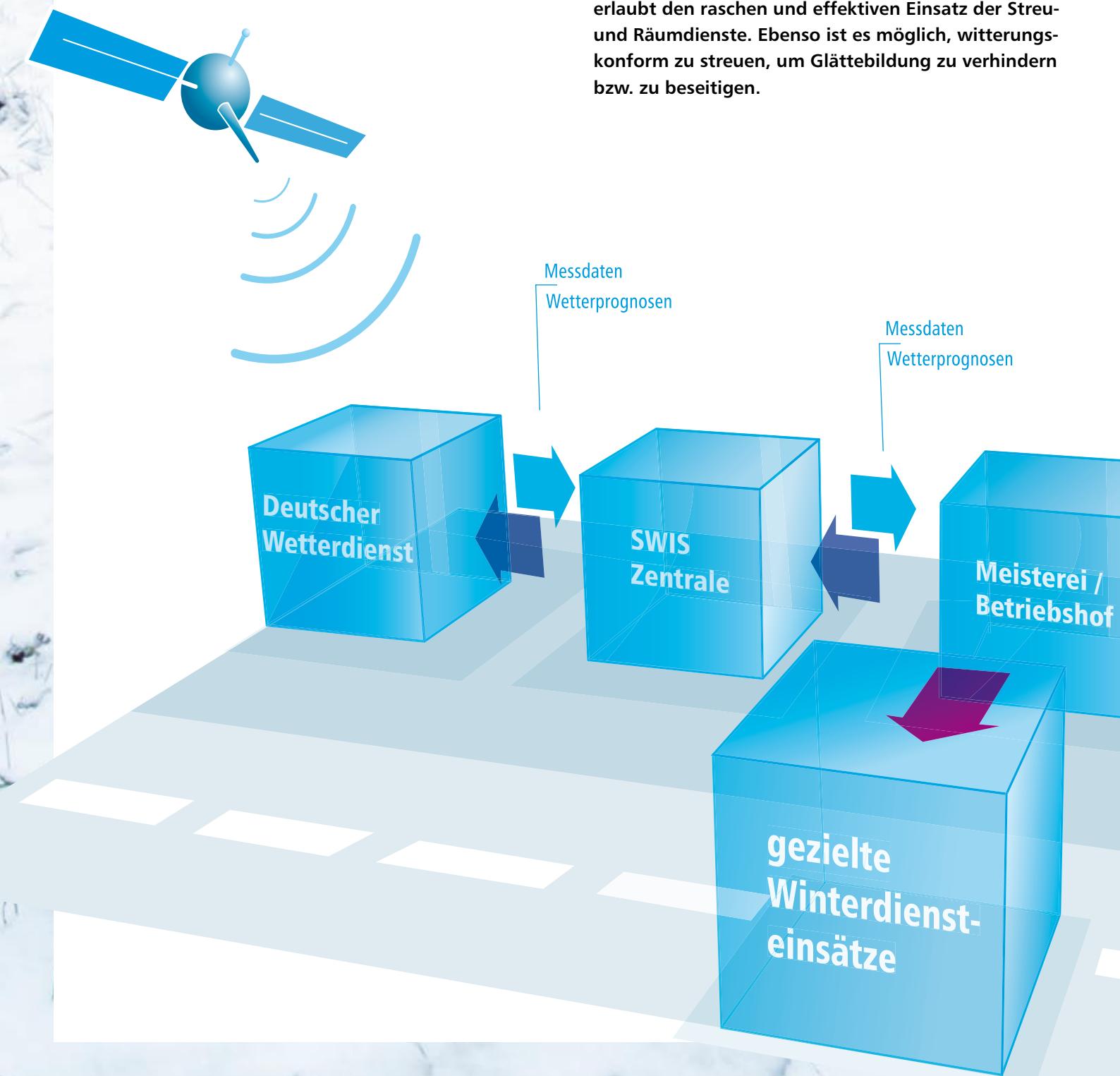


5.4 Straßenwetterinformationssystem (SWIS)

Der Straßenwetterdienst ist die Vorhersage relevanter Wettererscheinungen auf und an der Fahrbahn, die die Sicherheit des Autofahrers beeinträchtigen können. Zu diesen Wettererscheinungen gehören grundsätzlich starker Niederschlag, stürmischer und böiger Wind sowie Nebel. Diese Wettererscheinungen können zu allen Jahreszeiten

auftreten. Die wesentlichste Beeinträchtigung ist Straßenenglätte, diese gibt es nur im Winterhalbjahr. Unter dem Begriff Straßenenglätte werden häufig die verschiedenen Glättearten zusammengefasst, die jedoch unterschiedliche meteorologische Entstehungsursachen haben.

Eine rechtzeitige – und richtige – Wetterprognose erlaubt den raschen und effektiven Einsatz der Streu- und Räumdienste. Ebenso ist es möglich, witterungskonform zu streuen, um Glättebildung zu verhindern bzw. zu beseitigen.



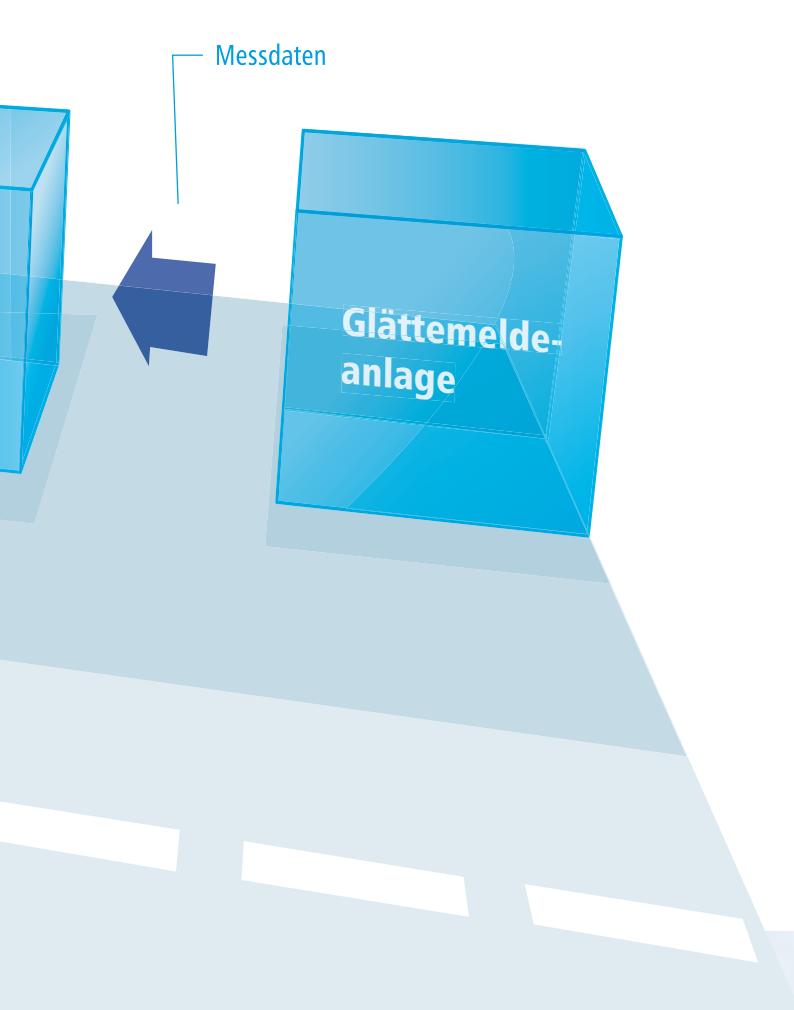


Um eine Straßenwettervorhersage zu erstellen, müssen verschiedene zeitliche und räumliche Skalen der Wetterelemente berücksichtigt und verknüpft werden. Die Informationsbeschaffung über den gegenwärtigen Zustand der Atmosphäre geschieht ständig weltweit z. B. mit Hilfe von Wetterbeobachtungsstationen, durch Satellitenüberwachung sowie durch Radar. Diese Daten werden in kürzester Zeit über internationale Datennetze weltweit verbreitet. In Wetterämtern werden sie gesammelt, analysiert und weitergegeben. Die Wetterämter erstellen während des Winterhalbjahres eine tägliche Straßenwettervorhersage, indem sie die globalen Daten mit den regionalen Messwerten von den Straßen verknüpfen.

Die Informationsbeschaffung über das jeweilige Straßenwetter geschieht im Rahmen von SWIS (Straßen-Wetter-Informations-System).

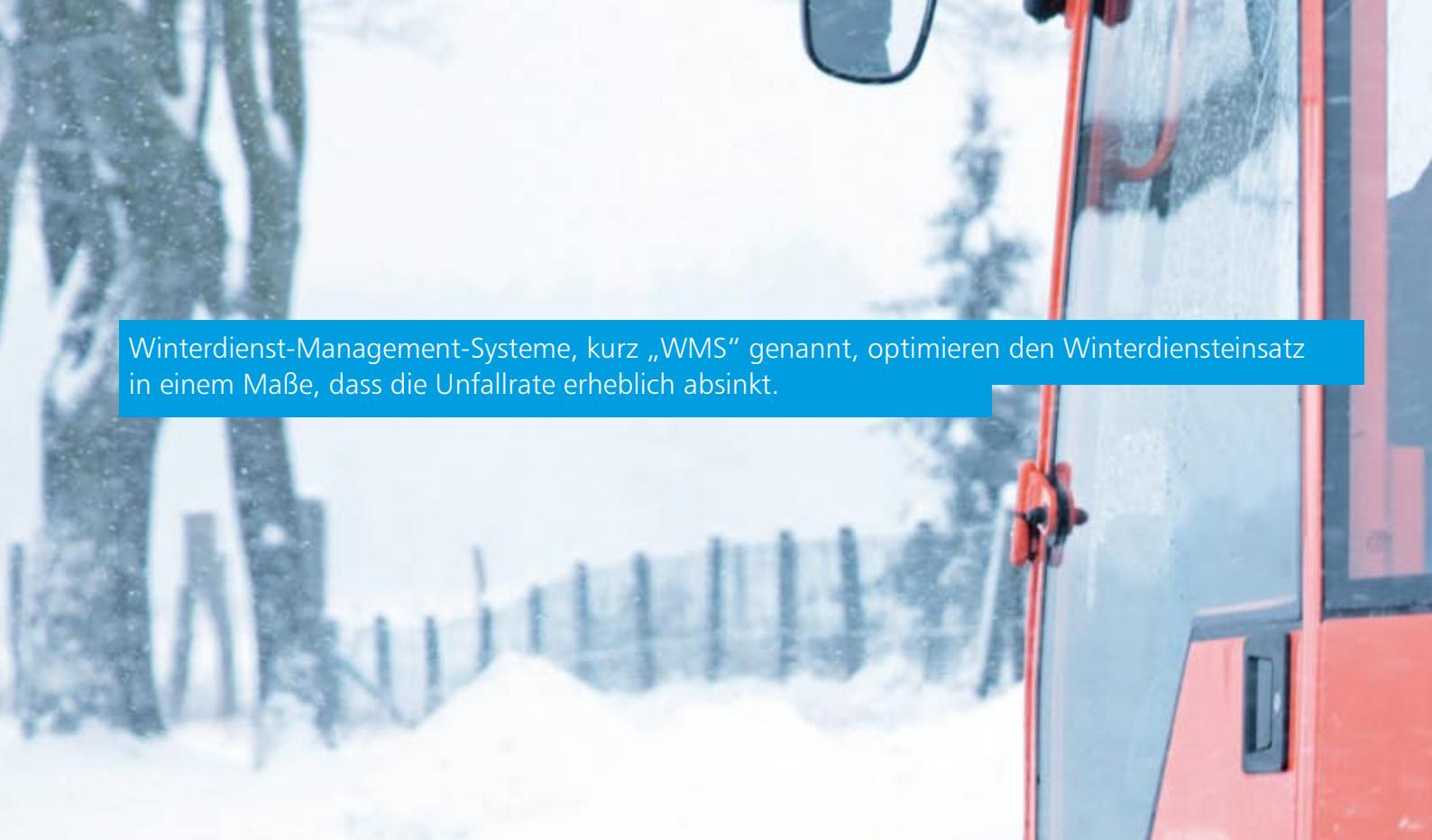
SWIS ist ein Gemeinschaftsprojekt des Bundesverkehrsministeriums, des Deutschen Wetterdienstes und der Bundesländer. Mittlerweile sind alle Bundesländer dem Frühwarnsystem angeschlossen.

In regionalen Vorhersagezentralen werden verschiedene Straßenwettervorhersagen erstellt. Diese Vorhersage zusammen mit Daten von Glättemeldeanlagen bilden ein vollständiges Informationspaket, das kurz- und mittelfristige wie auch detaillierte und allgemeine Straßenwettervorhersagen umfasst.



In jedem Bundesland sind die Straßen- und Autobahnmeistereien über eine Winterdienstzentrale untereinander vernetzt. Es findet eine stetige Datenübermittlung von den Glättemeldeanlagen über die Winterdienstzentralen an den Deutschen Wetterdienst statt. Zu festgelegten Zeiten übermittelt der Deutsche Wetterdienst seine Prognosen an die Straßenmeisterei/Autobahnmeisterei. Dort werden die Prognosen durch aktuelle Daten der Glättemeldeanlagen und Kurzzeitprognosen ergänzt.

Die Autobahn- und Straßenmeistereien sind so in der Lage, sich rechtzeitig auf die Witterungsbedingungen einzustellen und zu entscheiden, wann und wie viel Personal sowie Streufahrzeuge zum Einsatz kommen. Außerdem kann der Einsatz der Streustoffe und die Streumenge noch besser auf die Wetterlage abgestimmt werden, was auch zu Einsparungen an Auftausalz führen kann.



Winterdienst-Management-Systeme, kurz „WMS“ genannt, optimieren den Winterdiensteinsatz in einem Maße, dass die Unfallrate erheblich absinkt.

Städte und Kommunen werden im Winter herausgefordert, schnell auf das sich ständig ändernde Winterwetter zu reagieren. Ein wesentlicher Baustein für einen optimierten Winterdienst ist eine sichere und zutreffende Wettervorhersage. Sie verbessert und erleichtert wesentlich die Einsatzplanung des Winterdienstes. Das geeignete Vorhersageinstrument für regionale und örtliche Straßenwettervorhersagen ist das Straßenwetterinformationssystem SWIS.

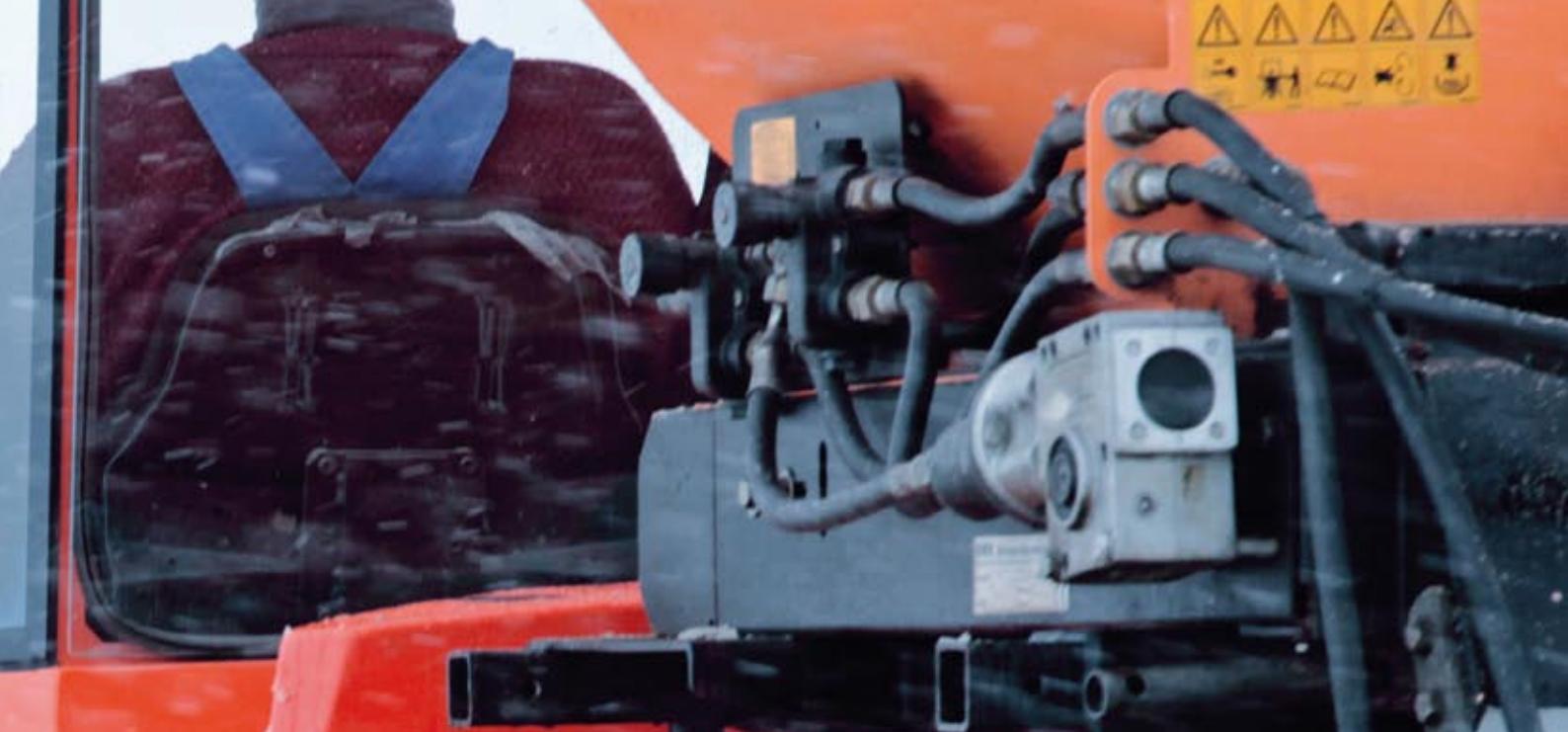
Ist die entsprechende technische Ausstattung vorhanden, erreicht SWIS eine Vorhersagesicherheit von über 80 Prozent im kommunalen Einsatzgebiet, d.h., richtige Prognose des Auftretens von Straßenglätte innerhalb der nächsten 24 Stunden.

Das ergab eine Untersuchung im Winter 1995/96 über die Qualität der Straßenwettervorhersagen. In nur einem Prozent wurde die Glättebildung nicht vorhergesesehen. SWIS kombiniert großräumige Straßenwettervorhersagen des Deutschen Wetterdienstes mit ortsbezogenen Trendvorhersagen von Glättemeldeanlagen. Die Messdaten der Glättemeldeanlagen werden an die SWIS-Zentrale wei-

tergeleitet und von dort an den Deutschen Wetterdienst. Hier werden die Daten der Wettersatelliten zusammen mit den erhaltenen Messdaten vom SWIS ausgewertet. Es ist möglich, detaillierte Straßengebietswettervorhersagen für kleinräumige Gebiete sowie eng begrenzte Zeiträume in 3-Stunden-Intervallen abzugeben. Straßenmeistereien und Betriebshöfe können zum Beispiel entscheiden, ob eine Rufbereitschaft aktiviert oder kurzfristig aufgestockt werden muss. Niederschläge, die zur Glättebildung führen, werden so beispielsweise zwei bis vier Stunden vor Eintritt angekündigt. Städte und Kommunen können die im Rahmen von SWIS erstellten Wettervorhersagen für ihr Klimagebiet und ihre Höhenlage im Winter abonnieren. Aber um die Vorteile von SWIS wirklich nutzen zu können, müssen sie ihr Wetterbeobachtungsnetz ergänzen und benötigen ein dichteres Netz von Glättemeldeanlagen als im Außerortsbereich.

5.5 Thermographie

Beim Prinzip der „Thermographie“ handelt es sich um eine teilautomatische Streudichtesteuerung. Eine Infrarotkamera, die die Temperaturverteilung auf der Fahrbahn misst, wird direkt am Streufahrzeug (hinter der Vorderachse)



montiert. Die gemessene Fahrbahntemperatur wird an den Mikroprozessor der Streuautomaten übertragen. Vom Bedienpersonal werden am Bedienpult nur noch sogenannte Streustufen eingestellt, welche die unterschiedlichen Straßenzustände der Fahrbahn berücksichtigen. In Abhängigkeit von der gemessenen Temperatur kann nun der Bordcomputer die notwendige Streumenge automatisch berechnen und einstellen. Untersuchungen in der Schweiz ergaben vergleichbare Ergebnisse mit den deutschen Erfahrungen zur Streustoffeinsparung.

Die ausgebrachten Taustoffmengen können durch die Thermographie um bis zu 30 Prozent reduziert werden.

Fahrbahnzustand als Streuvorgabe

Streustufe Fahrbahnzustand

- | | |
|---------|--|
| Stufe 1 | Taubildung – Reifglätte |
| Stufe 2 | Feuchte Fahrbahn – überfrierende Nässe |
| Stufe 3 | Nasse Fahrbahn – überfrierende Nässe |
| Stufe 4 | Schneefall |
| Stufe 5 | Manuelle Vorgabe |

5.6 Winterdienst-Management-Systeme

Hohe Verkehrsbelastungen zusammen mit schwierigen Streckenführungen erschweren im Winter den Einsatz der Räum- und Streudienste. Organisatorische Herausforderungen müssen gemeistert werden. Winterdienst-Management-Systeme, kurz „WMS“ genannt, optimieren den Winterdiensteinsatz in einem Maße, dass die Unfallrate erheblich absinkt. Wetterprognosendaten werden genutzt, um den Einsatz vorbeugend durchzuführen, so dass Glätte gar nicht erst entstehen kann. Ein Forschungsprojekt des schweizerischen Bundesamtes für Straßen bestätigt den umfangreichen Nutzen von Winterdienst-Management-Systemen.

Grundgedanke ist es, alle vorhandenen technischen Möglichkeiten für den Winterdiensteinsatz zu nutzen und zu kombinieren. Daraus resultiert dann eine optimierte Einsatzorganisation.

Zur Konzeption des Systems gehören die Straßenzustandsinformationen und -prognosen, die durch Auswertung der Daten der Glättemeldeanlagen und des Deutschen Wetterdienstes bereit gestellt werden. Bei einer Alarmierung sollen alle wesentlichen Informationen zur Art des Einsatzes wie zum Beispiel Streudichte und vorgesehene Route dem Einsatzleiter zur Verfügung stehen. Ebenso werden die Bordcomputer in den Fahrzeugen mit eingebunden. Ein



anderes Element des Winterdienst-Management-Systems ist das Salzmanagement. Die Vergangenheit hat gezeigt, dass es in extremen Wintern mit länger anhaltenden Perioden der Glättegefahr und Glättebildung zu Engpässen bei der Auftausalzversorgung kommen kann. Es ist wichtig, dass die Lagerkapazität (Silos, Hallen) für Salz dem Streubedarf angepasst ist. Hier spielen die Erfahrungen der Vergangenheit eine große Rolle. Einflussfaktoren sind sicherlich die zu betreuende Streckenlänge, die Verkehrsintensität, der eigene und fremde Streufahrzeugbestand, die Topographie und die regionale klimatische Situation.

Das Salzmanagement ist ein wichtiger Garant für die Liefersicherheit. Hier werden fortlaufend die Lagerbestände durch eine automatische Füllstandsanzeige überwacht. Auch die Sole ist in das Salzmanagement eingebunden.

Aktuelle Daten zum Lagervolumen werden gemeldet und führen zu einer Warnmeldung, wenn eine bestimmte Menge unterschritten wird. Die Auftausalzbestände in Hallen und Silos lassen sich ebenso wie die Solebestände in den Tanks kundenseitig mit geeigneten Füllstandsmess-einrichtungen (Radar, Ultraschall, Gewichtsmessdosen, Videokamera etc.) überwachen. Die zeitnahen Nachlieferungen garantieren ausreichend Salzbestände im Lager des Kunden. Die Beladung der Streufahrzeuge aus Salzsilos kann in der Regel schneller und mit weniger Personalaufwand erfolgen als aus Lagerhallen. Die Befüllung der Salzsilos erfordert allerdings die Salzanlieferung in

Silo-Lkw. Eine ideale Kombination für Straßenmeistereien, Stützpunkte oder Bauhöfe besteht aus einer Salzlagerhalle, aus der ein danebenstehendes Verladesilo bei Bedarf nachgefüllt wird, und einer Soleanlage (Lösestation mit Soletank). Dies erlaubt auch die zeitsparende gleichzeitige Fahrzeugbeladung mit Salz und Sole. Durch eine effiziente Beladung der Winterdienstfahrzeuge mit Streustoffen verbessert sich die Qualität des Winterdienstes. Denn die Fahrzeuge sind so schneller wieder im Einsatz und erhöhen damit die Verkehrssicherheit und die Leistungsfähigkeit des Straßennetzes. Insgesamt stellt ein Winterdienst-Management-System ein wirkungsvolles Instrument dar, um den Winterdienst aus der Sicht Verkehrsluft, Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umwelt zu optimieren. Unnötige Einsätze werden vermieden und die gezielte Streustoffanwendung wird weiter optimiert. Die Einführung eines WMS kann sich positiv auf den volkswirtschaftlichen Nutzen des Winterdienstes auswirken, wobei die verhinderten Unfälle und die Zeitgewinne für die Verkehrsteilnehmer entscheidend sind.

5.7 Forschung und Normung

Dem Straßenwinterdienst wird in allen europäischen Ländern eine hohe Priorität seiner Aufgabe und seiner Nutzung nach eingeräumt; im Rahmen eines gemeinsamen europäischen Straßennetzes nimmt er eine wesentliche Rolle ein. COST ist die europäische Koordinationsstelle für Wissenschaft und Forschung und steht für „European Cooperation in the field of Scientific and Technical research“. Unter ihrer Federführung werden entsprechende Forschungsprojekte umgesetzt.



Forschung zur Verbesserung des Winterdienstes in Europa

In 20 europäischen Ländern wurde durch die Studie **COST 344** „Improvements to Snow and Ice Control on European Roads and Bridges“ (Fortschritte bei der Beherrschung von Schnee und Eis auf europäischen Straßen und Brücken) der Winterdienst untersucht. Der Winterdienst und seine Organisation sind in hohem Maß abhängig von klimatischen und geographischen Bedingungen. Aber ebenso von geltenden Rechtsvorschriften und Dienstanweisungen der europäischen Länder und deren regionalen Verwaltungen. Innerhalb der europäischen Landesgrenzen können erhebliche Unterschiede beim Winterdiensteinsatz wahrgenommen werden. Vor allem sind es die rechtlichen Rahmenbedingungen, die mit Blick auf Haftungsfragen einen viel größeren Einfluss auf den praktizierten Winterdienst haben als die klimatischen Bedingungen eines Landes. Alle europäischen Länder organisieren ihren Winterdienst entsprechend der Bedeutung der Straßen, die in der Regel an ihrer Netzfunktion und ihrem Verkehrsvolumen gemessen wird. Je unterschiedlicher die klimatischen Bedingungen, umso differenzierter ist die Winterdienstor-

ganisation. Durch Vergleiche der unterschiedlichen Winterdienststrategien lässt sich im Einzelfall eine Optimierung der eingesetzten Maßnahmen zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit erreichen. Herausstechendes Resultat des europäischen Forschungsprojektes ist die Tatsache, dass in allen Ländern Auftausalz zur Glättebekämpfung eingesetzt wird.

Uneingeschränkt bestätigen die Forschungen und die Erfahrungen der europäischen Länder, dass Auftausalz das wirksamste Mittel zur Beseitigung von Schnee- und Eisglätte ist.

Es gibt keine ökologische und wirtschaftliche Alternative, die Auftausalz ablösen könnte, ist die einhellige Auffassung der 20 am COST-Projekt teilnehmenden Länder. Von 2004 bis 2008 wurde die Studie **COST 353** „Winter Service Strategies for Increased European Road Safety“ durchgeführt, die sich zum Ziel gesetzt hatte, einen Handlungsrahmen für das Management des Straßenverkehrs im Winter zur Steigerung der Straßenverkehrssicherheit zu entwickeln. Neben Deutschland waren 15 weitere Staaten



in COST 353 aktiv. Die Teilnehmer an COST 353 waren im Wesentlichen Vertreter aus Forschungsinstitutionen, Ministerien, Straßenbauverwaltungen und der Industrie. In der Studie wurden neue Technologien für den Winterdienst analysiert, die bereits für den Winterdienst zum Einsatz kommen, wie z.B. alternative Streustoffe, Sensoren für die Erfassung von Fahrbahnzustand und Restsalzgehalt sowie mobile Messmethoden. Zum anderen wurden Technologien, die in anderen technischen Bereichen (vom Straßenbau bis zur Nahrungsmitteltechnologie) genutzt werden, zusammengestellt und hinsichtlich ihres Potenzials zur Verbesserung der Befahrbarkeit im Winter und des Winterdienstes bewertet. Weiterhin wertete man existierende Winterdienst-Management-Systeme in Europa aus, um eine Übersicht über die Einsatzgebiete und Konzeption dieser Systeme geben zu können. Um gemeinsame Qualitätsstandards für den Winterdienst unter Berücksichtigung

der unterschiedlichen Anforderungen und Randbedingungen entwickeln zu können, wurden eine Übersicht über derzeitige Strategien und Qualitätsstandards für den Winterdienst in Europa erstellt.

Normung für den Winterdienst

Die Erstellung des neuen Standards „**Technische Lieferbedingungen für Streustoffe (TL-Streu)**“ wurde auf nationaler Ebene in den Fachgremien der FGSV, bei der Bund-/Länderverwaltung und innerhalb der beteiligten Industriekreise sowie auf EU-Ebene durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen abgestimmt.

In der TL-Streu werden sowohl Tausalze und Tausalzlösungen als auch abstumpfende Streustoffe geregelt.



Die TL-Streu basiert auf den allgemeinen Anforderungen an Streustoffe, die systematisch zusammengestellt und quantifiziert worden sind. Die TL-Streu sieht vor, dass der Anbieter eines Streustoffes bei der Angebotsabgabe in einer Produktbeschreibung auf die Anforderungen bezogene Angaben liefert. Die Angaben sollten durch

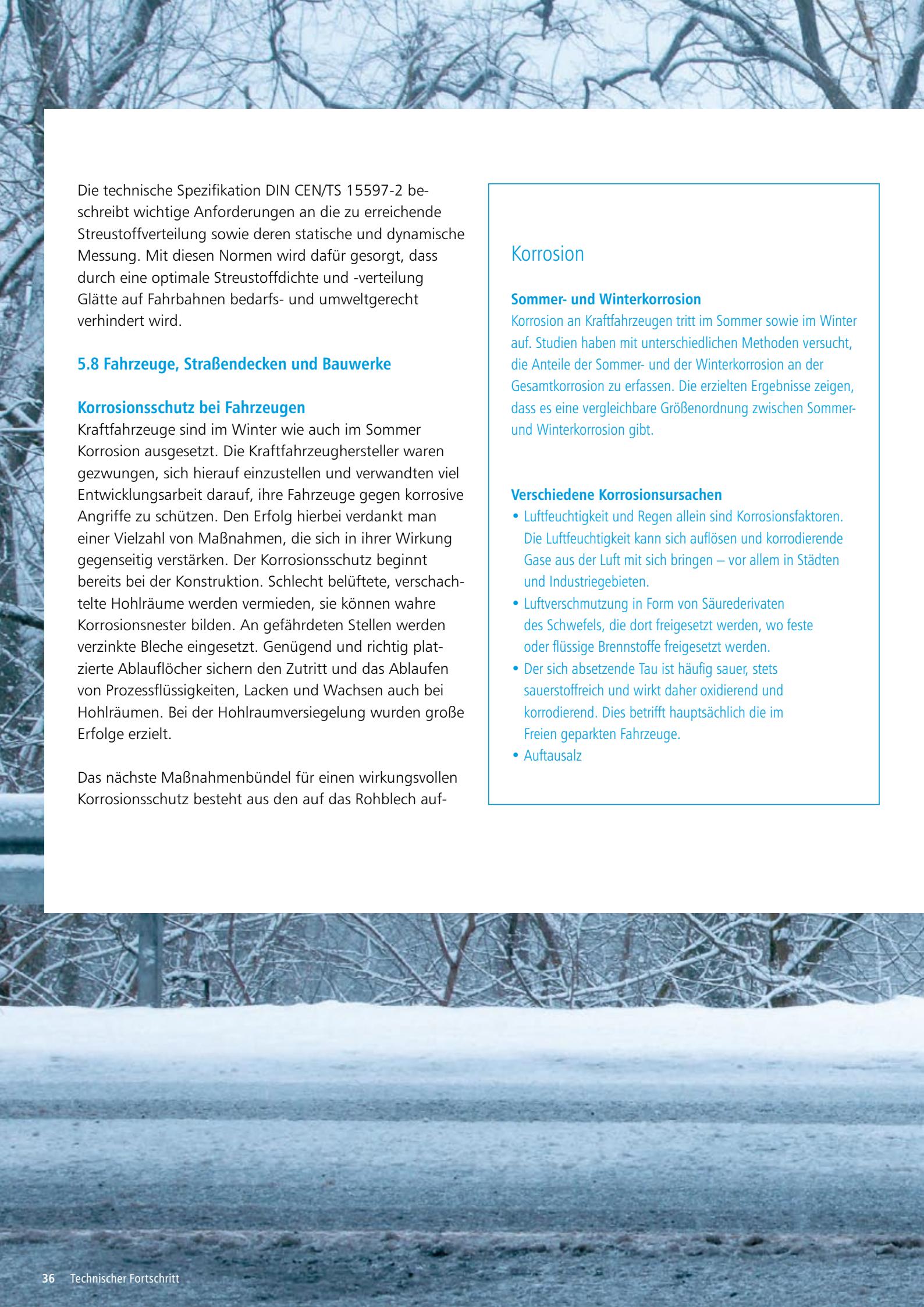
Qualitätsanforderungen für Auftausalz gemäß TL-Streu

- Mind. 96 % Anteil tauwirksamer Substanz (NaCl)
- Antibackmittel als Zusatz
- Max. 2 % Sulfatgehalt
- Nicht mehr als 0,6 % Feuchte bei Silolagerung
- Max. 4 % Feuchte bei Hallenlagerung
- Körnung: Nicht mehr als 5 % Feinanteile unter 0,16 mm, keine Anteile über 5 mm, produktionsbedingte Toleranzen bis zu 2 %
- Grenzwerte für Schwermetalle

ein Prüflabor bestätigt werden und dürfen nicht älter als ein Jahr sein. Ferner regelt die TL-Streu noch Details zu Kontrollprüfungen durch den Auftraggeber und gibt sämtliche notwendigen Prüfverfahren einschließlich Probenahmemethoden wieder. Um den Verantwortlichen für die Beschaffung und Auswahl der Streustoffe weitere Hilfen an die Hand zu geben, wurde ein Kommentar „Hinweise und Empfehlungen für die Beschaffung von Streustoffen“ zur Handhabung der TL-Streu herausgegeben. Dieser Kommentar gibt praktische Hinweise für die Beschaffer und den Streustoffeinsatz. Er enthält auch Beispiele für Probenahmeberichte und für die Bewertung von Tausalzangeboten sowie mögliche Preisabzugsregelungen bei Abweichungen von der vertraglich vereinbarten Qualität.

Normung von Streumaschinen

Die Streumaschinennorm DIN EN 15597-1:2010-02 enthält allgemeine Anforderungen und Angaben für Streumaschinen. Insbesondere werden dort Anforderungen an die Genauigkeit der Streudichte von Streustoffen gestellt. Ein Verfahren für die Streudichteprüfung wird in der Norm beschrieben.



Die technische Spezifikation DIN CEN/TS 15597-2 beschreibt wichtige Anforderungen an die zu erreichende Streustoffverteilung sowie deren statische und dynamische Messung. Mit diesen Normen wird dafür gesorgt, dass durch eine optimale Streustoffdichte und -verteilung Glätte auf Fahrbahnen bedarfs- und umweltgerecht verhindert wird.

5.8 Fahrzeuge, Straßendecken und Bauwerke

Korrosionsschutz bei Fahrzeugen

Kraftfahrzeuge sind im Winter wie auch im Sommer Korrosion ausgesetzt. Die Kraftfahrzeughersteller waren gezwungen, sich hierauf einzustellen und verwandten viel Entwicklungsarbeit darauf, ihre Fahrzeuge gegen korrosive Angriffe zu schützen. Den Erfolg hierbei verdankt man einer Vielzahl von Maßnahmen, die sich in ihrer Wirkung gegenseitig verstärken. Der Korrosionsschutz beginnt bereits bei der Konstruktion. Schlecht belüftete, verschachtelte Hohlräume werden vermieden, sie können wahre Korrosionsnester bilden. An gefährdeten Stellen werden verzinkte Bleche eingesetzt. Genügend und richtig platzierte Ablauflöcher sichern den Zutritt und das Ablaufen von Prozessflüssigkeiten, Lacken und Wachsen auch bei Hohlräumen. Bei der Hohlraumversiegelung wurden große Erfolge erzielt.

Das nächste Maßnahmenbündel für einen wirkungsvollen Korrosionsschutz besteht aus den auf das Rohblech auf-

Korrosion

Sommer- und Winterkorrosion

Korrosion an Kraftfahrzeugen tritt im Sommer sowie im Winter auf. Studien haben mit unterschiedlichen Methoden versucht, die Anteile der Sommer- und der Winterkorrosion an der Gesamtkorrosion zu erfassen. Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass es eine vergleichbare Größenordnung zwischen Sommer- und Winterkorrosion gibt.

Verschiedene Korrosionsursachen

- Luftfeuchtigkeit und Regen allein sind Korrosionsfaktoren. Die Luftfeuchtigkeit kann sich auflösen und korrodierende Gase aus der Luft mit sich bringen – vor allem in Städten und Industriegebieten.
- Luftverschmutzung in Form von Säurederivaten des Schwefels, die dort freigesetzt werden, wo feste oder flüssige Brennstoffe freigesetzt werden.
- Der sich absetzende Tau ist häufig sauer, stets sauerstoffreich und wirkt daher oxidierend und korrodierend. Dies betrifft hauptsächlich die im Freien geparkten Fahrzeuge.
- Auftausalz



zubringenden Schutzschichten. Diese Verbesserungen werden verstkt durch die Einfrung verbesserter Elektrotauchlacke.

Die Qualität der Korrosionsschutzschichten hat heute einen derart hohen Stand erreicht, dass Korrosionsschäden bei modernen Fahrzeugen so gut wie ausgeschlossen sind.

Weitere Lackschichten, die dem schönen, glzenden Aussehen des Kraftfahrzeugs dienen, schzen zusammen mit dem darunter liegenden Steinschlagschutzfller vor korrosiver Einwirkung der Salzlösung und vor mechanischen Beschädigungen. Zu solchen Schädigungen kommt es im normalen Fahrbetrieb durch Steinschlagen, zum Beispiel auf spttgestreuten Straßen. Als Sonderfall seien noch die verchromten Teile erwähnt, die früher durch Korrosion sehr stark angegriffen wurden. Hier wurde durch Einfrung der mikrorissigen Verchromung, eines gut abgestimmten Aufbaus der Schichten unter dem Chrom und einer Erhöhung der Chromschichtdicke ein Qualitätsniveau erreicht, so dass zurzeit keine Korrosionsprobleme auftreten. Die Ergebnisse aus

Untersuchungen zeigen, dass es im Laufe der letzten Jahre gelungen ist, den Korrosionsschutz der Fahrzeuge und damit ihre Lebensdauer zu erhöhen. Als Beleg kann auch der TÜV-Report angeführt werden.

Straßendecken und Bauwerke

Untersuchungen in mehreren Ländern haben keine schädlichen Wirkungen von Auftausalz auf die Lebensdauer von bituminosen Decken gezeigt. Gut abgedichtete Decken werden, selbst wenn sie alt sind, nur geringfig durch Wasser beschädigt. Die in der Praxis beobachteten Schäden sind auf bermig porose Decken zurzufren. Um Schäden zu vermeiden, müssen bituminose Decken ausreichend abgedichtet werden und dürfen keine frostempfindlichen Baustoffe enthalten.

Winterdienst auf offenporigen Asphaltbelgen

Offenporige Asphaltbelge bieten Vorteile für die Verkehrssicherheit und Verkehrsqualität. Allerdings gelten sie als problematisch, wenn es um die Verkehrssicherheit im Winter geht. Die offene Oberflächenstruktur begntigt ein vorzeitigeres Auskühlen als es bei dichten



Straßenbelägen der Fall ist. So setzt die Glättebildung eher ein. Häufig wird dann für die zuständige Meisterei ein vorbeugender Streueinsatz notwendig. In der Regel sind eine größere Salzmenge und die Verkürzung des Streuintervalls notwendig, um die Straßen sicher befahrbar zu halten.

Die hochwertige Qualität des Betons ist ausschlaggebend für seine Widerstandsfähigkeit gegen Frost und Auftaumittel.

Allerdings können extreme Wetterlagen nicht mit einer Vervielfachung der ausgebrachten Salzmenge bekämpft werden. Feuchtsalz kann uneingeschränkt angewendet werden. Glättemeldeanlagen zur frühzeitigen Erkennung von Straßenglätte werden empfohlen. Offenporige

Asphaltbeläge im Streckennetz bedürfen besonderer Aufmerksamkeit durch das Winterdienstpersonal, weil es dort eine schnellere und stärkere Glättebildung geben kann und dann mehr Salz erforderlich ist. Das Winterdienstpersonal muss auf folgende Schwierigkeiten intensiv geschult werden:

- Erhöhte Frostbildung auf Drainasphalt bei schlechterer Voraussage,
- teilweise mühsamere Schneebeseitigung,
- überfrierende Nässe ist häufiger und nur mit höherer Salzdosierung zu beseitigen,
- Eisregen ist zwar selten, aber extrem problematisch und erfordert lange Winterdienstbehandlung.

US-Forschung zur Fahrzeugkorrosion

Die maßgebliche Quelle für Informationen über Fahrzeugkorrosion in den Vereinigten Staaten ist NACE International in Houston (National Association of Corrosion Engineers - Verband der Korrosionsingenieure). Dieser Verband hat im Laufe der Jahre immer wieder Studien durchgeführt, um den Grad der Korrosion an älteren Fahrzeugen zu erfassen.

1976 fand die erste Auswertung statt: 6 Jahre alte Fahrzeuge wurden untersucht, und man fand heraus, dass 90 Prozent von ihnen Durchrostung hatten. Die Autohersteller führten Verbesserungen im Design, in der Konstruktion und im Lackschutz durch, da sie erkannten, dass ihre Kunden in diesem Bereich Fortschritte bei der Entwicklung von Fahrzeugen begrüßten, die in Schneeregionen und Küstengebieten verkauft werden.

Diese Verbesserungen reduzierten die Durchrostung von 90 Prozent im Jahr 1976 auf 6 Prozent im Jahr 1990. Die neueste Untersuchung (März 1998) konnte Durchrostung nur noch bei weniger als einem Prozent der 6 Jahre alten Fahrzeuge feststellen. Der heutige Stand des Korrosionsschutzes ist mehr als ausreichend, um die Lebensdauer der Fahrzeuge erheblich zu verlängern, wie die Studien des Ingenieurverbandes zeigen.



Bauwerke

Schäden an Decken aus Zementbeton sind meist Abplatzungen. Dies gilt auch für Unterbauten von Baudenkmalern, Gebäuden und anderen Konstruktionen. Bei bituminösen Decken sind die Gründe zumeist schlechte Materialmischung oder -fertigung.

Es ist generell darauf zu achten, dass Beton, der im Winter Frost und Tausalz ausgesetzt ist, eine ausreichende Frost- und Tausalzbeständigkeit aufweist. Für Fahrbahnbeton und Beton an Verkehrsbauwerken ist die Verwendung einer Betonqualität entsprechend der Expositionsklasse XF4 (Frostangriff mit Taumittel und hoher Wassersättigung) mit künstlichen Luftporen vorgeschrieben (DIN EN 206-1 und DIN 1045-2). Ein derartiger Beton ist tausalzresistent. Hersteller von Pflastern, Bordsteinen und Platten aus Beton geben Garantien für maximale Abwitterungen im Winter entsprechend den Normen DIN EN 1338, 1339 und 1340. Die Bewehrung des Betons wird vor einem Chloridangriff durch standardgemäße Zusammensetzung und Verar-

beitung sowie durch ausreichende Überdeckung gemäß DIN 1045-1 geschützt. Rissiger bewehrter Beton bedarf der Sanierung, damit das Bewehrungsseisen nicht durch Chlorid angegriffen wird.

Regeln zur Betonverarbeitung

- Ausreichender Zementgehalt
- Frostbeständige Zuschlagstoffe
- Niedriger Wassergehalt
- Gute Mischung und sorgfältige Fertigung
- Intensives Einrütteln des Betons und gute Verdichtung der Oberfläche
- Geeignetes Nachbehandlungsmittel gegen vorzeitiges Austrocknen
- Verwendung von Luftporenbildnern ist zu empfehlen
- Zeitraum, um ausreichende Festigkeit zu entwickeln

6.

Umweltgerechter Winterdienst

Früher wurden die Auswirkungen des Winterdienstes mit Auftausalz auf die Umwelt kaum bedacht. Es wurde nach dem Grundsatz für die Verkehrssicherheit verfahren: Viel hilft viel. Bei sehr hohem Anforderungsniveau der Verkehrsteilnehmer an schwarze Straßen im gesamten Straßennetz im Winter und bei wenig entwickelter Streutechnik war es erklärlich, dass zu Beginn der sechziger Jahre der Umgang mit Auftausalz sorgloser war. Nachdem der Umweltgedanke immer stärker ins Bewusstsein trat, wurde Ende der siebziger Jahre das kurz bevorstehende Ende aller Straßenbäume durch Einsatz von Auftausalz ausgerufen. Im Rahmen der Umweltdiskussion der achtziger Jahre wurde von allen Verantwortlichen der Winterdienst weiterentwickelt. So wurden Forschungsvorhaben initiiert, vorhandene Winterdiensttechniken verbessert sowie neue Winterdienstmethoden entwickelt. Die Streutechnik wurde erheblich verbessert.

Der differenzierte Winterdienst hat die Anwendung von Auftausalz auf das erforderliche Maß an Strecken beschränkt. Pflege- und Sanierungsmaßnahmen sowie eine standortgerechte Pflanzenauswahl entlasten zusätzlich. Straßenbauliche Maßnahmen (Entwässerungssysteme, Spritzschutz u. a.) kommen hinzu.

Die Auswirkungen von Auftausalz lassen sich damit in vertretbaren Grenzen halten.

Die Streutechnik beim Straßenwinterdienst hat seit den fünfziger Jahren mehrere Entwicklungsstufen mit dem Ergebnis durchlaufen, dass durch den technischen Fortschritt in Verbindung mit verbesserten Wetterinformationen und der genaueren Kenntnis der Zusammenhänge zwischen Wettergeschehen und Auftausalzanwendung die Streumenge um mehr als 50 Prozent reduziert werden konnte. Eine weitere aktuelle Optimierung ist der Einsatz der Solestreue, der nochmals die Salzmenge reduziert.

Anfangs wurde das Salz mit der Schaufel vom Lkw auf die Straße geworfen. Später gab man das Salz mit Schaufeln in einen einfachen Streuer, der es mechanisch verteilte; Streubreite und Streumenge waren eher Zufallsprodukte. Zum Ende der fünfziger Jahre wurden die ersten Streuautomaten eingesetzt. Mitte der sechziger Jahre führte man die Wegeabhängigkeit dieser Streuautomaten mit der sogenannten Tachosteuerung ein. Voll elektronisch geregelte Streuautomaten wurden zu Beginn der siebziger Jahre mit stufenlos einstellbarer, voll synchronisierbarer Streubreite-einstellung auf den Markt gebracht.



Neue Maßstäbe in der Streuautomatentechnik wurden ab 1989 mit der Einführung der Streudatenverarbeitung über Mikroprozessorechner im Digitalsystem gesetzt. Die Steuerzentrale befindet sich im Fahrerhaus; der an die Steuerzentrale angebaute Streudienstrechner zeigt den Streuplan an, begrenzt die maximale Streumenge und erfasst alle relevanten Daten auf Datenträger. Sie kann nach Beendigung des Streueinsatzes am PC ausgewertet werden.

6.1 Umweltaspekte

Es gibt zahlreiche Untersuchungen über die Auswirkungen von Auftausalz auf Pflanzen, Boden und Gewässer. Neben vielen Einzelstudien hat sich die OECD in einem umfassenden Bericht („Verringerung des Einsatzes von Auftaumitteln im Winterdienst“, hrsg. v. Bundesminister für Verkehr) mit dem Winterdienst auf Europas Straßen und seinen Auswirkungen auf die Umwelt auseinandergesetzt. In Teilbereichen, insbesondere den Straßen der Dringlichkeitsstufe I, ist beim kommunalen Winterdienst der Einsatz von Auftausalz unverzichtbar. Forschungsergebnisse zeigen, dass Schadwirkungen an Straßenbäumen zumeist einem

Stressfaktoren der Straßenbäume

Als Stressfaktoren für Straßenbäume sind vor allem ungünstige Bodenverhältnisse im Straßenrandbereich zu nennen:

- Bodenverdichtung
- Abdeckung und Versiegelung der Baumscheiben/-streifen
- Einengung des Wurzelraumes
- Wasser-, Nährstoff- und Sauerstoffmangel
- mechanische Schädigung von Wurzeln
- Verunreinigungen (z. B. Motoröl)

Hinzu kommen oberirdisch wirksame Stressfaktoren:

- typisches Großstadtklima, „Backofeneffekt“
- gas- und staubförmige Luftverunreinigungen (Immissionen)
- mechanische Schädigung von Stamm, Ästen und Zweigen
- „Saurer Regen“

Komplex verschiedener Faktoren zuzurechnen sind, an dem viele standortspezifische Einflussgrößen in unterschiedlichem Maße beteiligt sein können.

Pflanzen

Natrium und Chlorid sind überall in der Natur vorhanden und stellen elementare Bausteine des Lebens dar. Im Gegensatz zu Menschen und Tieren benötigen Pflanzen in der Regel nur sehr geringe Mengen an Salz und reagieren empfindlich darauf. Sie verfügen über Mechanismen, die einen Überschuss sowie einen Mangel an Salz in gewissem Umfang ausgleichen können (Salzregulationsmechanismen). Chlorid wird zu den Mikronährelementen gezählt und in den pflanzenspezifischen Mengen zum optimalen Wachstum benötigt. Für die Chloridaufnahme existiert ein effizientes Aufnahmesystem. Von dem überwiegenden Teil der an Straßen gepflanzten Baumarten wird Chlorid in erheblichen Mengen aufgenommen, da die Chloridaufnahmesysteme bei hohem Chloridgehalt im Boden mit hoher Leistung arbeiten. Pflanzen verfügen über Speicherplätze als Puffer; so kann auf aktivem Weg auch Chlorid

aus den Leitbahnen der Wurzeln und des Stammes in die umliegenden Zellen des Holzteiles gelangen und gespeichert werden. Für die Verträglichkeit der Chloridaufnahme gibt es einen Grenzwert von maximal 0,1 bis 0,3 Prozent Chlorid in der Trockenmasse. Stellt man im Blatt der Pflanze mehr als ein Prozent Chlorid in der Trockenmasse fest, so gilt sie als geschädigt. Die Chloridgehalte im Jahresverlauf sind starken Schwankungen unterworfen, erhöhen sich in der Regel weder in der Pflanze noch im Boden absolut.

Natrium ist ebenfalls ein wichtiges Mikronährelement. Ausgeprägte Aufnahmesysteme wie beim Chlorid fehlen, so dass wenig Natrium in der Pflanze vorhanden ist. Natrium gelangt nur unter extremen Bedingungen in nennenswerten Mengen in die Blätter. Erst bei fortgesetzter hoher Natriumaufnahme sind die möglichen Speicherplätze in den Wurzeln und im Stammholz weitgehend aufgefüllt, so dass Natrium auch in die Blätter transportiert wird. Für eine Natriumaufnahme ist kein Grenzwert bekannt.

Ihrem äußereren Erscheinungsbild nach gleichen die durch Auftausalz hervorgerufenen Symptome denen von Wasser- und Kaliummangel sowie gas- und staubförmigen Immisionsbelastungen. Auftretende Entwicklungsstörungen auf nur eine Ursache zurückzuführen, sind deshalb selten gerechtfertigt. Auf den Wasserhaushalt von Straßenbäumen wirkt eine Vielzahl von Faktoren ein. So trägt die geringe Versickerung des Niederschlagswassers aufgrund versiegelter und verdichteter Straßenrandböden maßgeblich zum Trockenstress der Bäume bei. Hohe Schwermetallgehalte





im Boden hemmen die Wasseraufnahme, wobei z. B. Blei offenbar die Membranen der Wurzelzellen abdichtet; es ist deshalb nicht auszuschließen, dass der Wasserhaushalt von Straßenbegleitgrün auch von dieser Seite her belastet wird.

Letztlich ist es aber immer eine kombinierte Wirkung aller negativen Einflüsse, die die Vitalität der Straßenbäume einschränkt.

Untersuchungen an Autobahnen sowie Bundes-, Landes- und Kreisstraßen haben keine dauerhaften Schäden an Pflanzen am Straßenrand von Außerortsstraßen festgestellt. Nur vereinzelt wurden Schädigungen unmittelbar an Autobahnen nachgewiesen. Diese beschränken sich zu 80 Prozent auf einen Entfernungsbereich von rund sechs Metern von der Fahrbahn. Sie entstehen durch die von den Fahrzeugen aufgewirbelte Salzgischte. Vereinzelt gelangt Chlorid über die Wurzeln in die Pflanzen, wodurch länger anhaltende Schäden auftreten können. Solche Einzelfälle treten vor allem an abfallenden Böschungen, Trennstreifen von Parkplätzen und Stellen, an denen Schmelzwasser konzentriert im Boden versickert, auf. Darauf wird heute mit baulichen Maßnahmen (Kanalisation und Drainage sowie Ableitung des Schmelzwassers) reagiert. Vor allem Gischtschäden entlang der Autobahnen wird durch eine standortgerechte Bepflanzung begegnet. Es werden hinreichende Abstände eingehalten, nur unempfindliche Baumsorten gepflanzt und eine systematische Gehölzpfllege betrieben. Eine Standspur wirkt sich stark reduzierend auf mögliche Gischtschäden aus.

Salzregulationsmechanismen

Das selektive Ionen-Aneignungsvermögen, die Ionen-Rückverlagerung aus dem Stammholz in die Wurzelorgane mit anschließender Abgabe in den Boden sowie die Ionen-Sicherung vor allem in älteren Wurzeln und Stammpartien sind bei bestimmten Pflanzenarten als sehr wirksame Salzregulationsmechanismen erkannt worden. Diese Salzregulationsmechanismen sollen eine Überschwemmung der Blätter mit Ballast-Ionen verhindern; darüber hinaus kann eine arten- und sortenspezifische plasmatische Toleranz vorliegen, die aus der Fähigkeit der Pflanzenzellen resultiert, auch höhere NaCl-Mengen ohne Schädigung zu vertragen.

Pflege- und Sanierungsmaßnahmen bei Pflanzen und Boden

Durch ein ausgeklügeltes System von intensiver Pflege und nachhaltigen Sanierungsmaßnahmen können die Auswirkungen einer möglichen erhöhten Natrium- und Chloridbelastung bei Pflanzen und Boden deutlich vermindert werden. Die verschiedenen Gehölzarten reagieren sehr unterschiedlich auf die Belastungen, denen sie ausgesetzt sind. Sogenannte stadt-harte Alleenbäume sind Eichen, Robinien und Zürgelbäume; sie vertragen die extremen Lebensbedingungen weitaus besser als sogenannte stadtempfind-

liche Alleeäume wie z. B. Linde, Rosskastanie, Spitz- und Bergahorn. Für den Straßenrandbereich wird empfohlen, salztolerante Bäume anzupflanzen. Von wesentlicher Bedeutung für eine erfolgreiche Anpflanzung sind Kenntnisse über die Eigenschaften der Gehölze, sie ermöglichen die Auswahl der für die jeweiligen Standortbedingungen geeigneten Bäume und Sträucher.

Boden

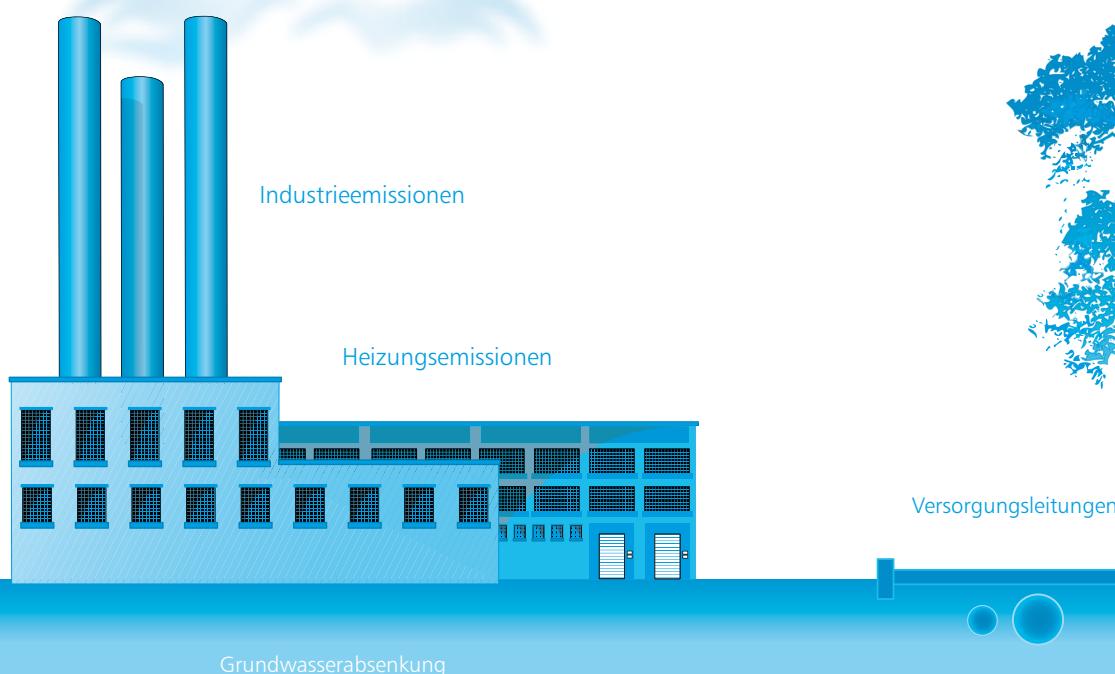
Die Salzbelastung des Bodens infolge von Auftausalz ist bereits in einer Entfernung von zwei bis zehn Metern vom Fahrbahnrand gering. Nur in wenigen Ausnahmefällen – wie bereits bei Pflanzen beschrieben – z. B. abschüssigen Böschungen oder straßennahen Trennstreifen von Autobahnen kann es zu Belastungen des Bodens durch Auftausalz über das Schmelzwasser kommen. Soweit das Schmelzwasser nicht über eine Entwässerung abgeleitet wird, dringt es in den Boden ein. Natriumchlorid wird im Boden weder mikrobiell abgebaut noch durch chemische

Ausfällung oder Anlagerungen an Bodenpartikel (Ionenaustausch) auf Dauer zurückgehalten. Durch Niederschlags- und Sickerwasser wird das Salz verdünnt und ausgewaschen.

Grad und Intensität der Auswaschung von Natriumbzw. Chloridionen ist vor allem von der Niederschlagsmenge und Bodenbeschaffenheit und den unterschiedlichen hydrogeologischen Verhältnissen abhängig.

Allgemein gültige Aussagen in Bezug auf den zeitlichen Verlauf der Auswaschung sind schwierig. Im Ergebnis zeigt sich, dass nur in unmittelbarer Nähe zum außerörtlichen Straßenrand erhöhte Salzkonzentrationen festgestellt werden können. Zusätzlich gelangt Chlorid als Bestandteil von Auftausalz in den Boden und erhöht dort das Chloridgehalt. Es verbindet sich nicht mit anderen Ionen und wird daher leicht ausgewaschen. Der Boden im Straßen-

Stressfaktoren für das Straßenbegleitgrün



randbereich hat eine starke Umgestaltung erfahren: neben Bodenverdichtungen im Untergrund während des Straßenbaus (Rohr-, Kabelleitungen u. a.) kommt es auch in den oberflächennahen Bodenschichten infolge der Verkehrslast zu Verdichtungen. Bodenverdichtung und -versiegelung führen dazu, dass die Wasserversorgung erschwert und die notwendige Sauerstoffversorgung der Wurzeln behindert wird. Verdichtungen, insbesondere der Bodenoberfläche, beeinträchtigen die Versickerung von Niederschlagswasser und erschweren die Auswaschung von Chlorid.

Neben einer Vergrößerung der Baumscheibe fördert eine Bodenlockerung das Eindringen von Niederschlagswasser und somit die Auswaschung von Chlorid. Zusätzliche Bewässerungsmaßnahmen verstärken diesen Effekt.

Chlorid wird durch die Niederschläge stärker aus dem Bodenprofil (bis zu einem Meter Tiefe) ausgewaschen als Natrium. Der Grund für dieses unterschiedliche Verhalten liegt in der stärkeren Bindung der Natriumionen an Bodenpartikel, was teilweise zu geringen Bodenverdichtungen führen kann. Wegen des großen Einflusses anderer Faktoren kommt Natrium keine eigenständige Bedeutung zu.

Sanierungsmaßnahmen innerorts

- Verhinderung des Eindringens von Schmelzwasser in den Wurzelbereich durch bauliche Maßnahmen
- Vergrößerung der Baumscheiben und Baumstreifen
- Verhinderung und Beseitigung von Bodenverdichtungen
- Austausch ungeeigneten Bodensubstrats
- Einbau von Bewässerungs- bzw. Belüftungsrohren
- Pflanzung von salz- und trockentoleranten Gehölzarten
- Rückschnitt der Baumkrone
- Schließung der Pflanzräume durch Unterwuchs
- Ausreichender Pflanzabstand vom Straßenrand
- Sicherung einer ausreichenden Wasserversorgung
- Verbesserung der Nährstoffversorgung

Sanierungsmaßnahmen außerorts

- Schutz vor salzhaltigem Schmelzwasser durch Kanalisation/Drainage
- Schutz vor salzhaltigem Spritzwasser und Sprühnebel durch Abstandsflächen
- Erhöhung des Pflanzenabstands
- Anpflanzung salz- und trockenheitstoleranter Gehölzarten
- Anbau eines Schutzriegels aus Sträuchern
- Maßnahmen der Gehölzpfllege

Krankheiten, Schädlinge

Straßenabwässer,
Straßenabrieb

Kfz-Emissionen

Bauschutt

Bodenverdichtung



Oberflächen- und Grundwasser

Die in der Deutschen Trinkwasserverordnung vom 31. Oktober 2006 aufgeführten Grenzwerte betragen für Natrium 200 mg/l und für Chlorid 250 mg/l. Diese Grenzwerte werden selbst bei Spitzenbelastungen nicht erreicht. Von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) wurden die Grenzwerte für Natrium und Chlorid im WHO-Trinkwasserstandard von 2006 aufgehoben. Lediglich der Hinweis, dass es zu geschmacklichen Beeinträchtigungen bei Werten von über 200 mg/l bei Natrium und 250 mg/l bei Chlorid kommen kann, wird gegeben. Die Werte sollen auch verhindern, dass das Wasser korrosiv wirkt. Im Winter kann es aufgrund des Auftausalzes zu einer besonderen Belastung des Oberflächenwassers mit Natrium und Chlorid kommen. Es findet jedoch schnell eine erhebliche Verdünnung der Konzentrationen statt. Der überwiegende Teil des im Winter auf städtischen

Straßen ausgebrachten Auftausalzes gelangt mit dem Schmelzwasser über die Kanalisation in die Vorfluter. Wie viel salzhaltiges Schmelzwasser in den Straßenrandbereich gelangt, hängt vom Ausbau bzw. der Effektivität der Entwässerungseinrichtungen ab. Vielfach sind Kommunen dazu übergegangen, bestimmte Verkehrswege von der Tausalzanwendung auszunehmen und Salz nur noch auf besonders gefährlichen und verkehrswichtigen Straßenabschnitten sowie bei starken Steigungen oder verkehrsreichen Kreuzungen einzusetzen. Auch hierdurch findet eine Reduzierung der Salzfracht im Oberflächenwasser statt. Autobahnen, größere Bundesstraßen und wichtige Landesstraßen verfügen über leistungsfähige Entwässerungssysteme. Im Winter wird über die entsprechenden Entwässerungssysteme und die Kanalisation die überwiegende Menge des Schmelzwassers abgeleitet und mit Oberflächenwasser verdünnt.



Durch Auftausalz bedingte Natrium- und Chloridkonzentrationen der fließenden Gewässer über die zulässigen Grenzwerte der Trinkwasserverordnung hinaus sind nicht bekannt. Die Erhöhung des Chloridgehaltes im Grundwasser durch Tausalze ist nach vorliegenden Untersuchungen bisher nur in der unmittelbaren Nähe von Autobahnen und Fernstraßen festgestellt worden, da Grundwasser große Versickerungsflächen voraussetzt. Die durchschnittliche jährliche Erhöhung war sehr gering und betrug nach einer Untersuchung in Bayern nicht mehr als zwei Milligramm pro Liter in einem Zeitraum von etwa 15 Jahren. Die Reichweite der Tausalzbeeinflussung des Grundwassers in den oberflächennahen Grundwasserströmen endet etwa 25 Meter seitlich der Straße. All diese Werte liegen weit unter dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung für Chlorid von 250 mg/l. Diese Werte ergeben sich aus einer Studie über hessische Außerortsstraßen sowie einer Untersuchung über 46 Grundwasserbrunnen in Bayern.

Die Ergebnisse werden durch eine von der OECD durchgeführte Studie bestätigt, wonach weder bei Grundwasser noch bei Oberflächengewässern ein nennenswerter Anstieg der Salzkonzentration stattfindet und dauerhafte Schädigungen von Pflanzen und Tieren im Wasser – auch besonders

empfindlicher Lebensformen – mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden können. Beeinträchtigungen der Trinkwasserversorgung sind nicht zu befürchten.

Auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS) hat das schweizerische Bundesamt für Strassenbau eine Studie anfertigen lassen, die den Einfluss der Ausbringung von Salz auf das benachbarte und entferntere Grundwasser untersucht. Die Untersuchungsergebnisse bestätigen die Prognosen der am Forschungsprojekt beteiligten Hydrogeologen und Chemiker, wonach bei quantitativ bedeutenden und selbst noch bei lokalen Grundwasservorkommen mäßiger Ergiebigkeit keine Probleme bestehen. Neu ist in diesem Zusammenhang lediglich, dass die Gesamtbewertung nicht aufgrund von Einzeldaten ohne größeren Zusammenhang, sondern auf Basis einer großen Fülle verknüpfter Ergebnisse erfolgt. Bisher halbwegs bewiesene Aussagen zur Grundwasserbelastung durch Auftausalz sind jetzt so zusammenhängend abgesichert, dass für die erwähnten Grundwasservorkommen der hinreichende Beweis „keine Probleme“ erbracht ist. Das schweizerische Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat 2009 in seinem Bericht „Ergebnisse der Grundwasserbeobachtung in den Jahren 2004 bis 2006“ vergleichbare



Empfehlungen der Schweizer Studie

- Die künstliche Entwässerung von bedeutenden Verkehrsträgern ist bei intensivem Einsatz von Streusalz unabdingbar, die Abwasserleitung muss in einen leistungsfähigen Vorfluter erfolgen.
- Die technischen Einrichtungen der Streufahrzeuge müssen dem Stand der Technik entsprechen.
- Der Einsatz von Streusalz muss sich – ohne das Risiko einer Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit einzugehen – auf das Minimum beschränken.
- Um den Salzeinsatz – bei gleicher Effizienz – auf das technisch machbare Minimum zu begrenzen, sollte in Straßenbereichen mit hohen Salzgaben ausschließlich Feuchtsalz verwendet werden.
- Die Beschaffenheit des Grund- bzw. Quellwassers sollte periodisch überwacht werden.
- Der Wirkungsgrad aller bisher beschriebenen Maßnahmen in der Summe wird auf wenigstens 50 Prozent geschätzt, 60 Prozent werden als möglich erachtet.

Ergebnisse veröffentlicht. An 50 Messstellen wird viermal im Jahr der Chloridgehalt im Grundwasser gemessen. Die Hauptbodenutzung durch Siedlung und Verkehr ebenso auch das Oberflächenwasser beeinflussen die Grundwasserqualität und damit auch die Chloridkonzentration. Von 2003 bis 2006 sind zwar steigende Chloridkonzentrationen zu beobachten; diese werden auf den erhöhten Auftausalzeinsatz in den schneereichen Wintern 2004/2005 und 2005/2006 zurückgeführt. Allerdings liegt die Chloridkonzentration im Allgemeinen unter dem Anforderungswert der schweizerischen Gewässerschutzverordnung von 40 mg/l. Die Hälfte der Messstellen wies lediglich mittlere Chloridkonzentrationen von ca. 10 mg/l auf. Die angetroffenen Konzentrationen von Chlorid sind unproblematisch. Keine Alternative für Autobahnen, Hochleistungsstraßen, wichtige Verbindungsstraßen u. a. sind abstumpfende Mittel (Sand, Splitt). Die weitgehende Ineffizienz auf stark befahrenen Verkehrsträgern ist hinreichend bewiesen. Die möglichen Gefährdungen von Pflanzen, Boden und Wasser durch den Einsatz von Auftausalz müssen beachtet werden. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass keine dauerhaften systematischen Schädigungen festgestellt werden konnten.

Mögliche schädigende Auswirkungen sind durch eine standortgerechte Bepflanzung, bauliche Maßnahmen bei der Entwässerung und den sparsamen Einsatz von Auftausalz zu begegnen.



Den Studien ist zu entnehmen, dass - von Ausnahmesituationen abgesehen - auch nach vielen Jahrzehnten des Auf-tausalzgebrauchs keine nachhaltigen Schäden an Pflanzen, Boden und Wasser außerorts festgestellt werden konnten.

Tiere

Tiere bedürfen einer regelmäßigen Zuführung von Salz, z. B. Salzlecksteine, salzhaltige Futtermittel. Katzen und Hunde können Tausalz aufnehmen, indem sie es von den Pfoten ablecken. Diese Aufnahme wird durch verstärktes Wassertrinken ausgeglichen. Entzündungen der Pfoten sind meist auf Verletzungen, nicht zuletzt durch abstumpfende Streustoffe (Splitt, Granulat), zurückzuführen. Jedoch können die Pfoten von Hund oder Katze trocken und rissig durch Salz an den Ballen ihrer Pfoten werden. Abhilfe kann durch Einreiben der Pfoten mit fetthaltiger Creme geschaffen werden.

Feinstaubbelastung im Winter

Hohe Feinstaubkonzentrationen treten häufig im Winter auf und es liegt nahe, auch die Winterdienstaktivitäten in diesem Kontext zu betrachten. Wetterlagen, die den

Luftaustausch behindern, oder vermehrte Emissionen von Gebäudeheizungen sind vor allem ein Grund für den Anstieg der Feinstaubkonzentration. Wird der Winterdienst nach „Stand der Technik“ durchgeführt, ist der Beitrag zur Feinstaubbelastung in Deutschland gering. Um einschätzen zu können, wie der Winterdienst im Sinne der Feinstaubminderung verbessert werden kann, muss die Frage, wo überhaupt Feinstaubbelastung im Winterdienst entsteht, beantwortet werden. Unterschiedliche Faktoren sind verantwortlich: Abgasemissionen der eingesetzten Fahrzeuge, abstumpfende Streustoffe, Staubemissionen bei der Straßenreinigung und beim Aufnehmen der abstumpfenden Streustoffe.

Vier wirkungsvolle Maßnahmen im Winterdienst unterstützen die Feinstaubminderung.

Im Vordergrund stehen die Reduzierung der Streumengen und die Dosierung der Streustoffe. Moderne Winterdienst-Fahrzeuge sind mit einer elektronischen, wegeabhängigen Streueinrichtung ausgestattet und können darüber hinaus die Streumenge an die Fahrbahntemperatur anpassen.



Weiterhin ist der Einsatz des Straßenwetterinformationsystems SWIS eine entscheidende Verbesserung, um den Winterdienst wirksam und effizient durchzuführen. Der dosierte und gezielte Feuchtsalzeinsatz verringert deutlich Wehverluste und trägt zur Verminderung der Staubbela stung bei. Besonders nachteilig hinsichtlich der Feinstaubbelastung ist der von abstumpfenden Streustoffen verursachte höhere Verschleiß von Reifen und Fahrbahn sowie der Streustoffe selbst.

Die ausgebrachte Menge der abstumpfenden Streustoffe überschreitet die Menge der Taustoffe um mindestens den Faktor zehn. Insgesamt besitzt der Winterdienst nur sehr wenig Potenzial, um die Luftqualität zu verbessern. Auch ist seine gesundheitliche Relevanz wegen der groben Größe der Partikel und der chemischen Zusammensetzung, nämlich Gestein und Salz, unproblematisch. Eine verbesserte Luftqualität ist vor allem durch den Einsatz sauberer Fahrzeugtechnik bei Pkw und Nutzfahrzeugen und intelligente Verkehrssteuerung zu erreichen.

6.2 Auswirkungen von Splitt

Die Streuung abstumpfender Stoffe soll das Salzstreuen ersetzen und die bekannten Auswirkungen der Salzstreuung auf Pflanzen, Fahrzeuge und Bauwerke vermeiden. Im Gegensatz zum Auftausalz beseitigen abstumpfende Stoffe die Glätte nicht, sondern vermindern die Glätte lediglich vorübergehend. Der für den Bremsweg und die Fahrstabilität maßgebende Kraftschluss zwischen Fahrzeugrad und Fahrbahn wird damit nur geringfügig verbessert; bei Eis- und Reifglätte sind abstumpfende Stoffe wirkungslos.

Unfallanalysen bestätigen, dass mit abstumpfenden Streustoffen nicht das Maß an Verkehrssicherheit erreicht werden kann wie mit Auftausalz.

Die benötigte Menge pro Flächeneinheit ist bei abstumpfenden Stoffen im Vergleich zu Auftausalz um mehr als das Zehn- bis Fünfzehnfache größer. Hinzu kommen eventuell erforderliche Nachstreuungen, da nach wenigen Fahrzeugüberfahrten der Streustoff aus der Rollspur geschleudert ist. Entsprechend höher ist der finanzielle Aufwand für



Kauf, Transport, Lagerung und Streuung sowie der personelle Aufwand bei der Ausbringung und Wiederaufnahme, denn letztlich müssen die abstumpfenden Mittel wieder aufgekehrt, entsorgt oder aufwändig recycelt werden.

Ein weiteres Problem der Verwendung abstumpfender Streustoffe ist die Staubbela stung während der Liegedauer auf den Straßen sowie bei der Wiederaufnahme (Kehren).

Im Auftrag des Umweltbundesamtes und der Berliner Stadtreinigungsbetriebe wurde vom Bundesgesundheitsamt die Staubbela stung infolge der Splitstreutung in Berlin analysiert. Der Bericht stellt fest, das gerade bei trockenen Wetterlagen „eine gesundheitliche Beeinträchtigung von Passanten als auch von Anwohnern stark befahrener, mit Quarz-Kies-Splitt bestreuter Straßen durch Schwebstaub-Immissionen nicht auszuschließen ist“.

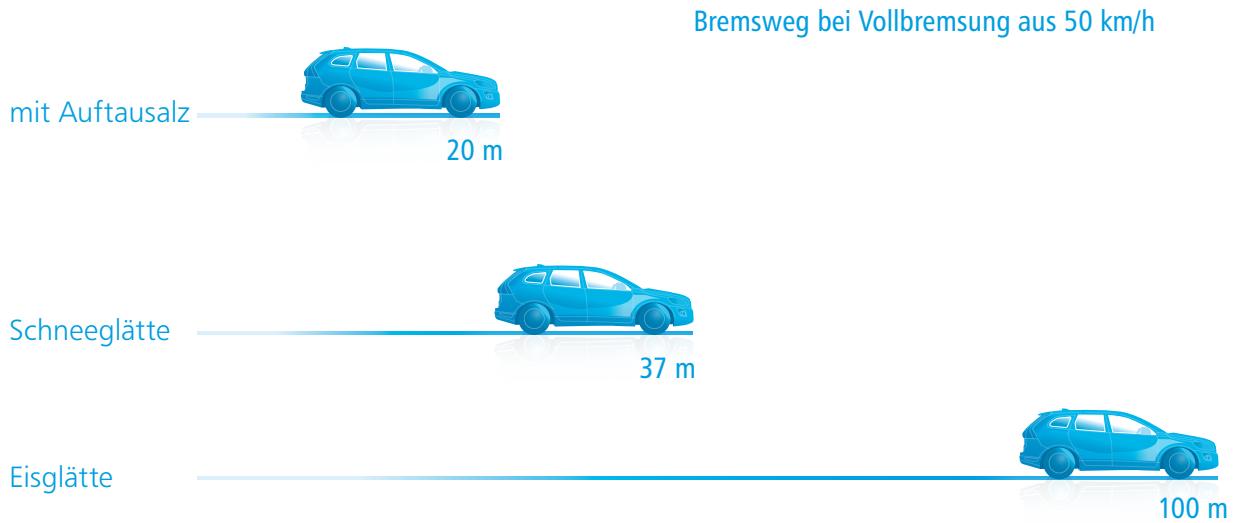
Noch kritischer ist die Situation für das Kehrpersonal, speziell für die Handkehrer: Hier ist nicht nur eine vorübergehende gesundheitliche Beeinträchtigung anzunehmen, sondern eine „silikogene Gefährdung bei häufigem Einsatz nicht ohne weiteres auszuschließen“ (Staublunge). Diese Ergebnisse geben zu Besorgnis Anlass ebenso wie bedenkliche Schwermetallgehalte verschiedener abstumpfender Stoffe.

Ergebnisse der Dekra-Unfallforschung

Auf einer winterlichen Fahrbahn, schnee- oder eisbedeckt, die mit Auftausalz behandelt wurde, ist der Bremsweg eines Autos bis zu 80 Prozent kürzer als auf derselben Fahrbahn ohne Auftausalz. Abstumpfende Streustoffe bewirken eine Reduzierung des Bremswegs um maximal 30 Prozent. Weiter zeigt sich, dass das Auto auf der salzgestreuten Strecke während des Bremsvorgangs richtungsstabiler ist. Die Wahrscheinlichkeit, dass das Fahrzeug ausrichtet, ist deutlich geringer.

Bei einer Vollbremsung aus 50 km/h steht der Wagen auf eisglatter Fahrbahn – ohne Dreher und Kollision – nach etwa 100 Meter, auf Schnee nach rund 37 Meter. Auf einer mit Auftausalz gestreuten, nassen Strecke verringert sich der Bremsvorgang auf etwa 20 Meter.

Gegenüber Alternativen wie Sand, Splitt oder Granulaten hat Auftausalz nach der Dekra-Untersuchung einen grundsätzlichen Vorteil. Sofort nach der Aufbringung auf einer schnee- oder eisbedeckten Fahrbahn beginnt der Schmelzprozess. Das Ergebnis ist eine schnee- oder eisfreie, feucht-nasse Fahrbahn.



Die ausgestreuten abstumpfenden Mittel werden zwar vom Verkehr aus den Rollspuren geschleudert, bleiben aber innerorts im Straßenraum liegen; sie werden vom Verkehr teilweise zermahlen und müssen später wieder aufgenommen werden. Erfahrungsgemäß werden von

den Städten etwa zwei Drittel bis drei Viertel wieder aufgekehrt, allerdings zum Teil zerkleinert sowie verunreinigt durch groben Straßenabfall, Gummiabrieb, Ölreste und Schwermetalle. Das eingesammelte Kehrgut kann in dieser Form als Streustoff nicht wiederverwendet werden,



und es stellt sich die Frage der aufwändigen Entsorgung bzw. Wiederaufbereitung. Bislang wird das Kehrgut in den meisten Fällen auf Deponien abgelagert. Wegen der verschärften Abfallgesetzgebung (TA Siedlungsabfall), dem Gebot der Schonung von Deponieflächen, aber auch wegen der rasant steigenden Deponiekosten, ist die Entsorgung auf Deponien sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch nicht mehr vertretbar. Damit bleibt nur noch der Weg der Wiederaufbereitung. In jüngster Zeit gibt es Bemühungen, Verfahren zur Wiederaufbereitung von Streusplitt (Recycling) zu entwickeln. Dies ist jedoch mit hohen Kosten und zusätzlichen Umweltbelastungen verbunden, zudem liefert das Verfahren bislang keine befriedigenden Ergebnisse.

Unter dem Gesichtspunkt des Abfallvermeidungsgebots ist die Anwendung abstumpfender Stoffe auch kritisch zu sehen.

Daher wird vom zuständigen Fachausschuss Winterdienst des Verbandes Kommunaler Abfallwirtschaft und Stadtreinigung in der neuesten Informationsschrift zum differenzierten Winterdienst sowie im aktuellen Winterdienstmerkblatt empfohlen, auf abstumpfende Stoffe im Winterdienst künftig grundsätzlich zu verzichten. Alle technischen und sonstigen Möglichkeiten der Salzeinsparung sollen genutzt werden; dort, wo kein Auftausalz erforderlich ist, soll grundsätzlich ganz auf Streustoffe verzichtet werden.

6.3 Ökobilanz von Streustoffen

Splitt ist weder wirtschaftlich noch ökologisch für kommunale Straßen eine Alternative zu Auftausalz, lautet das Ergebnis der im Auftrag des Umweltbundesamtes

Probleme mit abstumpfenden Streustoffen

- Hoher Streustoffbedarf, etwa zehn- bis zwanzigfache Menge
- Umweltgefährdung durch Ablagerung von Streumaterial in Grünbereichen
- Aufhöhung von Seitenstreifen und dadurch erschwerter Wasserabfluss
- Glasbruch und Lackschäden durch hochgewirbeltes Grobkorn
- Vorzeitiger Verschleiß der Fahrbahnmarkierungen durch schmierende Wirkung
- Verstopfen von Entwässerungsanlagen, Einlaufschächten und Rohrleitungen (Kanalisation), hoher Reinigungs- und Entsorgungsaufwand
- Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit
- Staubentwicklung mit Gesundheitsgefährdung
- Schwermetallgehalte
- Entsorgungsprobleme (Sondermüll)





durchgeführten Studie zur Bewertung des ökologischen und wirtschaftlichen Nutzens von chemischen Auftaumitteln. Untersucht wurden Auftaumittel auf Formiat-Basis, Calcium-/Magnesiumacetat, herkömmliches Auftausalz, Calciumchlorid sowie abstumpfende Streumittel (z. B. Splitt) im kommunalen Winterdienst. Im ökologischen Vergleich der Streu- und Enteisungsmittel wurde auch eine orientierende Ökobilanz berücksichtigt. Im Ergebnis des Vergleichs der verschiedenen Streumittel lassen sich allgemeine Anforderungen für einen ökologischen Winterdienst ableiten.

Organische Auftaumittel und abstumpfende Streumittel im Straßenwinterdienst weisen hinsichtlich Primärenergieverbrauch, Treibhauspotenzial und Kosteneffizienz deutliche Nachteile gegenüber Auftausalz auf.

Für die Herstellung und Ausbringung von abstumpfenden Streumitteln benötigt man für den gleichen Einsatzzweck einen dreifach höheren Primärenergieaufwand als für Auftausalz. Hinzu kommt noch ein erheblicher Entsorgungsaufwand, der im Rahmen einer Hauptstudie unter Einbeziehung einer Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 deutlicher berücksichtigt werden müsste. Ziel eines ökologischen Winterdienstes muss es sein, den Verbrauch an Auftausalz

durch organisatorische Maßnahmen auf ein notwendiges Mindestmaß zu verringern. Abstumpfende Streumittel verursachen höhere Kosten und sind unter Berücksichtigung der Transportwege und der Entsorgung auch ökologisch nicht prinzipiell besser zu beurteilen als Auftausalz im Straßenverkehr.

Der sparsamere Einsatz von Auftausalz in den Kommunen nach dem „differenzierten Winterdienst“ hat zu einer deutlichen ökologischen Entlastung geführt. Durch verstärkte mechanische Schneeräumung wird die nachfolgende Streuung mit Auftausalz – sofern noch erforderlich – deutlich reduziert.

Eine Einbeziehung der Nullstreuung als ernstzunehmende Alternative kann für untergeordnete Straßen in Betracht gezogen werden, da gezeigt wurde, dass die Unfallhäufigkeit hierbei durch umsichtiges Fahren nicht notwendigerweise erhöht ist. Durch konsequente Einführung der Feuchtsalzstreuung lässt sich die Salzmenge erheblich reduzieren. Weitere Einsparmöglichkeiten bestehen in der effektiven Nutzung von Witterungsvorhersagen und von neuen Dosiertechniken. In einer zweiten Ökobilanz-Studie zum Winterdienst der Städte München und Nürnberg



wurde von zwei unabhängigen Instituten (Öko-Institut e.V. und Hydrotox GmbH) festgestellt, dass die konsequente Verfolgung der Strategie „differenzierter Winterdienst“ erheblich den kommunalen Winterdienst optimieren hilft – und dies vor allem mit Blick auf die Umweltauswirkungen. Die Anpassung des Winterdienstes an die Bedeutung der jeweiligen Straße, die gründliche Räumung des Schnees („Schwarzräumen“) vor der Ausbringung von Streumitteln auf den Hauptstrecken sowie der konsequente und sparsame Einsatz von Feuchtsalz sind wesentliche Eckpunkte. Relevant für die untersuchten Städte München und Nürnberg, die die Strategie des differenzierten Winterdienstes schon seit längerem verfolgen, war vor allem die Auswahl der Streumittel. So sollten im Bereich von Gehbahnen und Fahrradwegen – abgesehen von Gefahrenstellen – abstumpfende Streumittel zum Einsatz kommen. Bislang war die Diskussion der Themen Winterdienst und Umwelt überwiegend geprägt von den Auswirkungen der Salzstreuung. Das Öko-Institut hat aber ein Bewertungsmodell entwickelt, mit dem die Gesamtumweltbelastung

des Winterdienstes erfasst wird. Die Herstellung und der Antransport der Streumittel wie auch der eigentliche Winterdienst beispielsweise mit Räumarbeiten und die Ausbringung von Streumitteln sowie die Entsorgung ausgebrachter Streumittel werden in der Analyse berücksichtigt.

Beide Teilstudien berücksichtigen sowohl die mit dem kommunalen Winterdienst direkt verbundenen Umweltauswirkungen (z. B. Emissionen der Winterdienstfahrzeuge) als auch die indirekten Umweltauswirkungen (z. B. Herstellung Streumittel).

Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich über zwei Winterperioden. Es handelt sich jeweils um einen als durchschnittlich und einen als überdurchschnittlich eingeschätzten Winter. Die energetischen Rohstoffe wurden mit ihrem Primärenergieinhalt bewertet. Dadurch konnten auch so verschiedene Rohstoffe und Energiequellen wie fossile Energieträger, nachwachsende Rohstoffe wie etwa Holz und regenerative Energien wie etwa Sonnenenergie

Fazit: Salz-, Splitt- und Nullstreuung

SALZ

- Unverzichtbar auf verkehrswichtigen und gefährlichen Straßenabschnitten.
- Wirtschaftlichster Streustoff mit Blick auf Streu- und Ausbringungskosten.
- Bei vorsichtiger Dosierung und Ausbringung keine kritischen Umweltschäden.
- Feuchtsalzeinsatz verbessert die Wirkung und verringt die Salzmenge.

SPLITT

- Geringe Wirkung auf den Verkehr: Kraftschluss verbessert sich nur geringfügig.
- Erheblicher Kostenfaktor (6 bis 10 Mal höher als Salzstreuung) durch große Streumengen und Wiederaufnahme bzw. Entsorgung.
- Staubbelastung ist erheblich gesundheitsgefährdend für Anwohner und Kehrpersonal.
- Kein restlos funktionierendes Recyclingverfahren vorhanden.
- Nur auf geschlossener Schneedecke leichte Verbesserung des Kraftschlusses.

NULLSTREUUNG

- Auch ohne Streuung auf Nebenstraßen ein gutes Sicherheitsniveau, da die Verkehrsteilnehmer ihre Fahrweise anpassen.
- Auf diesen Strecken ist die Nullstreuung im Vergleich zur Splittstreuung mindestens gleich gut.
- Keine Kosten und Umweltbelastung.

oder Windenergie zusammengefasst werden. Für die Erfassung der Auswirkungen der Salzstreuung wurden zudem aktuelle Daten zu Baumschäden, zur Grundwasserbeschaffenheit, Straßenentwässerung und Abfallentsorgung ausgewertet. Die Ergebnisse der Studie zeigen teilweise große Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Kommunen. Einerseits bedingt die jeweils andere geographische Lage unterschiedliche Klima- und Witterungsverhältnisse. Andererseits bestehen auch Unterschiede organisatorischer Art oder hinsichtlich Handlungsgewohnheiten. In München entstehen 50 Prozent der Umweltauswirkungen durch Schneeräumen, Ausbringen der Streumittel sowie Betrieb der Winterdienstfahrzeuge. In Nürnberg stellt sich dies anders dar: Hier entfallen 60 Prozent der Umweltauswirkungen auf die energieintensive Herstellung und den Antransport der abstumpfenden Streumittel.

Generell zeigte sich, dass energieintensiv hergestellte Streustoffe nur sparsam eingesetzt oder vermieden werden sollten. Ebenfalls ist zu bedenken, inwiefern die Transporte der Streumittel durch kurze Distanzen und möglichst Bahn- oder Schiffstransport optimierbar sind.

In der Schweiz wurde im Auftrag des Bundesamts für Straßen die Studie „Salz- oder Splittstreuung im Winterdienst“ für den Winterdienst innerorts durchgeführt. Sie kommt zu dem Ergebnis, dass dem Winterdienst mit Salzstreuung in Kombination mit der Nullstreuung eindeutig der Vorzug zu geben ist. Die Splittstreuung kommt in der Schweiz nur noch in Ausnahmefällen, z. B. in Wintersportorten („Ästhetik des weißen Schnees“) in Frage. Die im Rahmen der Studie erstellte Ökobilanz hat gezeigt, dass die Salzstreuung mit Blick auf die ökobilanzrelevanten Belastungen (Energie- und Wasserbedarf, Luft- und Wassermissionen, Abfallmengen) deutlich besser als die Splittstreuung abschneidet. Für die Studie stand eine integrale Betrachtung



der Folgen für Sicherheit, Umwelt und Wirtschaftlichkeit im Vordergrund. Sie wurde in drei Schritten durchgeführt. In einem ersten Schritt wurde das aktuelle, sehr umfassende Fachwissen auf diesem Gebiet nachvollziehbar und übersichtlich dargestellt. Es folgte die Erforschung einiger noch fehlender Daten anhand ausgewählter Teststrecken in Zürich und Chur. Abschließend wurden im Rahmen einer „Synthesendarstellung“ alle relevanten Kriterien einander gegenübergestellt und bewertet.

Die vergleichende Studie kam bei der Wirtschaftlichkeit zu dem Ergebnis, dass die Splittstreugung im Vergleich zur Salzstreuung die sechs- bis zehnfachen Kosten verursacht.

Bei der Verkehrssicherheit erwies sich die Salzstreuung als sehr gute Lösung, während sich für die Splittstreugung nur eine kurze und geringe Wirkung ergab. In Sachen

Umwelt werden sowohl für die Salz- (Schädigung der Vegetation) als auch für die Splittstreugung (Entsorgung, Staubbelastung, Ökobilanz) „erhebliche“ Belastungen festgestellt, die aber „mit Maßnahmen lösbar“ sind. Diese notwendigen Maßnahmen der Reduktion der Streumengen werden vor allem in einer verbesserten Räum- und Streutechnik, der Schulung des Winterdienstpersonals sowie weiteren Schutzmaßnahmen gesehen. Für den Winterdienst in Wohngebieten ohne nennenswerten Verkehr wird die Nullstreuung einer Splittstreugung vorgezogen. In Wohngebieten ohne Gefahrenstellen wird der Schnee dann nur noch mechanisch geräumt und auf Streustoffe verzichtet. Abschließend stellt die Studie fest, dass mit der differenzierten Anwendung der Salzstreuung und der Nullstreuung in den Städten sich Winterdienst in Zukunft nicht nur umweltfreundlicher und kostengünstiger gestalten lässt. Auch der Verkehrsfluss und die Verkehrssicherheit können dadurch deutlich verbessert werden.



Anhang

A. Salz: Aus der Erde auf die Straßen

Die regelmäßige Verwendung von Salz hat eine lange Tradition. Archäologische Funde belegen, dass es schon seit etwa 10.000 v. Chr. genutzt wurde. In der Antike wurde Salz hauptsächlich aus dem Meerwasser durch Anlegen sogenannter Salzgärten gewonnen. In Mitteleuropa kam das Salz aus natürlichen Salzquellen oder unterirdischen Steinsalzlagern. Keltische Bergleute begaben sich bereits 1.000 v. Chr. im Salzbergthal bei Hallstatt auf die Suche nach dem „weißen Gold“.

Im Laufe der Zeit wurde vom reinen Bergbau auf die Soleerzeugung und Soleversiedlung umgestellt. Die Sole aus Salzquellen wurde hierzu in große, feuerbeheizte Eisenpfannen geleitet, in denen das Wasser nach einer Kochzeit von etwa sechzehn Stunden verdampfte. Diese Pfannentechnik behielt man in den Salinen bis zur Mitte dieses Jahrhunderts bei; sie erklärt auch den Ursprung der Bezeichnung „Kochsalz“.

Als unverzichtbarer Rohstoff für die chemische Industrie ist Salz heute unersetztlich. Der Verwendung nach unterscheidet man Speisesalz, Auftausalz, Gewerbesalz und Industriesalz. Die Gewinnung von Natriumchlorid in fester Form erfolgt durch bergmännischen Abbau, durch Eindampfen von Sole oder von Meerwasser, wobei man je nach Gewinnungsart von Stein-, Siede- oder Meersalz spricht.

Salzlagerstätten

Die Steinsalzvorkommen haben sich vor über 200 Millionen Jahren durch das Verdunsten früherer Meere gebildet. Das dort heute in fester Form

vorliegende Salz wird mit modernster Technik unter Tage abgebaut. Es werden Salzlagerstätten erschlossen, die über mehrere hundert Meter tief in der Erde liegen (Norddeutschland, Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg, Bayern, Sachsen-Anhalt, Hessen).

Gewinnung und Aufbereitung

Steinsalz wird durch Bohr- und Sprengarbeit gewonnen. Mobile Großgeräte mit hoher Leistungsfähigkeit werden hier eingesetzt. Bei der schneidenden Gewinnung werden elektrohydraulisch arbeitende Streckenvortriebsmaschinen, die mit zwei bzw. vier Schneidrotoren und mit Schrämketten ausgerüstet sind, eingesetzt. Das Steinsalz wird unter Tage zerkleinert und dann über Förderbänder zum Förderschacht transportiert. Das geförderte Steinsalz wird auf mechanischem Wege durch Brechen, Mahlen über oder unter Tage aufbereitet.

Sole wird aus Gründen der wirtschaftlichen Verarbeitung von vornherein als gesättigte Sole erzeugt. Man gewinnt sie überwiegend durch kontrollierte Bohrlochsolung. Sie wird in geringem Umfang auch durch Auflösen von bergmännisch gefördertem Steinsalz hergestellt. Die kontrollierte Bohrlochsolung von über Tage ist die moderne Form der Gewinnung von Sole aus Steinsalzlagerstätten. Die Steinsalzlagerstätte wird von über Tage aus durch Solebohrungen (Kavernenbohrungen) aufgeschlossen.

Die gewonnene Rohsole ist im Allgemeinen für die weitere Verarbeitung nicht rein genug und daher vor ihrem Einsatz einer Reinigung zu unterziehen. Die bei der kontrollierten Bohrlochsolung entstehenden Hohlräume eignen sich

für die Speicherung von Mineralöl und Mineralölprodukten sowie Gasen (zum Beispiel Erdgas, Ethylen u. a.).

Siedesalz wird durch Eindampfung gesättigter Sole produziert, wobei das NaCl auskristallisiert. Man leitet die Sole in geschlossene Verdampferanlagen. Unter Ausnutzung des Abdampfes wird das Wasser energiesparend verdampft. Aus der Verdampferanlage wird Salzbrei abgezogen, durch zusätzliche Arbeitsvorgänge entwässert und anschließend getrocknet.

Produktionsmengen

In der deutschen Salzindustrie produzierten bis zum Ersten Weltkrieg rund 70 Salinen etwa 700.000 t Siedesalz pro Jahr und in 20 Salzbergwerken wurden weitere rund 700.000 t Steinsalz gewonnen. Inzwischen ist ein deutlicher Strukturwandel eingetreten. In Deutschland sind fünf Unternehmen in der Salzproduktion (ohne Sole) tätig. Sie betreiben sechs Salzbergwerke und fünf Salinen. Es sind etwa 2.100 Personen beschäftigt.

Heute werden in Deutschland rund 14 Mio. t Salz pro Jahr produziert. Der Absatz verteilt sich durchschnittlich wie folgt: 80 Prozent auf Industriesalz, 5 Prozent auf Gewerbesalz, 12 Prozent auf Auftausalz und 3 Prozent auf Speisesalz.

Bevorratung

Die VKS-Mitgliedsunternehmen unterhalten eine umfangreiche Lagerhaltung von Auftausalz – auch dezentral in Kundengebieten. Ein ausgeklügeltes Managementsystem sorgt für kurze

Reaktionszeiten vom Bestellungseingang bis zur Anlieferung beim Kunden. Die teilweise dezentrale Lagerung in Kundengebieten hilft, die Reaktionszeiten zu optimieren. Die Lagerung von Auftausalz erfolgt bei den Kunden in geschlossenen Hallen oder Silos. Bei der Bemessung der Lagerkapazität wird beachtet, dass während des Winters jederzeit eine ausreichende Verfügbarkeit an Streustoffen sichergestellt ist. Die Lagerkapazität reicht unter Berücksichtigung der Lieferzeiten mindestens für den Bedarf von fünf Völleinsatztagen. Die Streustofflagerung erfolgt im zentralen Bauhof bzw. der Meisterei und orientiert sich an der Einsatzplanung bei Bedarf auch zusätzlich in dezentralen Streustofflagern. Beim Einsatz der Feuchtsalzstreuung sind Aufbereitungsanlagen und Tanks für die Salzlösung notwendig.

Transport

Von den Betrieben werden je nach Standort unterschiedliche Transportmittel eingesetzt: Lkw, Bahn und Schiff. Um das Auftausalz beim Kunden anzu liefern, werden fast ausschließlich Lkw eingesetzt.

Das Transportvolumen ist abhängig vom gewählten Transportmittel. Lkw sind mit ca. 25 t Auftausalz beladen. Mit der Bahn können pro Fahrt bis zu 1.200 t transportiert werden. Die größte Transportmenge ist per Schiff möglich, nämlich rund 2.000 t.

Salz ist in Deutschland in großer Menge verfügbar. Bergwerke und Salinen sind über Deutschland verteilt, so dass Auftausalz über kurze Entferungen zu den

Verwendern gelangen kann. Es bedarf jedoch einer leistungsfähigen Salzindustrie, um die benötigten Mengen – insbesondere im Winter – den Winterdiensten zur Verfügung zu stellen. Extreme Wintersituationen sind in der Vergangenheit immer wieder von den Mitgliedsunternehmen mit ihren Bergwerken und Salinen bewältigt worden.

Heute ist der organisatorische Ablauf vom Eingang der Bestellung bis hin zum Transport in die Kundenlager nicht mehr ohne ein leistungsfähiges EDV-gestütztes Managementsystem zu leisten. Die eingesetzten Systeme zur Auftragsbearbeitung sind hochspezialisiert und für das Produkt Auftausalz optimiert. Stetig werden die Daten über die Bevorratung im Werk sowie in den externen Lägern aktualisiert. So kann zum Beispiel zu jedem Zeitpunkt die Lieferfähigkeit überprüft werden. Transportaufwand und Lieferfahrten können mit Hilfe der EDV-Systeme bis ins Detail abgestimmt werden.

Hoher Qualitäts- und Leistungsstandard

Das Produkt Auftausalz wird in jedem Betrieb unter ständiger Qualitätskontrolle hergestellt und verladen. Alle Betriebe sind zertifiziert nach dem Qualitätsmanagementsystem DIN EN ISO 9001/2. Eine gleichbleibend hohe Tauleistung ist garantiert, d. h., Auftausalz enthält mehr als 96 Prozent tauwirksame Substanz und keine umweltschädlichen Zusätze. Die Forderung nach einem homogenen Streubild erfüllt Tausalz immer, und es bleibt immer streufähig. In Deutschland sind die Anforderungen an einen wirkungsvollen Streustoff im

„Merkblatt für den Winterdienst auf Straßen“ festgelegt.

Angebote auf Lieferung von Taustoffen müssen klare Angaben (Analysen) über deren Zusammensetzung enthalten. Der Nachweis der einwandfreien Beschaffenheit muss auf einem Formblatt vom Lieferanten erbracht werden. Rückstände aus der Verarbeitung von Kalirohsalzen (überwiegend NaCl und andere Bestandteile) sowie Abfallsalze aus der verarbeitenden Industrie sollen wegen ihrer Zusammensetzung und Beschaffenheit bei der Glättebekämpfung nicht verwendet werden. Dies gilt auch für Salze aus Müllverbrennungsanlagen.

Es gelten die „Technischen Lieferbedingungen für Streustoffe des Straßenwinterdienstes (TL-Streu)“ sowie der Kommentar zur TL Streu. Die Lieferanten der Streustoffe müssen die Einhaltung der Anforderungen in einer Produktbeschreibung bestätigen. Die Güteeigenschaften werden durch Kontrollprüfungen überwacht. Die TL-Streu garantiert minimalen Verwaltungs- und Anwendungsaufwand. Die Qualitätsanforderungen an Streustoffe im Straßenwinterdienst sind seit dem ersten Merkblatt für Maßnahmen gegen Winterglätte auf Fahrbahnen 1955 fortgeschrieben worden.

Die heutige Winterdiensttechnologie mit ihren elektronisch geregelten Dosiereinrichtungen benötigt ein der hochwertigen Technik gleichwertiges Tausalz. Ein stetig hohes Niveau der Qualität von Tausalz ist ein Grundstein für eine effektive Glättebekämpfung.

B. Tauwirkung von Salz

Jedem ist bekannt, dass Salz die Eigenschaft besitzt, Eis zum Schmelzen zu bringen. Bei diesem Vorgang haben wir es mit zwei Stoffen zu tun: mit Wasser (in fester Erscheinungsform als Eis) und mit Salz.

Salz besteht aus den beiden chemischen Elementen Natrium (Na) und Chlor (Cl). Die Verbindung dieser beiden sehr verschiedenen chemischen Elemente mit ihren jeweiligen unterschiedlichen Eigenschaften und Wirkungen ist Natriumchlorid – unser Salz.

Salz

Natrium und Chlorid sind Ionen, d. h., sie besitzen eine elektrische Ladung und haben die Eigenschaft zu „wandern“ (Ion, griechisch: wandern). Natriumionen (Na^+) haben eine positive Ladung und wandern zu negativ geladenen Ionen; Chloridionen (Cl^-) besitzen eine negative Ladung und wandern zu positiv geladenen Ionen. Durch elektrostatische Anziehungskräfte werden die Ionen zusammengehalten und bilden somit ein Ionenkristall. So umgeben sechs Chloridionen jedes Natriumion und sechs Natriumionen jedes Chloridion. Dadurch ergibt sich als Ordnungsprinzip die Struktur eines Gitters.

Wasser

Wasser hat die chemische Formel H_2O , d. h., das Wassermolekül ist aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff aufgebaut. Das Wassermolekül ist gewinkelt und besitzt unterschiedliche elektrische Ladungen. An der Spitze des Winkelmoleküls sitzt der Sauerstoff. An diesem befindet sich

überschüssige negative und im Bereich des Wasserstoffes überschüssige positive Ladung. Aufgrund dieser Ladungsunterschiede hängen sich die Wassermoleküle zusammen. Allein deshalb ist Wasser im Temperaturbereich von 0 bis 100°C flüssig.

Bei 0°C kristallisiert Wasser zu Eis. Auf dem Wege zum Gefrierpunkt findet bereits eine erhebliche Vororientierung der Wassermoleküle statt, denn im Eiskristall herrscht Ordnung, d. h., jedes Molekül hat seinen festen Platz.

Hydratation

Der Salzkristall besitzt positive und negative Ladungen ebenso wie das Wassermolekül aus einer positiven und negativen Seite besteht. Die Wassermoleküle können sowohl mit dem Natriumion wie auch mit dem Chloridion in Wechselwirkung treten. Man nennt diesen Vorgang „Hydratation“. Zu jeder Temperatur gehört eine Salzlösung bestimmter Konzentration, wenn Lösung und Eis nebeneinander vorliegen. Streut man bei einigen Kältegraden auf Eis Salz, so haben wir einen „metastabilen“ Zustand geschaffen.

Ein solcher besteht dann, wenn durch Verzögerungerscheinung sich etwas in einem Zustand befindet, der den äußeren Bedingungen nicht entspricht. Die Natrium- und Chloridionen lösen, um sich zu hydratisieren, aus dem Eis Wassermoleküle heraus und bilden dadurch eine Salzlösung. Die Konzentration dieser Salzlösung richtet sich dabei ganz nach der Temperatur. Je näher die Temperatur am Nullpunkt ist, um

so mehr Eis kann das zugegebene Salz auftauen.

Diese Erscheinung des gleichzeitigen Vorhandenseins von Eis und Salzlösung ist sehr wichtig für winterdienstliche Maßnahmen, denn durch das beschriebene Zernagen von Eis und Schnee durch Salz wird winterlicher Schneeder Eisbelag auf der Fahrbahn zerstört. Rollender Verkehr unterstützt diesen Vorgang.

C. Begriffsbestimmungen Winterdienst

Auszüge zitiert nach: DIN EN 15144 Winterdienstausrüstung – Terminologie – Begriffe zum Winterdienst
Dreisprachige Fassung EN 5144:2007

Abstumpfender Streustoff Natürlicher oder künstlicher Mineralstoff zum Aufrauen einer winterglatten Verkehrsfläche	Restsalz Von vorangegangenen Streuungen auf der Verkehrsfläche noch verbliebene Salzmenge	Streugeschwindigkeit Geschwindigkeit des Winterdienstfahrzeugs während des Streuens
Auftauender Streustoff Streustoff, mit dem der Gefrierpunkt von Wasser erniedrigt werden kann	Sand Natürlicher Mineralstoff kleiner Körnung	Streumenge Tatsächlich ausgebrachte Streustoffmasse bezogen auf ein Winterdienstfahrzeug, einen Einsatz, einen Tag oder eine bestimmte Strecke
Anti-Backmittel Zusatzstoff, der dem Streustoff hinzugefügt wird, um dessen Rieselfähigkeit zu erhalten	Siedesalz Salz, das durch Eindampfung von Sole gewonnen wird	Streudichte Aktuell ausgebrachte Streustoffmenge pro Flächeneinheit (in g/m^2)
Feuchtsalz Vor der Ausbringung mit Sole oder Wasser angefeuchtetes Salz	Sole, Salzsole, Salzlösung Wässrige Salzlösung	Streubreite Breite des Streustreifens gemessen rechtwinklig zur Straßenachse
Gefriertemperatur Temperatur, bei der eine Salzlösung auf der Fahrbahnoberfläche zu gefrieren beginnt	Splitt Mineral aus gebrochenem Naturstein	Streubild Verteilung der ausgebrachten Streumenge über die Streubreite
Granulat Künstlicher Mineralstoff	Sprühbalken Balken mit Düsen zur Ausbringung von flüssigen Streustoffen auf die Verkehrsfläche	Streustoff Zur Bekämpfung von Winterglätte ausgebrachtes Material
Meersalz Salz, das durch Verdunstung von Meerwasser gewonnen wird	Sprühmaschine Maschine zum definierten Ausbringen von ausschließlich flüssigen auftauenden Streustoffen auf Verkehrsflächen	Tauwirksamer Anteil Das Tauen bewirkender Anteil der auftauenden Stoffe
Räumhöhe Schneehöhe, die maximal in einem Durchgang geräumt werden kann	Steinsalz Salz, das durch den Abbau natürlicher Lagervorkommen bergmännisch gewonnen wird	Tauwirksamkeit Verhältnis von geschmolzener Eismenge und aufgebrachter Menge eines Taustoffs bei einer definierten Temperatur, Luftfeuchte und Einwirkzeit
Räumbreite Breite des in einem Arbeitsgang geräumten Streifens der Verkehrsfläche	Streuteller Tellerförmiges rotierendes Bauteil, das über Zentrifugalkräfte Streugut auf die Verkehrsfläche verteilt	
Räumleistung Geräumte Schneemenge (Tonnen je Stunde)	Streumaschine Maschine zum definierten Ausbringen auftauender und/oder abstumpfender Streustoffe auf Verkehrsflächen	

D. Anhaltswerte für Streudichten

Quelle: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), An Lyskirchen 14, 50676 Köln

Anhaltswerte für die Streudichte mit NaCl-Salzlösung in Abhängigkeit von Fahrbahnzustand und Temperatur (Alle Werte in ml/m²)

vorhandener (sichtbarer) Fahrbahnzustand	erwarteter Fahrbahnzustand	erwartete Fahrbahntemperatur		
		um 0 °C	bis -3 °C	bis -6 °C
trocken	Reif	10	15	20
Reif		10	15	20
feucht (keine Sprühfahnen, Fahrbahn dunkel)	überfrierende Feuchte	10	20	30
feucht-nass (einsetzende Sprühfahnenbildung)	überfrierende leichte Nässe	20	30	50
Nässe (deutliche Sprühfahnen)	überfrierende Nässe (Eisglätte)	30	40	60
trocken	Schneefall (Schneeglätte)	40	50	60

■ vorbeugender Streueinsatz ■ Streuung bei vorhandener Glätte

Anhaltswerte für die Streudichte mit Feuchtsalz in Abhängigkeit von Fahrbahnzustand und Temperatur (Alle Werte in g/m²)

vorhandener (sichtbarer) Fahrbahnzustand	erwarteter Fahrbahnzustand	erwartete Fahrbahntemperatur bis...					Bemerkungen	
		um 0 °C	-3 °C	-6 °C	-10 °C	unter -10 °C		
trocken	Reif	5	7,5	10	15	—	– unter -6 °C nur selten Reifglätte zu erwarten	
Reif								
feucht (keine Sprühfahnen, Fahrbahn dunkel)	überfrierende Feuchte	5	10	15	25	30	Nachstreumengen 5 bis max. 10g/m ² (Grund: bei vorhandener Feuchte und Nässe unter 0 °C ist noch Restsalz vorhanden)	
Teilvereisung (Eisflecken)								
feucht-nass (einsetzende Sprühfahnenbildung)	überfrierende leichte Nässe	10	15	25	35	40		
Nässe (deutliche Sprühfahnen)	überfrierende Nässe (Eisglätte)	15	20	30	40	40		
großflächige Vereisung Eisglätte	Eisglätte							
trocken	Schneefall (Schneeglätte)	20	25	30	40	40	vorbeugend möglichst zeitnah vor Niederschlagsbeginn	
Schneefall, Schneeglätte							gleichzeitig Schneeräumung	
trocken	Eisregen (Glatteis)	30	40	40	40	40	vorbeugend möglichst zeitnah vor Niederschlagsbeginn	

■ vorbeugender Streueinsatz ■ Streuung bei vorhandener Glätte

E. Quellenverzeichnis

- AUST, K.-D.** SWIS-Einsatz und Erfahrungen im Winterdienst, In: Kolloquium Straßenwinterdienst 1995 in Darmstadt, Köln 1996
- BAEDELT, H./GLTFRIED, F.** Wirksamkeit verschiedener Tausalze, In: Straßenverkehrstechnik, Heft 10/2003
- BARK, A./DURTH, W./MATTHESS, V.** Winterdienst und Verkehrssicherheit auf Bundesautobahnen, In: Kolloquium Straßenwinterdienst 1995 in Darmstadt, Köln 1996
- BLASER, P./LINK, P./LÜDIN, P./RYF, W.** Einfluss der Ausbringung von Streusalz auf das benachbarte und entferntere Grundwasser, Forschungsauftrag 18/92 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Straßenfachleute (VSS), Februar 1997
- Langzeitwirkung von Streusalz (NaCl) auf die Umwelt, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 2, Bergisch Gladbach 1993
- BROD, H.-G.** Straßenbaumschäden Ursachen und Wirkungen Angewandter Umweltschutz, Landsberg/Lech 1. Auflage 1991
- CYRA, T.** Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen, In: Kolloquium Straßenbetriebsdienst 2003 in Karlsruhe, Köln 2004
- CYRA, T./ROOS, R./ZIMMERMANN, M.** Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen, Institut für Straßen- und Eisenbahnenwesen, Universität Karlsruhe (TH), In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 135
- DURTH W./GIESA, S./HANKE, H.** Verkehrssicherheit im Weißen Netz – eine erste Bewertung, In: Straße und Autobahn, Heft 2/1985
- DURTH, W.** Wirksamkeit des Winterdienstes, In: Kolloquium Straßenwinterdienst 1985 in Darmstadt, Köln 1986
- DURTH, W./HANKE, H./LEVIN, C.** Verkehrssicherheit und Wirtschaftlichkeit des Verkehrsablaufes im Winter, In: Straße und Autobahn, Heft 2/1988
- DURTH, W./HANKE, H.** Handbuch Straßenwinterdienst, Bonn 2004
- DURTH, W./HANKE, H.** Optimierung der Einsatzplanung für den Straßen-Winterdienst in Städten und Gemeinden, Forschung, Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 548, Bonn 1989
- DURTH, H./HANKE, H./LEVIN, C./MATTHES, V.** Einsatz und Wirtschaftlichkeit von Feuchtsalz in der Praxis, Forschungsbericht, Darmstadt 1990
- DURTH, W.** Winterdienst auf Radwegen, In: Kolloquium Straßenbetriebsdienst 1992 in Darmstadt, Köln 1993
- DURTH, W.** Stand der Forschung zum Winterdienst auf offenen Deckschichten, In: Straße und Autobahn, Heft 10/1994
- DURTH, W.** Kosten und Nutzen des Winterdienstes, In: Straße und Autobahn, Heft 9/1995
- FGSV** Merkblatt für den Winterdienst auf Straßen, Köln 2010 • Technische Lieferbedingungen für Streustoffe des Straßenwinterdienstes (TL-Streu), Köln 2003 • Hinweise und Empfehlungen für die Beschaffung von Streustoffen – Kommentar zur TL-Streu, Köln 2004
- GARTISER, S./REUTHER, R./GENSCH, C.O.** Machbarkeitsstudie zur Formulierung von Anforderungen für ein neues Umweltzeichen für Enteisungsmittel für Straßen und Wege in Anlehnung an DIN EN ISO 14024, Umweltbundesamt, Texte 09/03, Berlin 2003
- GARTISER, S./QUACK, D./MÖLLER, M.** Ökobilanz des Winterdienstes in den Städten München und Nürnberg, Untersuchung im Auftrag der Städte München und Nürnberg, Freiburg 2004
- GÖTZFRIED, F.** Qualitätssicherung bei Streustoffen im Straßenwinterdienst VKS-Fachtagung Straßenreinigung und Winterdienst in Köln, VKS-Dokumentationen 2/2003, Köln 2003
- HANKE, H.** Winterdienst auf Außerortsstraßen – Verkehrssicherheit und Wirtschaftlichkeit, In: Straßenwinterdienst – Kolloquium 1988 in Darmstadt, Köln 1989 • Verkehrssicherheit im Winter – Besonderheiten des Unfallgeschehens und Auswirkungen des Winterdienstes, In: Polizei, Verkehr + Technik, Heft 12/1990 • Feuchtsalz-Anwendung im Straßenwinterdienst – Einsparungsmöglichkeiten und Anwendungsempfehlungen, In: Straße und Autobahn, Heft 5/1991 • Praxis der Feuchtsalz-Anwendung im Straßenwinterdienst, In: Straßenwinterdienst – FGSV-Kolloquium 1991, In: Darmstadt, Köln 1992 • Wiederaufnahme und Entsorgung von Streusplitt, In: Straßenbetriebsdienst – Kolloquium 1993 in Darmstadt, Köln 1994 • Wiederaufnahme und Entsorgung von abstumpfenden Streustoffen und Straßenkehricht, In: Handbuch Kommunale Straßenreinigung, Köln 1994 • Differenzierter Winterdienst im kommunalen Bereich – Erfahrungen und Ausblick, In: Straßenbetriebsdienst – Kolloquium 1995 in Darmstadt, Köln 1996 • Winterdienst ohne Splitt – Folgerungen für Städte und Gemeinden, In: Straße und Verkehr, Heft 6/1998 • Vorteile der Feuchtsalz-Streuung, In: Straße und Verkehr, Heft 6/1998 • Ökobilanz der Streustoffe, In: VKS-News, Heft 9/2002
- HAUSMANN, G. (Hrsg.)** Handbuch Winterdienst KommunalTechnik Zeitschrift für das Technische Rathaus, Lehrte 1. Auflage 2007
- HOLLDORB, C.** Winterdienst auf europäischen Straßen und Brücken, In: Kolloquium Straßenbetriebsdienst 2003 in Karlsruhe, Köln 2004
- HÜTTL, H. (Hrsg.)** Straßenreinigung und Winterdienst Handbuch 2001 KommunalTechnik, Lehrte 1. Aufl. 2001
- HÜTTL, H.** Kommunaler Winterdienst und Städtereinigung, 1. Auflage 2006
- KLOTZ, S./BALKE, J.** Vermeidung glättebedingter Staus durch Maßnahmen des Straßenwinterdienstes, Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Straßenwesen, In: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Bonn Heft 873, 2004
- KUTTER, M** Erfahrungen mit Taumittelsprühanlagen, In: Kolloquium Straßenwinterdienst 1993 in Darmstadt, Köln 1994 • Straßenzustands- und Wetter-Informations-System (SWIS) Zwischenergebnisse und Perspektiven, In: Kolloquium Straßenwinterdienst 1991 in Darmstadt, Köln 1992
- OECD-Bericht** Reduzierter Einsatz von Aufbaumitteln im Winterdienst, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 583, Bonn 1990
- RAPP Trans AG Zürich/ABAY, G.** Wirksamkeit des Winterdienstes Forschungsauftrag VS 1999/246 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Straßen- und Verkehrs fachleute (VSS), September 2005
- REUSS, B.** Salz- oder Splittstreuung im Winterdienst – Optimierung der Kosten/Nutzen-Verhältnisse unter Berücksichtigung von umwelt- und sicherheitsrelevanten Faktoren, Forschungsarbeit, Baden/Schweiz 1998 • Salz- oder Splittstreuung im Winterdienst, In: Straße und Verkehr, Heft 6/1998

Diese Broschüre beschreibt die Fortschritte, die einen wirtschaftlichen und umweltgerechten Winterdienst ermöglichen und gibt einen Überblick über die derzeitige Praxis des Winterdienstes im kommunalen Einsatzbereich und im außerörtlichen Einsatz.



Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.

Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.

Reinhardtstraße 18A

10117 Berlin

Tel. (030) 847 10 69.0

Fax (030) 847 10 69.21

E-Mail: info.berlin@vks-kalisalz.de

www.vks-kalisalz.de