



Herausforderung Winterdienst  
**IM WINTER JEDERZEIT  
SICHER ANS ZIEL**

**VKS**

Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.



Leistungsfähige Straßen bilden das Rückgrat des Verkehrs und somit auch unserer Wirtschaft. Für alle Verkehrsteilnehmer ist es selbstverständlich, von Witterungseinflüssen ungehindert mobil sein zu können und jederzeit sicher zu befahrende Verkehrswege vorzufinden.

## INHALTSVERZEICHNIS

### HERAUSFORDERUNG WINTERDIENST BEI EIS UND SCHNEE SICHER ANS ZIEL

#### RÄUM- UND STREUPRAXIS

#### RECHTZEITIG SALZ ZU STREUEN HILFT, GLÄTTE ZU VERHINDERN

Winterdienst in Städten und Gemeinden

Winterdienst auf Außerortsstraßen

Glättemeldealagen

### VERKEHRSSICHERHEIT UND WIRTSCHAFTLICHKEIT EFFIZIENTER WINTERDIENST HILFT SCHWERE PERSONENSCHÄDEN ZU REDUZIEREN

### TECHNIK UND FORSCHUNG INNOVATIONEN OPTIMIEREN

#### WIRTSCHAFTLICHKEIT UND UMWELTSCHUTZ

Feuchtsalztechnologie

Solestreuung „FS 100“ („Flüssigstreuung“)

Routenoptimierung

Straßen-Wetter-Informationssystem

Winterdienst-Management-Systeme

Europäische Streustoffnorm

### UMWELT UND STREUSTOFFWIRKUNG ÖKOLOGISCH + WIRTSCHAFTLICH:

#### AUFTAUSALZ IST ERSTE WAHL BEI EIS UND SCHNEE

Ökobilanz von Streustoffen

Abstumpfende Streustoffe

Pflanzen und Boden

Oberflächen- und Grundwasser

Quellen

4

7

7

9

9

11

13

13

16

18

19

19

20

23

23

25

28

30

31

## HERAUSFORDERUNG WINTERDIENST BEI EIS UND SCHNEE SICHER ANS ZIEL

Der reibungslose Ablauf des Straßenverkehrs ist für unsere Volkswirtschaft von herausragender Bedeutung. Leistungsfähige Straßen bilden das Rückgrat des Verkehrs und somit auch unserer Wirtschaft. 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, von Witterungseinflüssen ungehindert mobil sein zu können und jederzeit sicher zu befahrende Verkehrswege vorzufinden. Das gilt in heutigen Zeiten auch für nicht-motorisierte Verkehrsmittel wie das Fahrrad.

**Der Winterdienst wird mit umfangreichem Know-how und modernster Technik durchgeführt.**

Er gewährleistet die Verkehrssicherheit auch unter widrigen Witterungsbedingungen. Forschung, Verwaltung und Industrie arbeiten ständig an der Optimierung des Winterdienstes, um den gestiegenen Anforderungen aus verkehrstechnischer, wirtschaftlicher und ökologischer Sicht gerecht zu werden. Kaum einem Benutzer unserer Straßen ist bewusst, dass sich dahinter ein großer organisatorischer, personeller und finanzieller Aufwand verbirgt.

**Es besteht der gesetzliche Auftrag, für verkehrssichere Straßen zu sorgen.**

Die Verantwortung dafür trägt derjenige, der die Straßen gebaut und den Verkehr eröffnet hat, nämlich der jeweilige Straßenbaulastträger. Dies ergibt sich aus der allgemeinen Verkehrssicherungspflicht (Bürgerliches Gesetzbuch), dem Bundesfernstraßengesetz und den Straßen- und Straßenreinigungsgesetzen der Länder. Zuständig für den Winterdienst sind auf Bundes-, Landes- und Kreisstraßen die Straßenmeistereien der Länder und ggf. der Landkreise. Auf Bundesautobahnen sind die Autobahnmeistereien der Autobahn GmbH und in den Städten und Gemeinden diese selbst mit ihren jeweils unterschiedlichen Ämtern oder Betrieben, z. B. die Stadtreinigung, zuständig.



## 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 gewährleistet sein. Notdienste, wie Polizei und Feuerwehr, sowie Dienstleistungen, 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. Die durch Schnee oder Winterglätte auftretenden Behinderungen und Gefahren müssen rasch und wirkungsvoll beseitigt werden.

## Der Einsatz von Auftausalz beseitigt dauerhaft Schnee- und Eisglätte.

Seit Ende der fünfziger Jahre wird in Deutschland regelmäßig Auftausalz verwendet. Wesentliche Verbesserungen im Sinne des Umweltschutzes und der Verkehrssicherheit konnten vor allem mit der Entwicklung der Feuchtsalztechnologie und der Solesteuerung, der Einführung EDV-gesteuerter, geschwindigkeitsabhängiger Streutechniken, der verbesserten Straßenwetter-Beobachtung und -Prognose sowie der Einführung von Winterdienst-Management-Systemen erreicht werden.





# RÄUM- UND STREUPRAXIS

## RECHTZEITIG SALZ ZU STREUEN HILFT, GLÄTTE ZU VERHINDERN

### Winterdienst in Städten und Gemeinden

Die für den kommunalen Winterdienst verantwortlichen kommunalen Behörden und Betriebe müssen einen umfassenden Bereich abdecken: Er reicht von der Fußgängerzone über Wohnstraßen bis zu Stadtautobahnen und Radwegen. Wegen der unterschiedlichen Anforderungen sind Gerätepark sowie Organisation aufwändig. Die Sicherheitsbedürfnisse sind von unterschiedlichen Geschwindigkeitsniveaus wie z.B. in Ortschaften 50 km/h und in Wohngebieten 30 km/h, auf Stadtautobahnen bis zu 80 km/h abhängig.

Der Winterdienst muss morgens so rechtzeitig einsetzen, dass der vor dem allgemeinen Tagesverkehr liegende Hauptberufsverkehr geschützt wird, d.h. er muss bereits zu Beginn des morgendlichen Spitzenverkehrs (ca. 6:30/7:00 Uhr) abgeschlossen sein. In den Abendstunden endet die gesetzliche 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. Der Straßenverkehr erreicht deutlich später als an anderen Werktagen seine normale Stärke. Es kann daher erst entsprechend später mit geräumten und abgestreuten Straßen gerechnet werden. Gleiches gilt auch für Sonn- und Feiertage.

Kommunen müssen innerhalb der geschlossenen Ortslage Schnee auf sämtlichen Fahrbahnen sowie Geh- und Radwegen räumen. Innerhalb der geschlossenen Ortslage besteht allerdings eine Streupflicht der Gemeinden nur für gefährliche und verkehrswichtige Stellen auf Fahrbahnen, für Fußgängerüberwege und für Gehwege. Die Räum- und Streupflicht auf den meisten Gehwegen, Überwegen und teilweise auch Radwegen kann den Anliegern per Ortssatzung durch die Gemeinde auferlegt werden.

Der Einsatz der verschiedenen Räumgeräte ist von den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Schnee kann mit Schneepflügen oder Kehrbesen geräumt werden. Grundsätzlich muss in einem Arbeitsgang so viel Schnee wie möglich geräumt werden. Bei großen Schneemengen und Schneeverwehungen werden spezielle Räummaschinen (Schneefräsen und Schneeschleudern) eingesetzt. Die Art und Größe der Streufahrzeuge richten sich nach den unterschiedlichen Anforderungen. Für den Einsatz auf Geh- und Radwegen sind Spezialfahrzeuge mit geringeren Abmessungen erforderlich.

Nach dem Räumen verbleibende Schneeglätte, Eisglätte und andere Glättearten werden durch das Ausbringen von Streustoffen beseitigt. Die vorbeugende Streuung gelangt zum Einsatz, wenn mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Glättebildung zu erwarten ist. In diesem Fall ist sie gesetzlich vorgeschrieben (Streupflicht). Sie bietet aber zudem auch den Vorteil, dass Glätte von vornherein vermieden wird und die Glätte mit deutlich verringerten Salzmengen (nur etwa 50%) bekämpft werden kann.

Grundsätzlich gibt es zwei Arten von Streustoffen: auftauende und abstumpfende Stoffe. Auftauende Streustoffe wirken chemisch-physikalisch und beseitigen (bzw. vermeiden) die Glätte nachhaltig.

Abstumpfende Streustoffe wirken nur mechanisch, indem sie die Schneedecke aufrauen (abstumpfen). Sie wirken nur bei Schneelage und nur zeitlich befristet, überrollender Verkehr führt dazu, dass sie weggeschleudert werden und ihre Wirkung verlieren. Bei Reif- und Eisglätte sowie bei Eisregen sind sie wirkungslos. Sie können damit zur Verkehrssicherheit nicht beitragen und werden auf Straßen, Radwegen und Fußgänger-Überwegen daher nicht mehr eingesetzt, da sie die Streupflicht nicht erfüllen können. Ökobilanzen weisen zu den umfassenden Auswirkungen der abstumpfenden Streustoffe eine deutlich schlechtere Bilanz auf als bisher angenommen.

Die Auswahl der Streustoffe richtet sich nach deren Wirksamkeit und den Erfordernissen der Verkehrssicherheit. Auftausalz muss daher auf allen Hauptverkehrs- und Durchgangsstraßen sowie Linien des ÖPNV und an besonderen Gefahrenstellen (z. B. Steigungsstrecken, Brücken) eingesetzt werden. Auf diesen Strecken besteht eine gesetzliche Streupflicht, die ohne Haftungsrisiko nur mit dem Einsatz von Salz erfüllt werden kann. Die mittlerweile üblichen geringen Streumengen und die modernen Ausbringungsverfahren erlauben eine gezielte und sparsame Salzanwendung. Gerade in diesem Bereich wurden im Laufe der letzten Jahre erhebliche Verbesserungen bei der Salzanwendung erreicht.

Auf allen anderen Straßen, auf denen keine Streupflicht besteht (Nebenstraßen ohne besondere Gefahrenpunkte), sollten keine Streustoffe ausgebracht werden („Nullstreuung“). Die Nullstreuung bedeutet den vollständigen

Verzicht auf Streustoffe. Diese Strecken sind bei Bedarf zu räumen, wenn die Schneelage die Passierbarkeit der Straßen gefährdet.

Über die gesetzlichen Vorgaben hinaus sind im „Merkblatt für den Winterdienst auf Straßen“ von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), das vom Bundesverkehrsministerium und den Verkehrsministerien der Länder eingeführt ist, Grundlagen, Standards und Techniken des Winterdienstes als anerkannter Stand der Technik beschrieben. Ergänzend dazu hat die FGSV sowie der Verband Kommunale Abfallwirtschaft und Stadtreinigung e. V. (VKS im VKU) zahlreiche ergänzende Hinweise und Empfehlungen zum Winterdienst herausgegeben, z. B. zu Streustoffen und deren Anforderungen, zur Flüssigstreuung oder zum Winterdienst für den Radverkehr.



### Öffentlichkeitsarbeit

Die beschriebene Entwicklung und die neue Ausgangslage bei der notwendigen Umstellung des Winterdienstes in den Städten muss der Öffentlichkeit vermittelt werden. Es gilt Fehlinterpretationen (z. B. Gegensatz zwischen Umweltschutz und 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.

## Winterdienst auf Außerortsstraßen

Für den Winterdienst außerorts sind andere Rahmenbedingungen als für den kommunalen Winterdienst entscheidend. Die Verkehrsdichte ist größer und es werden wesentlich höhere Geschwindigkeiten gefahren. Die Versorgung der Bevölkerung und der Industrie mit Wirtschaftsgütern muss gewährleistet sowie die Einbindung in das europäische Straßennetz sichergestellt werden. Die geringe Randbebauung und die freie Landschaft führen auch zu anderen Anforderungen im Straßenbetriebsdienst.

### Wer leistet den Winterdiensteinsatz?

Die Verantwortung für den Straßenbetriebsdienst, zu dem der Winterdienst gehört, liegt für die Bundesautobahnen bei der Autobahn GmbH des Bundes. Im Auftrag des Bundes verwalten die Bundesländer die Bundesstraßen, die sie gemeinsam mit ihren Landesstraßen (bzw. Staatsstraßen in einigen Ländern) betreuen. Zusätzlich betreuen viele Bundesländer auch die Kreisstraßen im Auftrag der Kreise. Insgesamt sind die Bundesländer für 560 Straßenmeistereien verantwortlich. 187 Autobahnmeistereien betreuen die Bundesautobahnen (Stand 2023).

### Welche Technik wird eingesetzt?

Wegen der großen Straßenflächen werden außerorts überwiegend große Geräte eingesetzt. Auf Bundesautobahnen sind dies vor allem Lastkraftwagen mit hoher Ladekapazität für den Einsatz von Auftausalz und Sole sowie Schneepflüge. Eine größere Räumbreite kann auf Autobahnen mit einem am Fahrzeug zusätzlich angebrachten schwenkbaren Seitenpflug erreicht werden. Beschleunigungs- und Verzögerungstreifen können entweder zeitgleich mit den Hauptfahrbahnen oder im Anschluss daran geräumt und gestreut werden – ebenso Nebenanlagen (Parkplätze, Rasthöfe). Durch den Einsatz der Feuchtsalztechnik und der neu entwickelten Solestreueung wird die eingesetzte Auftausalzmenge minimiert, mit gleichzeitiger Erhöhung der Verkehrssicherheit.

### Wie ist die zeitliche Planung?

Die Bundesautobahnen sind wegen ihrer großen Verkehrsbedeutung und starken Auslastung grundsätzlich 24 Stunden befahrbar zu halten. Bei der 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 Winterdienstfahrzeuge von maxi-

mal zwei Stunden beim reinen Streueinsatz sowie drei Stunden beim Räumen vorgesehen. Auf den anderen Außerortsstraßen sind Umlaufzeiten von maximal drei 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. In den meisten Fällen von reiner Glättebildung (Reif- und Eisglätte) erfolgt die Streueung heute vorbeugend mit Salzlösung (Solestreueung).

## Glättemeldeanlagen

Eine wichtige Informationsquelle für den gezielten und rechtzeitigen Einsatz des Winterdienstes sind Glättefrüherkennungs-Systeme. Im Bereich der Straßen, insbesondere auf Bundesautobahnen, aber auch auf Landstraßen und kommunalen Straßen, werden mit Sensoren in der Fahrbahn spezifische meteorologische Daten und Daten zum Fahrbahnzustand ermittelt. Hierdurch ist es möglich, eine zu erwartende oder bereits entstandene Fahrbahnglätte 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.

Diese lokalen Systeme sind über ein Straßen-Wetter-Informationssystem bundesweit miteinander und mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) vernetzt.

Die an der Straße gewonnenen Messdaten werden in die Straßen- und Autobahnmeistereien bzw. die Einsatzzentralen übertragen, analysiert und archiviert. Sie vermitteln genaue Informationen über Straßenzustand und Glätteentwicklung. Die regionalen Anlagen sind wichtig für den Datenaustausch zwischen Meistereien, Kommunen und den Wetterämtern, die diese dann mit der Großwetterlage zu gezielten Straßenwetterprognosen verknüpfen. Möglichst präzise Straßenwetterprognosen lassen den Einsatz des Winterdienstes deutlich gezielter und effektiver erfolgen, insbesondere auch bei vorbeugenden Einsätzen sowie zur gezielten Vorbereitung auf besondere Wettersituationen wie Eisregen, Starkschneefälle oder Schneeverwehungen.



Bei einer vorbeugenden Streuung rechtzeitig vor der Glättebildung werden diese hohen Unfallzahlen von vornherein vermieden, da es gar nicht zu glatten Fahrbahnen und hohen Unfallraten kommt.

# VERKEHRSSICHERHEIT UND WIRTSCHAFTLICHKEIT EFFIZIENTER WINTERDIENST HILFT SCHWERE PERSONENSCHÄDEN ZU REDUZIEREN

Der Winterdiensteinsatz mit Auftausalz auf Außerortsstraßen senkt die Unfallzahlen sowie die Unfallkosten und erhöht die Verkehrssicherheit erheblich. Zwei Untersuchungen der Technischen Hochschule Darmstadt haben den Nutzen des Winterdienstes in ausführlichen Studien quantifiziert.

Der Verlauf der Unfallrate vor und nach Winterdiensteinsätzen zeigt, dass die Zahl der Unfälle in den Stunden vor dem Einsatz mit zunehmender Winterglätte stetig ansteigt. Bereits unmittelbar nach der Durchführung des Winterdienstes sinkt sie aber rasch auf ein deutlich niedrigeres Niveau ab.

Hochgerechnet auf alle Landstraßen in der Bundesrepublik Deutschland und die heutigen Fahrleistungen vermeidet der Winterdienst mit Auftausalz schon innerhalb der ersten Stunden nach seinem Einsatz rund 7.500 Unfälle mit Personenschäden (davon etwa 2.200 Unfälle mit Schwerverletzten oder Getöteten). 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.

**Aufgrund des Winterdiensteinsatzes sinkt die Unfallrate um 80 bis 85 Prozent des Wertes von winterglatten Straßen (vor der Streuung).**

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 nach heutigem Preisstand in der Summe auf winterlicher, glatter Fahrbahn einen Mehraufwand von 0,63 Euro pro Fahrzeugkilometer gegenüber der trockenen Fahrbahn. Durch einen effizienten Winterdienst können hiervon 0,55 Euro pro Fahrzeugkilometer eingespart werden. Für jeden auf gestreuter statt glatter Fahrbahn zurückgelegten Kilometer Fahrstrecke lässt sich also ein Nutzen von 0,55 Euro pro Fahrzeugkilometer nachweisen. Wesentlicher Faktor beim Errechnen des Winterdienstnutzens sind dabei die vermiedenen Unfallkosten, die fast 90 Prozent der Einsparungen ausmachen.

### Einsparungen innerhalb einer Winterperiode durch Auftausalz in der ersten Stunde nach dem Einsatz:

- 800 Mio. Euro auf Außerortsstraßen
- 200 Mio. Euro auf Autobahnen
- 1.300 Jahre Reisezeit
- 16,5 Mio. Liter Kraftstoff
- 40.000 t CO<sub>2</sub> (entspricht etwa 0,2 % aller Verkehrsemissionen)



D. h. ohne einen effektiven Winterdienst mit Tausalz, wie er heute auf dem Hauptstraßennetz der Bundesrepublik durchgeführt wird, wären die Unfallzahlen, die volkswirtschaftlichen Kosten und die Treibhausgasemissionen spürbar höher. Der Nutzen des Winterdienstes übersteigt damit erheblich dessen Kosten.

Die hochgerechneten Werte stammen aus den Studien der TH Darmstadt, die auch heute noch eine große Orientierungshilfe darstellen, da keine aktuelleren Studien hierzu vorliegen, diese Studien aber auch immer wieder im In- und Ausland bestätigt wurden.

Die Untersuchung „Verkehrssicherheit und Wirtschaftlichkeit des Verkehrsablaufes im Winter“ nimmt eine volkswirtschaftliche Bewertung des Winterdienstes für die Außerortsstraßen (ohne Autobahnen) vor. Eine weitere Studie untersucht „Winterdienst und Verkehrssicherheit auf Bundesautobahnen“. Für Innerortsstraßen liegen keine entsprechenden Untersuchungen vor. Auch

in verschiedenen anderen Ländern wurden die volkswirtschaftlichen Vor- und Nachteile des Straßenwinterdienstes durch vergleichbare Studien umfassend untersucht. Sie kommen zu vergleichbaren Bewertungen und Einschätzungen wie in den deutschen Studien.

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 kurzen Zeitraum, vor allem vor dem Winterdiensteinsatz, ereignen. Ohne Winterdienst würde die Anzahl der Glätteunfälle noch ansteigen. Je schneller der Winterdienst zum Einsatz kommt, desto mehr Glätteunfälle können verhindert werden. Der Nutzen des Winterdienstes ist immer größer als die Kosten, die er verursacht. Ein guter und schneller Winterdienst bringt damit den größten Nutzen und er ist besonders hoch bei vorbeugender Glättebekämpfung.

**Der volkswirtschaftliche Nutzen des Winterdienstes ist um ein Mehrfaches größer als die durch den Winterdienst entstandenen Kosten.**

# TECHNIK UND FORSCHUNG INNOVATIONEN OPTIMIEREN WIRTSCHAFTLICHKEIT UND UMWELTSCHUTZ

Die Entwicklung der Schneeräumung und die des Verkehrs sind eng miteinander verknüpft. Die Anfänge der systematischen Schneeräumung sind bei der Eisenbahn zu finden: Vor über hundert 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. Zunehmend wurden Räumen und Streuen auch mit auftauenden Mitteln durchgeführt.

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. Zum Ende der fünfziger Jahre wurden die ersten Streuautomaten eingesetzt. Im Laufe der Zeit wurde die Streutechnik bis zum Stand der heutigen Technik weiterentwickelt.

Wesentlicher Entwicklungsschritt war dabei die Entwicklung von Streutellern, die das Streugut gezielt dosierten und abhängig von der Streubreite und der gefahrenen Geschwindigkeit gleichmäßig verteilten („Wegeabhängigkeit“).

Es folgten weitere wesentliche Entwicklungsschritte zur Verbesserung der Winterdiensttechnik wie insbesondere die Feuchtsalztechnologie, Straßen-Wetter-Informationssysteme, die Optimierung der Einsatzpläne über EDV und zuletzt die Solestreuerung. Heute werden die Streudaten per Rechner im Fahrerhaus verarbeitet. Das Bedienpult zeigt den Streuplan an und begrenzt die maximale Streumenge. Alle relevanten Daten werden gespeichert und können nach dem Streueinsatz ausgewertet werden.

## Feuchtsalztechnologie

Die Feuchtsalzstreuerung ist eine Technologie, die in den 1970er Jahren in Deutschland entwickelt wurde und heute weltweit Standard im Straßenwinterdienst ist.

Feuchtsalz entsteht durch Anfeuchten des trockenen Auftausalzes mit Salzlösungen, meist aus Natriumchlorid (NaCl), teilweise auch aus Calciumchlorid (CaCl<sub>2</sub>) oder Magnesiumchlorid (MgCl<sub>2</sub>). In den Streugutbehältern der Fahrzeuge wird trockenes Salz geladen. In seitlich an den Streugutbehältern angebrachten Soletanks befindet sich die 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 Mischungsverhältnis von 70 Gewichtsprozent Auftausalz und 30 Gewichtsprozent Sole (daher auch der Name „Feuchtsalz30“ oder „FS30“ für 30 % Soleanteil).

Der Einsatz von Feuchtsalz setzt voraus, dass Lagerung und Befüllung von Salzsole an jedem Winterdienststützpunkt möglich sind. Nur so kann ein flächendeckender Einsatz von Feuchtsalz stattfinden. Die Salzsole kann selbst hergestellt oder als Fertigprodukt bezogen werden. Für die Selbsterstellung von Salzsole wird ein Solerzeuger eingesetzt: 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, sowie der kostengünstigen und verbesserten Bereitstellung der Sole.

Untersuchungen haben nachgewiesen, dass mit Feuchtsalz gegenüber dem Trockensalz eine deutlich schnellere und bessere Wirkung auf der Straße zu erzielen ist, und dies bei gleichzeitiger Salzeinsparung von mindestens 25 %. Zudem sind vorbeugende Einsätze nur mit Feuchtsalz statt Trockensalz möglich, da das Salz auf der Fahrbahn besser haftet. Weniger Wehverluste und damit Salzfrachten für die Seitenräume der Straßen bieten einen weiteren wesentlichen Vorteil.



Werkfoto Küpper-Weisser  
Einer der ersten FS-Streuer mit Tank im Silo  
1976



Auf der Basis der erzielten Salzeinsparungen wurden Berechnungen durchgeführt, die für die Feuchtsalzstreuung einen wirtschaftlichen Nutzen belegen. Die Einsparungen überwiegen in allen Fällen die notwendigen Investitionen für Fahrzeuge, Soletanks und Mixanlage in kürzester Zeit. Für alle Einsatzgebiete (Außerorts- und Innerortsstraßen) ist die Feuchtsalzstreuung der Trockensalzstreuung vorzuziehen.

Trockensalz wird heute nicht mehr als Stand der Technik empfohlen (siehe auch Merkblatt Winterdienst). Die erheblichen Salzeinsparungen, verbunden mit deutlich weniger Salzfracht in die Seitenräume, bieten neben den wirtschaftlichen Vorteilen auch ökologische.

## Die erzielten finanziellen und ökologischen Vorteile sprechen immer für Feuchtsalz im Vergleich zu Trockensalz.

### Vorteile der Feuchtsalzstreuung

#### 1. Geringere Umweltbelastung

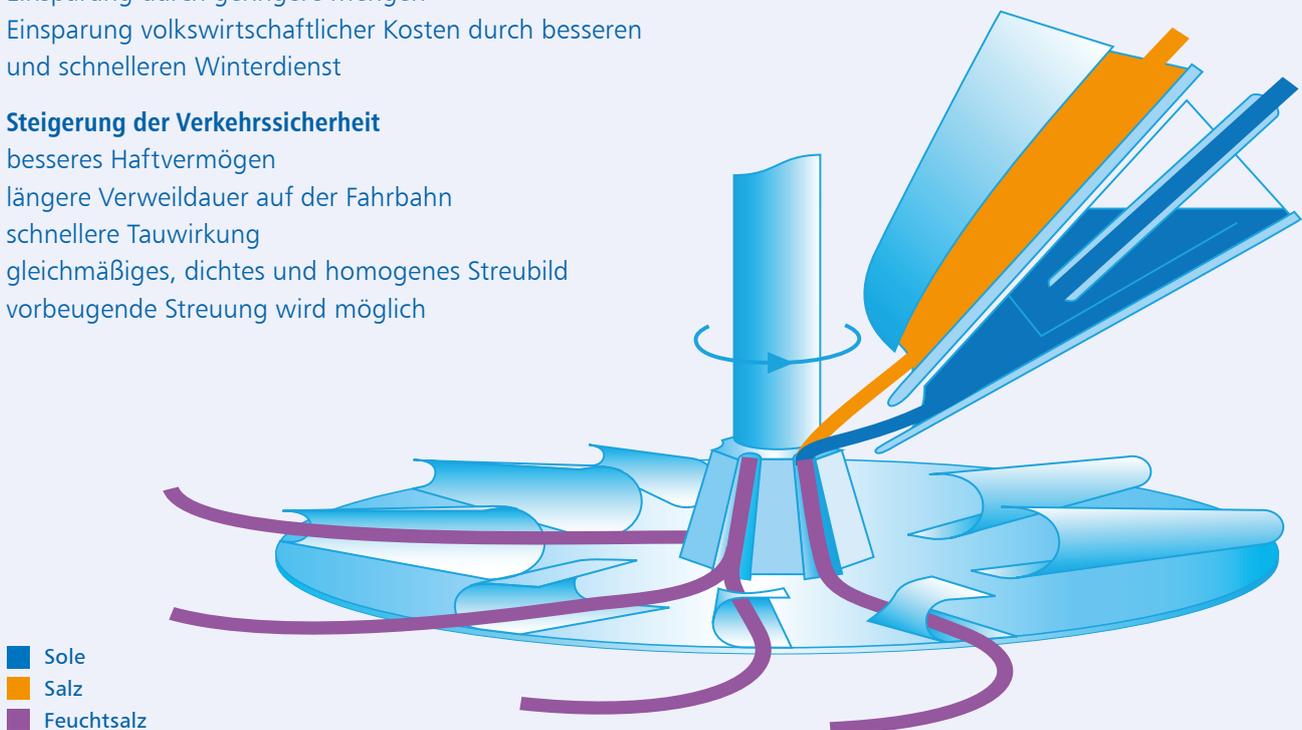
- verringerte Wehverluste in die Straßenseitenräume
- Verringerung der Taustoffmenge um über 25 %

#### 2. Steigerung der Wirtschaftlichkeit

- Einsparung durch geringere Mengen
- Einsparung volkswirtschaftlicher Kosten durch besseren und schnelleren Winterdienst

#### 3. Steigerung der Verkehrssicherheit

- besseres Haftvermögen
- längere Verweildauer auf der Fahrbahn
- schnellere Tauwirkung
- gleichmäßiges, dichtes und homogenes Streubild
- vorbeugende Streuung wird möglich



### Solestreuung „FS 100“ („Flüssigstreuung“)

Aus Forschungsprojekten ist bekannt, dass die Verteilgüte beim Feuchtsalz mit zunehmender Geschwindigkeit des Streufahrzeuges abnimmt. Ferner wurde festgestellt, dass gerade der Lösungsanteil von 30% zur besseren Verteilung und besseren Haftung sowie zur schnelleren Tauwirkung beiträgt. Im Gegensatz dazu wird der Feststoffanteil bei vorbeugender Streuung durch den Verkehr schneller weggeschleudert. Um extrem geringe Salzmengen besser und gleichmäßiger ausbringen zu können und sowohl eine schnellere Tauwirkung als auch eine längere Liegedauer zu erreichen, wurde in der Winterdienstforschung die sogenannte Solestreuung oder Flüssigstreuung, d. h., das Ausbringen reiner Salzlösung („FS 100“), entwickelt.

Erste Versuche mit Salzlösungen wurden bereits Ende der 50er Jahre in Frankreich gemacht, später wurde in der DDR auch in vielen Fällen flüssig gestreut. Doch diese Methoden, die damals noch nicht gut ausgereift waren, gerieten wieder in Vergessenheit und wurde später in Skandinavien planmäßig neu entwickelt.

In Deutschland wurden seit Winter 2008/09 Versuche mit dieser Technik durchgeführt. Dabei wird die Salzlösung nicht über einen Streuteller, sondern mit Sprühdüsen vom Fahrzeug aus gezielt auf der Fahrbahn verteilt.

Die ersten Ergebnisse dieser Versuche zeigten, dass die Ausbringung reiner Salzlösungen für die vorbeugende Streuung eine optimale Lösung ist. Die neu entwickelten Geräte gewährleisten eine gute, gleichmäßige Benetzung der Fahrbahn auch bei hohen Geschwindigkeiten – 60 km/h und höher – und geringen Streudichten. Das Salz wirkt deutlich schneller und bleibt wesentlich länger auf der Fahrbahn haften, auch weil es sich in die Poren des Belages hineinsetzt.

Die Solestreuung bietet damit erhebliche Vorteile gegenüber den bisherigen Verfahren. Sie ermöglicht eine optimale vorbeugende Streuung mit minimalen Mengen, auch in größerem Abstand zum erwarteten Glätteereignis, also z. B. am Abend vor nächtlicher Glättebildung. Sie hat allerdings ihre Grenzen bei sehr niedrigen Temperaturen (ab ca. -6°C) und bei sehr großen Schnee- oder Eismengen, da dann ein Überfrieren der Salzlösung möglich ist.

Daher muss ein optimaler Winterdienst heute beide Techniken (FS30 und FS100), je nach Witterung und Straßenzustand:

- FS100 für alle vorbeugenden Streuungen (Reifglätte, Eisglätte und Eisregen) sowie dünne Glätteschichten
- FS30 für alle Einsätze bei Schneefall oder bei vorhandenen, dicken Glätteschichten

**Die Ausbringung von reiner Salzlösung ist eine ergänzende Technik zum bewährten Verfahren der Feuchtsalzstreuung.**



## Solestreuung

- bei Präventiveinsätzen (feuchte Fahrbahnen)
- auf trockenen Fahrbahnen bis zu  $-6^{\circ}\text{C}$
- bei vorhandenen, sehr dünnen Glätteschichten bis zu  $-6^{\circ}\text{C}$
- reduziert den Salzeinsatz (um mindestens 50 %)
- verringert die Umweltbelastung durch geringere und gezieltere Streuung
- erhöht die Verkehrssicherheit
- schafft Zeitvorteile beim Winterdiensteinsatz
- spart volkswirtschaftliche Kosten

Durch konsequente Anwendung von FS100 wird ein immer größerer Anteil von Einsätzen auch vorbeugend möglich, was folgende Vorteile hat:

- Erhöhung der Verkehrssicherheit
- erhebliche Salzeinsparung (mehr als 50 %)
- Einsparung unnötiger Kontrollfahrten
- Kosteneinsparungen
- mehr Rechtssicherheit

Die deutsche Rechtsprechung verlangt nämlich von den Winterdienstverantwortlichen, dass sie die Glätte vorbeugend (präventiv) bekämpfen, wenn diese mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit erwartet werden kann. Dies ist in den überwiegenden Fällen von Reifglätte, Eisglätte und Eisregen der Fall, so dass sich aus der gesetzlichen Streupflicht eine Pflicht zum vorbeugenden Streuen ergibt.



### **Routenoptimierung**

Bei einer systematischen Routenplanung unter Berücksichtigung aller Vorgaben verringert sich deutlich die Summe der unnötigen Wege (Leerwege) und damit die insgesamt 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 je nach Einsatzfall um bis zu 50 Prozent

reduziert werden und die Summe der Gesamtwege um bis zu 30 Prozent abnimmt. Die Verteilung der Routenlängen wird gleichmäßiger und damit auch die Einsatzzeiten, wodurch die durchschnittliche maximale Einsatzzeit zum Teil stark absinkt. Dadurch ergeben sich für den Winterdienstbetreiber Einsparungen an Kraftstoff- und Zeitkosten und in Einzelfällen kann sogar die Zahl der eingesetzten Fahrzeuge verringert werden. Aber auch für die Volkswirtschaft ergeben sich durch die verkürzten Einsatzzeiten deutliche Einsparungen.

## Straßen-Wetter-Informationssystem

Eine rechtzeitige und richtige Wetterprognose erlaubt den rechtzeitigen und effektiven Einsatz der Streu- und Räumdienste. Ebenso ist es möglich, vorbeugend zu streuen, um Glätte zu verhindern bzw. zu beseitigen. Ist die entsprechende technische Ausstattung vorhanden, erreicht das Straßen-Wetter-Informationssystem (SWIS) eine sehr hohe Vorhersagesicherheit. SWIS kombiniert großräumige Straßenwettervorhersagen des Deutschen Wetterdienstes mit ortsbezogenen Trendvorhersagen von Glättefrüherkennungs-Systemen. Die Messdaten der örtlichen Anlagen werden an die SWIS-Zentrale weitergeleitet 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, die eine hohe Treffgenauigkeit haben und damit eine wichtige Grundlage für den Winterdienst bilden. Meistereien und Betriebshöfe können zum Beispiel entscheiden, ob eine Rufbereitschaft aktiviert oder kurzfristig aufgestockt werden muss. Niederschläge, die zur Glättebildung führen, werden so rechtzeitig vor Eintritt angekündigt. Städte und Kommunen können die im Rahmen von SWIS erstellten Wettervorhersagen für ihr Klimagebiet und ihre Höhenlage im Winter beziehen.

Die Autobahn- und Straßenmeistereien sowie die Kommunen 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

Insgesamt stellt ein Winterdienst-Management-System (WMS) ein wirkungsvolles Instrument dar, um den Winterdienst aus der Sicht Verkehrsfluss, 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.

Zur Konzeption des Systems gehören die Straßenzustandsinformationen und -prognosen. Bei einer Alarmierung sollen dem Einsatzleiter alle wesentlichen Informationen zur Art des Einsatzes, wie zum Beispiel Streudichte und vorgesehene Route, zur Verfügung stehen. Ebenso werden die Bordcomputer in den Fahrzeugen mit eingebunden. Auf den stark befahrenen Straßen lässt sich im Winter schnell der große Nutzen eines effektiven Winterdienstes erkennen.

Ein anderes Element des WMS 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 für Salz (Silos, Hallen) dem Streubedarf angepasst ist. Einflussfaktoren sind die zu betreuende Streckenlänge, die Verkehrsintensität, der eigene und fremde Streufahrzeugbestand, die Topografie und die regionale klimatische Situation.

**Das Salzmanagement ist ein wichtiger Garant für die Liefersicherheit.**

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 geeigneter Technik zur Füllstandsmessung (Radar, Ultraschall, Gewichtsmessdosen, Videokamera etc.) überwachen. Die zeitnahen Nachlieferungen garantieren ausreichend Salzbestände im Lager des Kunden. 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: Die Fahrzeuge sind so schneller wieder im Einsatz und erhöhen damit die Verkehrssicherheit und die Leistungsfähigkeit des Straßennetzes.

### Europäische Streustoffnorm

Die europäische **Salznorm DIN EN 16811** setzt europaweit Anforderungen an die Qualität und die Inhaltsstoffe von Salzen, die für den Winterdienst verwendet werden. Diese Anforderungen sind sehr hoch und gewährleisten damit eine gleichbleibende gute Qualität der verwendeten Salze. Die Norm regelt die drei gängigen Salze Natriumchlorid (NaCl), Calciumchlorid (CaCl<sub>2</sub>) und Magnesiumchlorid (MgCl<sub>2</sub>) sowie deren Lösungen.

Die Norm definiert für unterschiedliche Anwendungsfälle vier verschiedene Korngrößenklassen. Weitere Anforderungen betreffen den Wassergehalt (Feuchtigkeit), die Schwermetallgehalte, den pH-Wert und den Antitackmittelgehalt (Minimal-/Maximalgehalt). Besonders wichtig ist die Forderung der europäischen Norm, dass das Salz freifließend und brauchbar geliefert werden muss.

Die europäische Streustoffnorm leistet einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung des Qualitätsmanagements im Straßenwinterdienst.



Vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Qualitäten in den nationalen Steinsalzvorkommen wurden ein erforderlicher Mindestsalzgehalt von 90 % und ein maximaler Sulfatgehalt von 3 % festgelegt. Man hat sich darauf verständigt, dass nur in national gültigen Normenhängen ein höherer Mindestsalzgehalt und ein geringerer maximaler Sulfatgehalt festgelegt werden können.

Für Deutschland sind das ein Mindestsalzgehalt von 97 % und ein maximaler Sulfatgehalt von 1,5 %. Im Hinblick auf die zunehmende Verwendung von Sole (Natriumchlorid-Lösung) im Winterdienst wurden die Qualitätsanforderungen an Solelieferungen erweitert. Es darf nur ein Maximalgehalt von 0,03 % wasserunlöslicher Stoffe mit einer maximalen Korngröße von 0,5 mm in der Sole enthalten sein.

## Europäische Streustoffnorm DIN EN 16811

### Norm DIN EN 16811-1

Winterdienstausrüstung – Enteisungsmittel – Teil 1: Natriumchlorid – Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 16811-1:2016.

### Norm DIN EN 16811-2

Winterdienstausrüstung – Enteisungsmittel – Teil 2: Calcium- und Magnesiumchlorid – Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 16811-2:2016.

### Norm DIN EN 16811-3

Winterdienstausrüstung – Enteisungsmittel – Teil 3: Andere feste und flüssige Enteisungsmittel – Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 16811-3:2016.

Die neue Norm enthält auch Anforderungen an feste und flüssige Mischungen dieser Chloride mit Natriumchlorid und Kaliumchlorid. Da immer wieder auch neue tauende feste und flüssige Stoffe (als „Wundermittel“) angeboten werden, die teilweise sehr schädlich sind, wurden in der DIN EN 16811-3 die Anforderungen an derartige Stoffe festgelegt. Neue Stoffe, seien sie anorganischer oder organischer Natur, können künftig vor ihrem Einsatz von der Bundesanstalt für Straßenwesen oder anderen Testinstituten nach dieser Spezifikation getestet werden.

Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen gibt die „Hinweise für die Beschaffung von tauenden und abstumpfenden Streustoffen für den Winterdienst“ heraus. Darin werden die Anforderungen an die Produkte näher erläutert und Empfehlungen für die praktische Beschaffung gegeben. Für die deutschen Beschaffer von Salz wird empfohlen, grundsätzlich nur Salz gemäß DIN EN 16811-1 mit Nationalem Anhang zu beschaffen. Dies soll allerdings im Hinblick auf die Rieselfähigkeit und das Lagerverhalten auf trockenes Salz (max. 0,6% Feuchtegehalt) beschränkt werden. Die deutschen Winterdienstexperten empfehlen außerdem, die außerordentlich grobe Körnung 0–10 mm nicht zu verwenden, da hierbei mit erhöhten Streuverlusten, verzögerter Tauwirkung und Lackschäden an Fahrzeugen zu rechnen ist.

Ferner soll empfohlen werden, dass in die Leistungsbeschreibung von Auftausalz-Ausschreibungen zusätzlich Anforderungen zur Rieselfähigkeit aufgenommen werden. Das Auftausalz soll über einen Zeitraum von drei Jahren bei trockener Lagerung in einem rieselfähigen und in Streumaschinen gemäß DIN EN 15597-1 brauchbaren Zustand bleiben. Die Zugabe des Antibackmittels in der hierfür benötigten Menge und die gleichmäßige Verteilung im Salz liegen dabei in der Verantwortung des Bieters. Ein Prüfverfahren für die Feststellung der Rieselfähigkeit von Salz wurde in einem Forschungsprojekt der Bundesanstalt für Straßenwesen ausgewählt (Auslaufbox nach Sonntag). In künftigen Ausschreibungen kann vorgegeben werden, dass für die angebotenen Salze Prüfergebnisse aus diesem Rieselfähigkeitsverfahren vorzulegen sind.



Auftausalz weist hinsichtlich Primärenergieverbrauch, Treibhauspotenzial und Kosteneffizienz deutliche Vorteile gegenüber organischen Auftaumitteln und abstumpfenden Streumitteln im Straßenwinterdienst auf.

Auch im Vergleich der verschiedenen auftauenden Stoffe untereinander ist Natriumchlorid die wirtschaftlichste und umweltfreundlichste Lösung.

# UMWELT UND STREUSTOFFWIRKUNG ÖKOLOGISCH + WIRTSCHAFTLICH: AUFTAUSALZ IST ERSTE WAHL BEI EIS UND SCHNEE

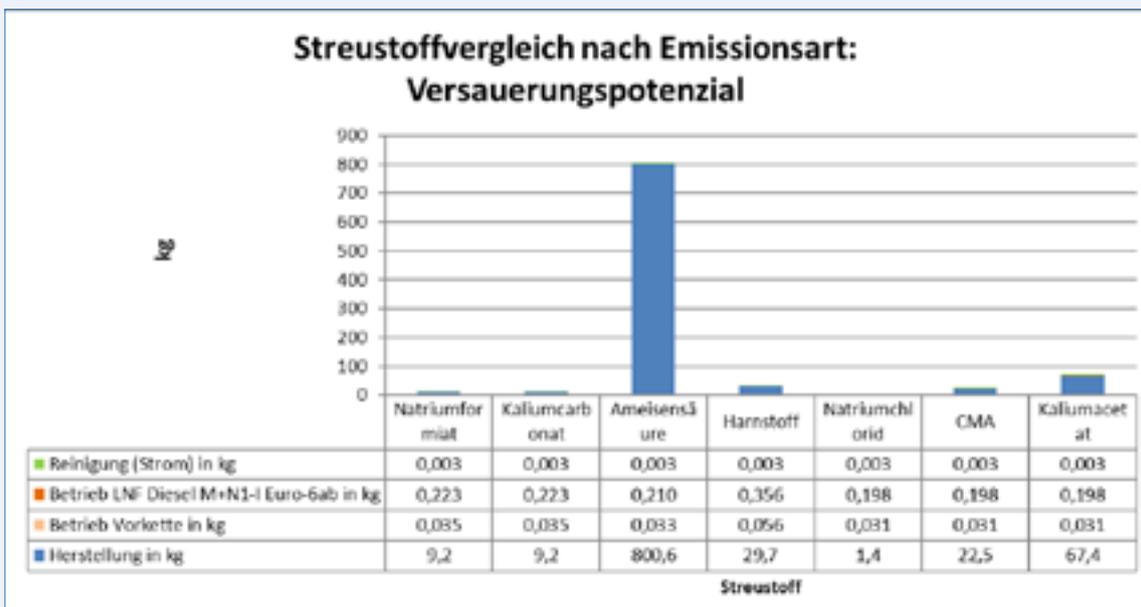
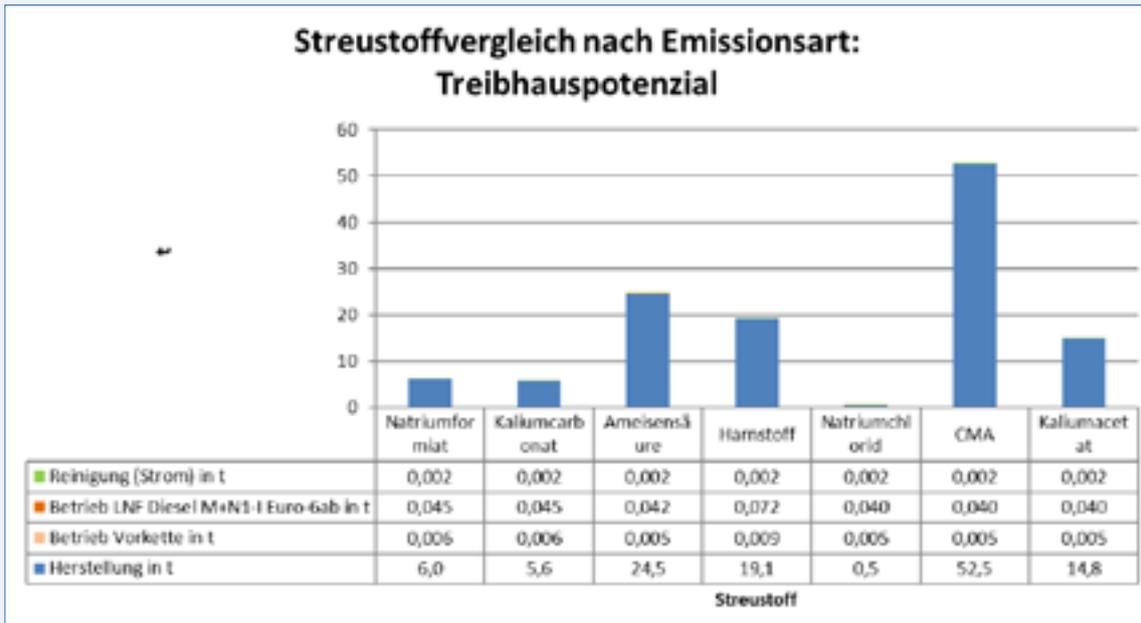
Früher wurden die Auswirkungen des Winterdienstes mit Auftausalz auf die Umwelt kaum bedacht. Es wurde nach dem Grundsatz für die Verkehrssicherheit verfahren: Viel hilft viel. Die Streutechnik beim Straßenwinterdienst hat seit den fünfziger Jahren mehrere Entwicklungsstufen mit dem Ergebnis durchlaufen, 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, bei gleichzeitig verbesserter Wirkung. Eine weitere aktuelle Optimierung ist der Einsatz der Solstreueung, der nochmals die Salzmenge reduziert.

## Ökobilanz von Streustoffen

Splitt ist weder wirtschaftlich noch ökologisch für kommunale Straßen eine Alternative zu Auftausalz. Dies ist das Ergebnis der von Öko-Institut e.V. und Hydrotex GmbH durchgeführten **Studie zur Bewertung des ökologischen und wirtschaftlichen Nutzens von chemischen Auftaumitteln**. Die Studie wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt. 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 eine orientierende Ökobilanz erstellt.

Auch dort, wo aus Gründen der Verkehrssicherheit, der Rechtssicherheit und Wirtschaftlichkeit Auftaumittel erforderlich sind, stellt sich trotzdem die Frage, ob es nicht eine geeignetere Alternative zum heute üblichen Streusalz, dem Natriumchlorid, gibt. Immer wieder werden solche Mittel angeboten und auch (weltweit) getestet.

Im Rahmen einer Studie in Hamburg, gefördert durch das Bundesverkehrsministerium, wurden jüngst die verschiedenen auftauenden Stoffe vergleichend untersucht und dabei wiederum bestätigt, dass Natriumchlorid unter allen Alternativen die mit Abstand beste Lösung darstellt. Insbesondere hinsichtlich der Umweltauswirkungen (Ökobilanz) ist NaCl den anderen Taumitteln deutlich überlegen. Das Treibhauspotential und die Energiebilanz fallen sehr günstig aus (siehe hierzu Abb. S. 24), was in den heutigen Zeiten deutliche Argumente für den Salzeinsatz sind.



Quelle: Technische Universität Dresden / Stadtreinigung Hamburg: E-WIN - Effizienter Winterdienst auf Radverkehrsanlagen in deutschen Städten am Beispiel der Stadt Hamburg, Dresden/Hamburg 2023

#### Folgende Faktoren sprechen für den Einsatz von Natriumchlorid als Auftaumittel:

- mit Abstand beste Ökobilanz
- Naturprodukt
- beste Tauleistung, d. h. geringste Mengen erforderlich
- Tauwirkung in den für Deutschland üblichen Temperaturbereichen gegeben
- in großen Mengen in Deutschland verfügbar
- gut lagerbar und handhabbar
- mit Streugeräten einfach auszubringen
- günstigste Kosten

## Abstumpfende Streustoffe

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. Abstumpfende Streumittel verursachen höhere Kosten und sind unter Berücksichtigung der Transportwege und der Entsorgung auch ökologisch schlechter zu beurteilen als Auftausalz im Straßenverkehr.

Ziel eines ökologischen Winterdienstes sollte es sein, den Salzverbrauch durch organisatorische Maßnahmen auf ein notwendiges Mindestmaß zu verringern. Der sparsamere Einsatz von Auftausalz in den Kommunen hat schon zu einer deutlichen ökologischen Entlastung geführt. Durch verstärkte mechanische Schneeräumung und durch konsequenten Einsatz der Feuchtsalz- und Flüssigstreuung lässt sich die Salzmenge erheblich reduzieren. Weitere Einsparmöglichkeiten bestehen in der effektiven Nutzung von gezielten Straßenwetter-Vorhersagen und von neuen Dosier-techniken. Die Nullstreuung (kein Salz- oder Splitt Einsatz) als ernstzunehmende Alternative kann für untergeordnete Straßen ohne besondere Gefahrenstellen in Betracht gezogen werden. Die Unfallhäufigkeit erhöht sich hierbei nicht notwendigerweise, da dort sehr wenig Verkehr ist, der meist sehr langsam unterwegs ist und keine besonderen Gefahren vorhanden 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 im Rahmen der Studie erstellte Ökobilanz hat gezeigt, dass die Salzstreuung mit Blick auf die ökobilanzrelevanten Belastungen (Energie- und Wasserbedarf, Luft- und Wasseremissionen, Abfallmengen) deutlich besser als die Splittstreuung abschneidet.

Bei der Verkehrssicherheit erwies sich die Salzstreuung als sehr gute Lösung, während die Splittstreuung nur eine kurze und geringe Wirkung zeigte. In Sachen Umwelt werden sowohl für die Salz- (Schädigung der Vegetation) als auch für die Splittstreuung (Entsorgung, Staubbelastung, Ökobilanz) Belastungen festgestellt, die aber mit Maßnahmen zur Reduktion der Streumengen begrenzt werden können.

Für den Winterdienst in Wohngebieten ohne nennenswerten Verkehr wird die Nullstreuung einer Splittstreuung vorgezogen und der Schnee wird dann nur noch geräumt. Mit der differenzierten Anwendung von Salz- und Nullstreuung in Städten wurde der Winterdienst in den letzten Jahren wesentlich umweltfreundlicher und kostengünstiger; die Verkehrssicherheit wurde deutlich verbessert.

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



Mit abstumpfenden Streustoffen kann nicht das Maß an Verkehrssicherheit erreicht werden wie mit Auftausalz.

### Auf einen Blick: Salz-, Splitt- oder Nullstreuung

#### SALZ

- unverzichtbar auf verkehrswichtigen und gefährlichen Straßenabschnitten (d. h. dort, wo eine gesetzliche Streupflicht besteht)
- wirtschaftlichster Streustoff mit Blick auf Streu- und Ausbringungskosten
- bei vorsichtiger Dosierung und Ausbringung keine kritischen Umweltschäden
- ein differenzierter Einsatz von Feuchtsalz und Flüssigstreuung, bei entsprechenden Wetterlagen auch vorbeugend, verbessert die Wirkung und verringert die Salzmenge erheblich

#### SPLITT

- geringe Wirkung auf den Verkehr: Kraftschluss verbessert sich nur geringfügig und nur kurzzeitig
- nur auf geschlossener Schneedecke leichte Verbesserung des Kraftschlusses
- erheblicher Kostenfaktor (sechs bis zehn Mal höher als Salzstreuung) durch große Streumengen und Wiederaufnahme bzw. Entsorgung
- Staubbelastung ist gesundheitsgefährdend für Anwohner und Kehrpersonal.
- kein restlos funktionierendes Recyclingverfahren vorhanden
- Umweltbelastungen höher als bei Salzstreuung

#### NULLSTREUUNG

- für untergeordnete Straßen ohne besondere Gefahrenstellen gut geeignet
- bietet dort ein gutes Sicherheitsniveau, da der Verkehr gering und langsam ist sowie keine besonderen Gefahrenpunkte vorliegen
- keine Kosten und Umweltbelastungen
- auf diesen Strecken ist die Nullstreuung der Splittstreuung weit überlegen

Abstumpfende Stoffe sollen das Salzstreuen ersetzen und die bekannten Auswirkungen der Salzstreuung auf Pflanzen, Fahrzeuge und Bauwerke vermeiden. Abstumpfende Stoffe wie Splitt beseitigen im Gegensatz zum Auftausalz die Glätte nicht, sondern vermindern die Glätte lediglich geringfügig und nur vorübergehend. Der für den Bremsweg und die Fahrstabilität maßgebende Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn wird nur geringfügig verbessert. Bei Eis- und Reifglätte sind abstumpfende Stoffe wirkungslos, lediglich auf einer Schneedecke haben sie eine geringe Wirkung.

Die benötigte Menge pro Flächeneinheit ist bei abstumpfenden Stoffen im Vergleich zu Auftausalz um etwa das Zehnfache 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 aufgebracht, entsorgt oder aufwändig recycelt werden.

Erfahrungsgemäß werden von den Städten etwa zwei Drittel bis drei Viertel der ausgebrachten abstumpfenden Stoffe wieder aufgebracht, allerdings zum Teil zerkleinert sowie durch groben Straßenabfall, Gummiabrieb, Ölreste und Schwermetalle verunreinigt. Das eingesammelte Kehrgut kann in dieser Form als Streustoff nicht wiederverwendet werden. Es bleibt die Frage nach der aufwändigen Entsorgung bzw. Wiederaufbereitung. Die Entsorgung auf Deponien ist sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch nicht mehr vertretbar. Die Verfahren zur Wiederaufbereitung von Streusplitt (Recycling) sind jedoch mit hohen Kosten und zusätzlichen Umweltbelastungen verbunden. Zudem liefern die Verfahren bislang keine befriedigenden Ergebnisse.

### Nachteile der abstumpfenden Streustoffe

- hoher Streustoffbedarf, etwa zehnfache Menge
- Umweltgefährdung durch Ablagerung von Streumaterial in Grünbereichen
- Aufhöhung von Seitenstreifen, daher erschwerter Wasserabfluss
- Glasbruch und Lackschäden durch hochgewirbeltes Grobkorn
- Entsorgungsprobleme (Sondermüll)
- Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit
- vorzeitiger Verschleiß der Fahrbahnmarkierungen durch schmirgelnde Wirkung
- Verstopfen von Entwässerungsanlagen, Einlaufschächten und Rohrleitungen (Kanalisation), hoher Reinigungs- und Entsorgungsaufwand
- Staubentwicklung mit Gesundheitsgefährdung
- Schwermetallgehalte
- deutlich höherer Energiebedarf und Treibhauspotential im Vergleich zu auftauenden Stoffen

Vom zuständigen Fachausschuss Winterdienst des Verbandes Kommunaler Abfallwirtschaft und Stadtreinigung wird in der Informationsschrift zum differenzierten Winterdienst sowie im Winterdienstmerkblatt empfohlen, auf abstumpfende Stoffe im Straßenwinterdienst künftig grundsätzlich zu verzichten. Dort wo auf Auftausalz nicht verzichtet werden kann (Straßen und Radwege mit Streupflicht), sollten alle technischen und sonstigen Möglichkeiten der Salzeinsparung genutzt werden; dort, wo kein Auftausalz erforderlich ist (Nebenstraßen ohne Streupflicht), soll grundsätzlich ganz auf Streustoffe verzichtet werden („Nullstreuung“).

**Unter dem Gesichtspunkt des Abfallvermeidungsgebots und der Minimierung des Treibhauspotentials ist die Anwendung abstumpfender Stoffe als kritisch einzuschätzen.**

## Pflanzen und Boden

Es gibt zahlreiche Untersuchungen über die Auswirkungen von Auftausalz auf Pflanzen, Boden und Gewässer. Neben vielen Einzelstudien hat sich die OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) 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. Forschungsergebnisse zeigen, dass Schädwirkungen an Straßenbäumen zumeist einem Komplex verschiedener Faktoren zuzurechnen sind, an dem viele standortspezifische Einflussgrößen in unterschiedlichem Maße beteiligt sein können.

### 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)
- Wassermangel

Hinzu kommen oberirdisch wirksame Stressfaktoren:

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

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).

Ihrem äußeren Erscheinungsbild nach gleichen die durch Auftausalz hervorgerufenen Symptome denen von Wasser- und Kaliummangel sowie gas- und staubförmigen Immissionsbelastungen. Auftretende Entwicklungsstörungen auf nur eine Ursache zurückzuführen, sind deshalb selten gerechtfertigt. Auf den Wasserhaushalt von Straßenbäumen wirkt eine Vielzahl von Faktoren ein. Letztlich ist es aber immer eine kombinierte Wirkung aller negativen Einflüsse, die die Vitalität der Straßenbäume einschränkt.

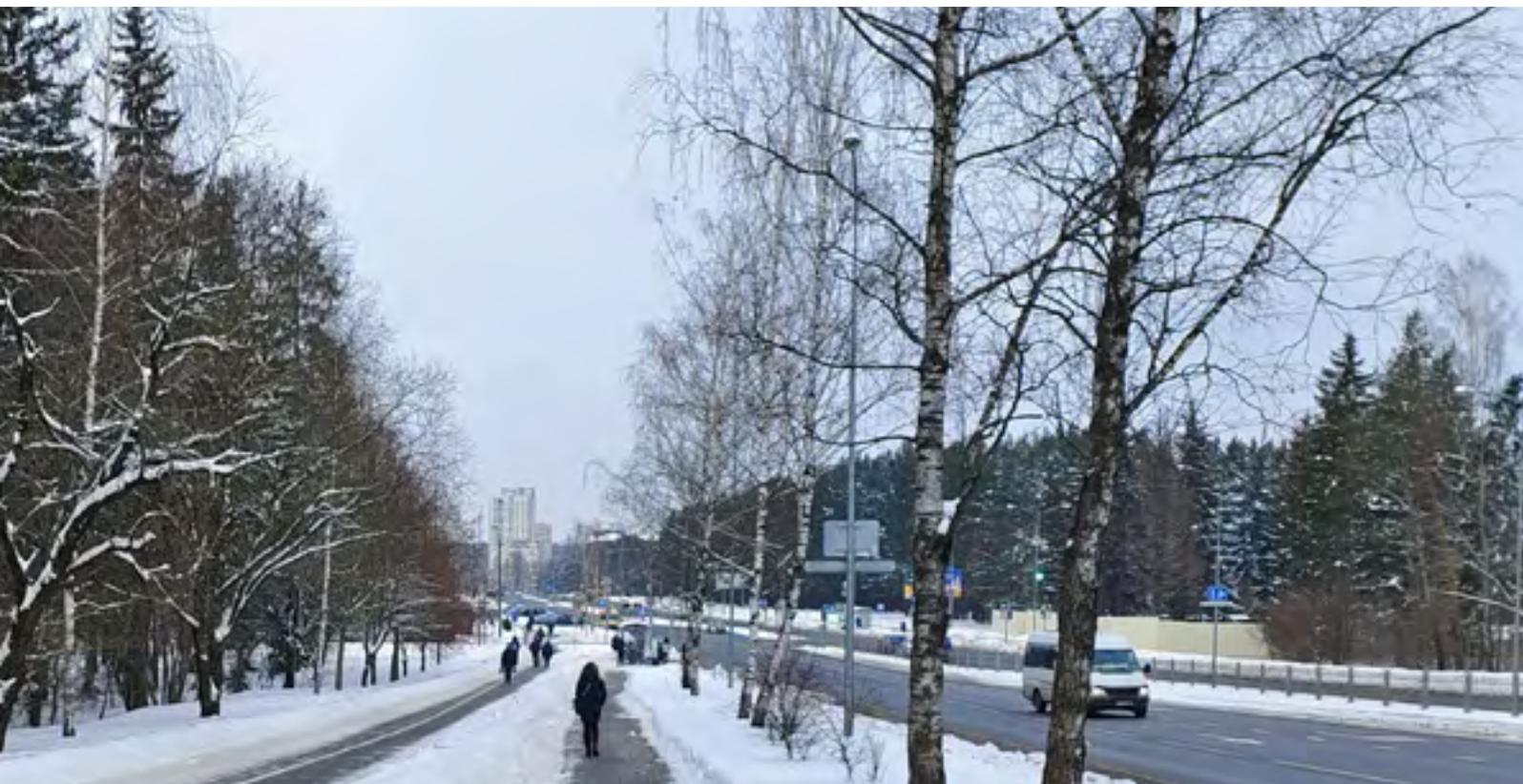
Vereinzelte Schädigungen der Pflanzen unmittelbar an Autobahnen beschränken sich zu 80 Prozent auf einen Entfernungsbereich von rund sechs Metern von der Fahrbahn. Sie entstehen durch die von den Fahrzeugen aufgewirbelte Salzgischt. Vereinzelt gelangt Chlorid über die Wurzeln in die Pflanzen, wodurch 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 Baumarten gepflanzt und eine systematische Gehölzpflege betrieben. Eine (heute in der Regel immer vorhandene) Standspur wirkt sich stark reduzierend auf mögliche Gischtschäden aus.

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 zum Beispiel abschüssige Böschungen oder straßennahe 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. Grad und Intensität der Auswaschung von Natrium- bzw. Chloridionen sind vor allem von der Niederschlagsmenge und Bodenbeschaffenheit und den unterschiedlichen hydrogeologischen Verhältnissen abhängig.

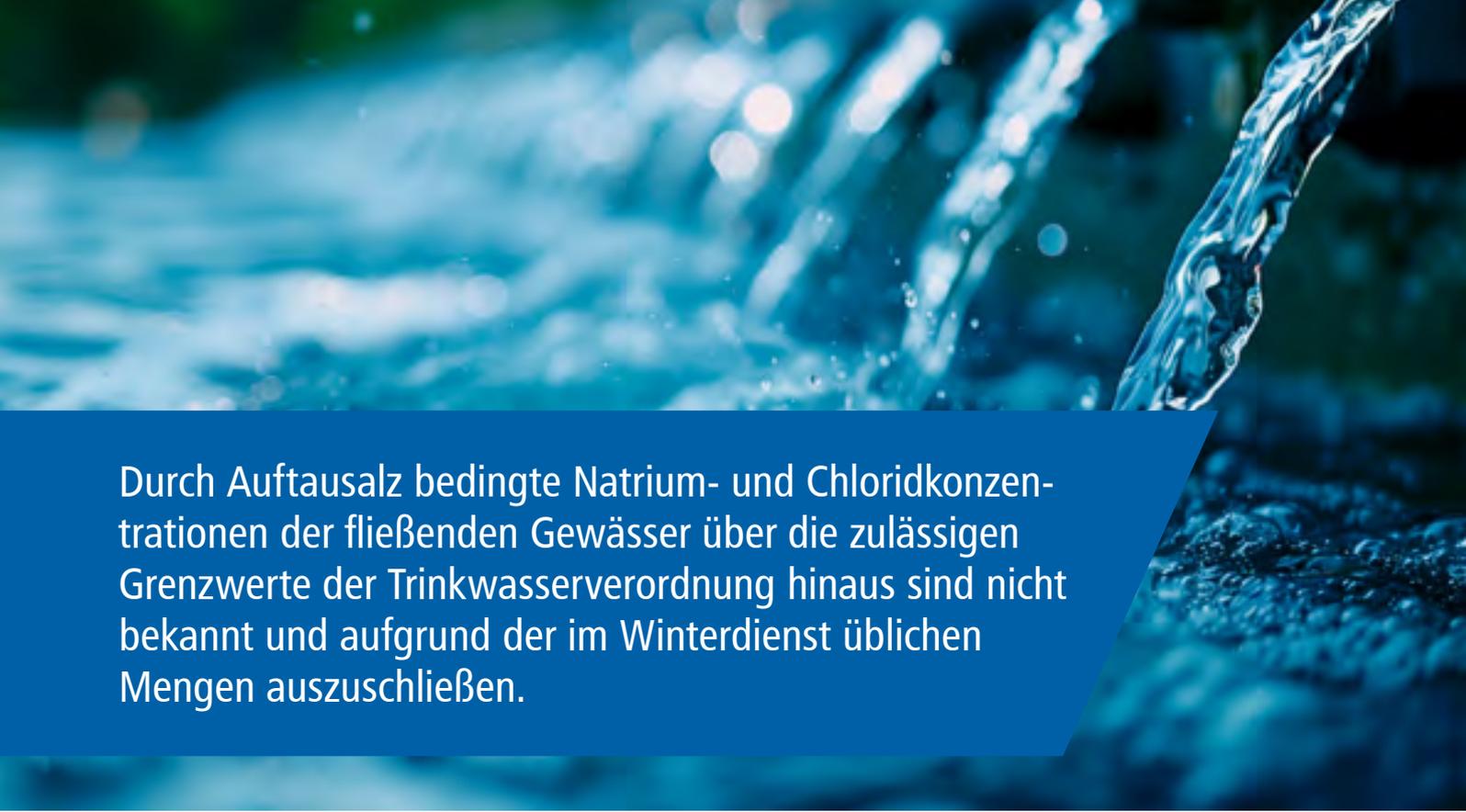
Bodenverdichtung und -versiegelung führen dazu, dass die Wasserversorgung erschwert und die notwendige Sauerstoffversorgung der Wurzeln behindert wird. Verdichtungen, insbesondere der Bodenoberfläche, beeinträchtigen die Versickerung von Niederschlagswasser und erschweren die Auswaschung von Chlorid. Bodenlockerungen, vor allem im Bereich von Baumscheiben, können das Eindringen von Niederschlagswasser und somit die Auswaschung von Chlorid fördern. Zusätzliche Bewässerungsmaßnahmen verstärken diesen Effekt.



Eine Verringerung der Salzmengen, die durch den technischen Fortschritt in den letzten Jahren erreicht wurde, insbesondere durch Feucht- und Flüssigstreuung, wirkt sich dabei direkt positiv auf die Pflanzen aus.

Hinzu kommt, dass das Salz durch die neuen Techniken wesentlich gezielter ausgebracht werden kann und auf der Fahrbahn haftet, so dass nur noch minimale Mengen in den Seitenräumen ankommen.





Durch Auftausalz bedingte Natrium- und Chloridkonzentrationen der fließenden Gewässer über die zulässigen Grenzwerte der Trinkwasserverordnung hinaus sind nicht bekannt und aufgrund der im Winterdienst üblichen Mengen auszuschließen.

### **Oberflächen- und Grundwasser**

Die in der Deutschen Trinkwasserverordnung (2023) aufgeführten Grenzwerte betragen für Natrium 200 mg/l und für Chlorid 25 mg/l. Diese Grenzwerte werden selbst bei Spitzenbelastungen nicht erreicht. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) gibt lediglich den Hinweis, dass es zu geschmacklichen Beeinträchtigungen bei Werten von über 200 mg/l bei Natrium und 250 mg/l bei Chlorid kommen kann.

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. 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.

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 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. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass diese Studien noch vor der Einführung der Flüssigstreuung durchgeführt wurden.

Das schweizerische Bundesamt für Straßenbau hat eine Studie veröffentlicht, die den Einfluss der Ausbringung von Salz auf das benachbarte und entferntere Grundwasser untersucht. Bei quantitativ bedeutenden und auch bei lokalen Grundwasservorkommen mäßiger Er giebigkeit bestehen keine Probleme. Das schweizerische Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat 2009 in seinem Bericht „Ergebnisse der Grundwasserbeobachtung in den Jahren 2004 bis 2006“ vergleichbare Ergebnisse veröffentlicht. An 50 Messstellen wurde viermal im Jahr der Chloridgehalt im Grundwasser gemessen. Den Studien ist zu entnehmen, dass – von Ausnahmesituationen abgesehen – auch nach vielen Jahrzehnten des Auftausalzgebrauchs keine nachhaltigen Schäden an Pflanzen, Boden und Wasser außerorts festgestellt werden konnten.

## QUELLEN (AUSWAHL)

### ABAY, G.

Wirksamkeit des Winterdienstes, Forschungsauftrag VS 1999/246 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Straßen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich 2005

### AUST, K.-D.

SWIS-Einsatz und Erfahrungen im Winterdienst, in: FGSV-Kolloquium Straßenbetrieb 1995, Köln 1996

### BADEL, H.; GÖTZFRIED, F.

Wirksamkeit verschiedener Tausalze, in: Straßenverkehrstechnik, Heft 10/2003

### BARK, A.; DURTH, W.; MATTHES, V.

Winterdienst und Verkehrssicherheit auf Bundesautobahnen, in: FGSV-Kolloquium Straßenbetrieb 1995, 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), Zürich 1997

### BROD, H.-G.

Langzeitwirkung von Streusalz (NaCl) auf die Umwelt, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 2, Bergisch Gladbach 1993

### BROD, H.-G.

Straßenbauschäden Ursachen und Wirkungen, Landsberg/Lech 1. Aufl. 1991

### BUNDESMINISTERIUM FÜR DIGITALES UND VERKEHR (BMDV)

Leistungsheft für den Straßenbetrieb auf Bundesfernstraßen, Teil Winterdienst, Bonn 2023

### BUNOZA, D.; Götzfried, F.; Badelt, H.

Solestreueung im Straßenwinterdienst, in: Straßenverkehrstechnik, Heft 2/2024

### CYPRÄ, T.; März, N.; Holldorb, C.; Riel, J.; Wiesler, T.

Winterdienst auf Radwegen – Ergebnisse des Forschungsvorhabens WinRad, in: Straßenverkehrstechnik, Heft 4/2024

### CYPRÄ, T.; ROOS, R.; ZIMMERMANN, M.

Optimierung des Winterdienstes auf hochbelasteten Autobahnen, in: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 135, Bergisch Gladbach 2006

### CYPRÄ, T.

Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen, in: FGSV-Kolloquium Straßenbetrieb 2003, Köln 2004

### DER ELSNER

Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen 2024, Dieburg 2023

### DURTH, W.; HANKE, H.

Handbuch für den Straßenwinterdienst Kirschbaum-Verlag Bonn 2004

### DURTH, W.

Kosten und Nutzen des Winterdienstes, in: Straße und Autobahn, Heft 9/1995

### DURTH, W.

Stand der Forschung zum Winterdienst auf offenporigen Deckschichten, in: Straße und Autobahn, Heft 10/1994

### DURTH, W.

Winterdienst auf Radwegen, in: FGSV-Kolloquium Straßenbetrieb 1992, Köln 1993

### DURTH, W.; HANKE, H.; LEVIN, C.; MATTHES, V.

Einsatz und Wirtschaftlichkeit von Feuchtsalz in der Praxis, Forschungsbericht, Darmstadt 1990

### DURTH, W.; HANKE, H.

Optimierung der Einsatzplanung für den Straßen-Winterdienst in Städten und Gemeinden, in: Forschung, Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 548, Bonn 1989

### DURTH, W.; HANKE, H.; LEVIN, C.

Verkehrssicherheit und Wirtschaftlichkeit des Verkehrsablaufes im Winter, in: Straße und Autobahn, Heft 2/1988

### DURTH, W.

Wirksamkeit des Winterdienstes, in: FGSV-Kolloquium Straßenbetrieb 1985, Köln 1986

### FGSV FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESSEN

Hinweise für die Anwendung von FS100 im Winterdienst (H FS100, 2024)

Hinweise für Beschaffung und Einsatz von Fahrzeugen und Geräten im Straßenbetriebsdienst, H BEFG-3 337/10 Teil 3: Streumaschinen, Köln 2022

Winterdienst auf Straßen mit Asphaltdeckschichten aus Offenporigem Asphalt, Köln 2022

Hinweise für die Beschaffung und den Betrieb von Soleanlagen für den Winterdienst, Köln 2022

Hinweise für die Lagerung und Beladung von Streustoffen für den Winterdienst, Köln 2020

Merckblatt für den Winterdienst auf Straßen, Köln 2020

Leitfaden für die Dimensionierung von Tausalzlagern, Köln 2019

Hinweise für Planung, Einrichtung und Betrieb von Straßenzustands- und Wetterinformationssystemen, Köln 2019

Hinweise für die Beschaffung von tauenden und abstumpfenden Streustoffen für den Winterdienst, Köln 2017

Temperaturgesteuerte Streustoffdosierung, Empfehlungen und Hinweise zu den technischen Anforderungen und zur Streustoffdosierung, Köln 2015

Praktische Empfehlungen für ein effektives Räumen und Streuen im Straßenwinterdienst, Köln 2015

Weiterentwicklung und Optimierung des Winterdienstes, Anforderungen und Maßnahmen, Köln 2013

Merckblatt für Planung, Bau und Betrieb von Taumittelsprühanlagen, Köln 2009

Aufbau und Betrieb von Winterdienstzentralen, Köln 2007

### 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

### GARTISER, S.; REUTHER, R.; GENSCHE, C.

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

### GÖTZFRIED, F.; BUNOZA, D.

Planung und Betrieb von Tausalzlöseanlagen, in: Straßenverkehrstechnik, Heft 3/2024

### GÖTZFRIED, F.; GAUDÉ, S.

Umweltauswirkungen des Winterdienstes mit Auftausalz, European Salt Producers' Association (Hrsg.), Brüssel 2021

### GÖTZFRIED, F.

Europäische Normung der tauenden Stoffe, in: Kali & Steinsalz, Heft 02/2015, Verband der Kali- und Salzindustrie e.V. (Hrsg.)

### GÖTZFRIED, F.

Qualitätssicherung bei Streustoffen im Straßenwinterdienst, VKS-Dokumentationen 2/2003, Köln 2003

### GRABOW, S.

Flüssigstreueung FS 100 – Umsetzung und praktische Erfahrungen in Hannover, in: Straßenverkehrstechnik, Heft 2/2024

### HANKE, H.

Winterdienst auf Radwegen – Empfehlungen zur Organisation und Durchführung in: Straßenverkehrstechnik, Heft 3/2024

### HANKE, H.

Ein effektiver Winterdienst gewährleistet Verkehrssicherheit und Nachhaltigkeit, in: Straßenverkehrstechnik, Heft 8/2023

### HANKE, H.

Nachhaltigkeit im Winterdienst Straßenverkehrstechnik, Heft 2/2022

### HANKE, H.

Winterdienst – auch auf Radwegen In: Straßenverkehrstechnik, Heft 4/2018

### HANKE, H.

Salz – ein Lebenselixier In: Straße und Autobahn, Heft 2/2013

### HANKE, H.

Ökobilanz der Streustoffe, in: VKS-News, Heft 9/2002

### HANKE, H.

Winterdienst ohne Splitt – Folgerungen für Städte und Gemeinden, in: Straße und Verkehr, Heft 6/1998

### HANKE, H.

Vorteile der Feuchtsalz-Streueung, in: Straße und Verkehr, Heft 6/1998

### HANKE, H.

Differenzierter Winterdienst im kommunalen Bereich – Erfahrungen und Ausblick, in: FGSV-Kolloquium Straßenbetrieb 1995, Köln 1996

### HANKE, H.

Wiederaufnahme und Entsorgung von Streusplitt, in: FGSV-Kolloquium Straßenbetrieb 1993, Köln 1994

### HANKE, H.

Wiederaufnahme und Entsorgung von abstumpfenden Streustoffen und Straßenkehricht, in: Handbuch Kommunale Straßenreinigung, Köln 1994

### HANKE, H.

Praxis der Feuchtsalz-Anwendung im Straßenwinterdienst, in: FGSV-Kolloquium Straßenbetrieb 1991, Köln 1992

### HANKE, H.

Feuchtsalz-Anwendung im Straßenwinterdienst – Einsparungsmöglichkeiten und Anwendungsempfehlungen, in: Straße und Autobahn, Heft 5/1991

### HANKE, H.

Winterdienst auf Außerortsstraßen – Verkehrssicherheit und Wirtschaftlichkeit, in: FGSV-Kolloquium Straßenbetrieb 1988, Köln 1989

### HAUSMANN, G. (Hrsg.)

Handbuch Winterdienst, Lehrte 1. Aufl. 2007

### HOLLDORB, C.; PAPE, H.; CYPRÄ, T.

Hinweise für die Lagerung und Beladung von Streustoffen für den Winterdienst, in: Straßenverkehrstechnik, Heft 3/2024

### HOLLDORB, C.

Winterdienst auf europäischen Straßen und Brücken, in: FGSV-Kolloquium Straßenbetrieb 2003, Köln 2004

### KLOTZ, S.; BALKE, J.

Vermeidung glättebedingter Staus durch Maßnahmen des Straßenwinterdienstes, in: Forschung, Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 873, Bonn 2004

### KUTTER, M.

Erfahrungen mit Taumittelsprühanlagen, in: FGSV-Kolloquium Straßenbetrieb 1993, Köln 1994

### KUTTER, M.

Straßenzustands- und Wetter-Informationssystem (SWIS), Zwischenergebnisse und Perspektiven, in: FGSV-Kolloquium Straßenbetrieb 1991, Köln 1992

### MORITZ, K.

Wirtschaftliche Aspekte der abstumpfenden Streumittel In: Straße und Autobahn, Heft 2/2000

### NIEBRÜGGE, L.

Praktische Erfahrungen mit der Ausbringung von Taustofflösungen, in: Straßenverkehrstechnik, 5/2012

### NIEBRÜGGE, L.

Wirksamkeit von tauenden Streustoffen, in: FGSV-Kolloquium Straßenbetrieb 2001, Köln 2002

### OECD-Bericht

Reduzierter Einsatz von Auftaumitteln im Winterdienst, in: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 583, Bonn 1990

### RUESS, B.

Salz- oder Splittstreueung im Winterdienst – Optimierung der Kosten/Nutzen-Verhältnisse unter Berücksichtigung von umwelt- und sicherheitsrelevanten Faktoren, Forschungsarbeit, Baden/Schweiz 1998

### RUESS, B.

Salz- oder Splittstreueung im Winterdienst, in: Straße und Verkehr, Heft 6/1998

### TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN / STADTREINIGUNG HAMBURG

E-WIN - Effizienter Winterdienst auf Radverkehrsanlagen in deutschen Städten am Beispiel der Stadt Hamburg Dresden/Hamburg 2023

### VERBAND KOMMUNALER UNTERNEHMEN (VKU)

Winterdienst für den Radverkehr Informationsschrift Nr. 99, 2021

### WICHMANN, M.

Straßenreinigung und Winterdienst in der kommunalen Praxis, Berlin 8. Aufl. 2018

Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.  
(Hrsg.)  
Reinhardtstraße 18 A  
10117 Berlin  
Tel. +49 (0)30 8471069 0  
info@vks-kalisalz.de  
www.vks-kalisalz.de

Redaktion: Dieter Krüger

Layout & Druck: Alf Germanus Grafische Erzeugnisse  
Bonner Str. 58 · 53332 Bornheim

Bildnachweise: Titel: @Daimler Truck AG; S. 3: AdobeStock@photoschmidt,  
S. 4: AdobeStock@Petair, AdobeStock@Wellnhofer Designs; S. 5: Adobe-  
Stock@connel\_design, ©Aebi Schmidt Group; S. 6: AdobeStock@Petair;  
S. 8: @clipdealer.de; S. 10: AdobeStock@sonatik; S. 12: AdobeStock  
@Kirill Gorlov; S. 14: ©Werkfoto Küpper, @aha Zweckverband Abfall-  
wirtschaft Region Hannover; S. 17: AdobeStock@FOTOKERSCHI;  
S. 18: @Daimler Truck AG; S. 20: AdobeStock@benjaminolte;  
S. 22: AdobeStock@Iakov Kalinin; S. 26: AdobeStock@Annett Seidler;  
S. 29: AdobeStock@Balsler; S. 30: AdobeStock@ARTwithPIXELS