

UMWELTAUSWIRKUNGEN DES WINTERDIENSTES MIT AUFTAUSALZ

Autoren: Dr. Franz Götzfried, Salt Research + Consulting (Deutschland)

Stéphanie Gaudé, Winterdienst-Spezialistin – Cerema (Frankreich)

ZUSAMMENFASSUNG

Grundlage dieser Studie ist eine umfassende Recherche, um Informationen über Streu- und Enteisungsmittel zusammenzutragen. Die Auswertung umfasst öffentliche Informationen und aktuelle Winterdienst-Praktiken. Die folgenden Themen wurden abgedeckt:

- Mobilität und Sicherheit durch den Winterdienst
- Produktion von Salz;
- Qualität von Salz;
- Lagerung und Logistik von Salz;
- Verbrauch von Salz;
- Leistung von Salz im Vergleich zu anderen anorganischen und organischen Enteisungsmitteln sowie zu abstumpfenden Streustoffen;
- Umweltauswirkungen von Enteisungsmitteln und abstumpfenden Streustoffen;
- Winterdienst und Kreislaufwirtschaft;
- Strategien und Technologien zur Optimierung des Einsatzes von Salz.

Das Hauptziel dieser Studie war, die Umweltauswirkungen von Salz und diversen Alternativen im Winterdienst zu ermitteln.

Es ist notwendig, die Mobilität und Verkehrssicherheit im Winter aufrecht zu erhalten. Aus diesem Grund ist der Winterdienst eine systemrelevante wichtige Tätigkeit. Das Ziel ist es, im Winter die gleiche Mobilität wie im Rest des Jahres zu gewährleisten. Dies kann nur durch einen effizienten Winterdienst ermöglicht werden. Die Gesamtzahl der Unfälle aufgrund von Eis und Schnee ist zurückgegangen, was ein klares Indiz für gute Winterdienst-Einsätze in Europa ist. Der Einsatz von Natriumchlorid (NaCl = Salz) ist ein wesentlicher Bestandteil der aktuellen Winterdienst-Praktiken.

Europa befindet sich in einer ausgezeichneten Rohstoff-Situation. Salz kann aus Steinsalz-Lagerstätten, Meerwasser und Salzseen gewonnen werden. Salz-Produktionstechniken verhindern oder minimieren jeglichen Beitrag zur Verschmutzung der Umwelt, tragen zur Erhaltung der Biodiversität und zur nachhaltigen Nutzung von Ressourcen bei und haben einen möglichst geringen ökologischen Fußabdruck. Alle Arten der Salzproduktion sind für den Einsatz als Auftausalz geeignet: Steinsalz, Siedesalz, Solarsalz. Die Salz-Industrie liefert hochwertiges Auftausalz gemäß der europäischen Norm EN 16811-1.

Alle auf den Strassen ausgebrachten Enteisungs-Produkte haben, abhängig von Ihrer Art (organisch, anorganisch) Auswirkungen auf verschiedene Umweltkompartimente (Wasser, Biodiversität, Vegetation, Boden). Die Auswirkungen von Salz gehören zu den am besten untersuchten, da Salz am häufigsten verwendet wird. Die Erhöhung der Natriumkonzentration im Boden neigt zur Auslaugung von K-, Ca- und Mg-Kationen, was bei bestimmten Bodenarten zu Nährstoffmangel führen kann. Natrium kann auch die Freisetzung von Schwermetallen aus Böden am Straßenrand verstärken. Oberflächengewässer (stehende und fließende Gewässer) sind stärker von Winterdienst-Tätigkeiten betroffen. Dieser salzhaltige Schmutzeintrag kann daher je nach Dauer, Häufigkeit der Einwirkung und Empfindlichkeit der aufnehmenden Ökosysteme zu einem Verlust der Artenvielfalt in aquatischen Ökosystemen führen, oder an Bäumen entlang der Strassen erhebliche Symptome hervorrufen (Verringerung der Photosynthese etc.). Im Gegensatz dazu bleiben große Grundwasserspeicher aufgrund ihres Volumens und ihrer Fließgeschwindigkeit unempfindlich gegenüber einer möglichen Salzkontamination. Das im Salz enthaltene Antirückmittel Ferrocyanid ist in der Umwelt nicht persistent und wird durch Ausfällung, Photolyse, Verflüchtigung und biologischen Abbau entfernt.

Enteisungsmittel mit hoher Leitfähigkeit, wie z.B. Salz, können Metalle wie Stahl, Zink, usw. angreifen. Durch die richtige Materialauswahl und den richtigen Korrosionsschutz sind Korrosionsschäden an Fahrzeugen und Straßeninfrastruktur heute kein grosses Thema mehr. Mit Salz ist nur ein äusserst geringer Angriff auf eine mit Beton gebaute Straßeninfrastruktur zu erwarten, wenn diese den aktuellen Beton- und Baunormen entspricht.

Calcium- und Magnesiumchloride, welche vereinzelt auch als Enteisungsmittel genutzt werden, haben den Vorteil, dass sie auch bei sehr niedrigen Temperaturen noch wirksam sind. Allerdings wird mit diesen Produkten mehr Chlorid in die Umwelt freigesetzt. Ausserdem besteht die Gefahr der chemischen Glätte durch die Bildung von Hydraten auf der Fahrbahnoberfläche. Diese Produkte sind teurer als Salz.

Was die anderen Enteisungsmittel betrifft, so ist deren Umweltbelastung aufgrund ihrer grossen Vielfalt immer noch zu untersuchen. Die im Flughafenbereich verwendeten Enteisungsmittel (Formiat, Acetat, Harnstoff) stammen aus der organischen Chemie. Sie werden zwar als biologisch abbaubar bezeichnet, dennoch muss die für den biologischen Abbau benötigte Sauerstoffmenge berücksichtigt werden. Dieser verbrauchte Sauerstoff fehlt der Umwelt und kann zu einem Verlust der Artenvielfalt führen. Ihre Auswirkungen auf Gewässer, Böden, Vegetation müssen in Abhängigkeit ihrer Zusammensetzung noch untersucht werden.

Bei den abstumpfenden Streustoffen ist die Bildung von Feinstaub (PM10) durch die Auswirkungen des Verkehrs zu berücksichtigen. Das Zerkleinern von abstumpfenden Streustoffen auf der Straße kann die PM10-Belastung in den Wintermonaten erhöhen. Feiner Salzstaub hingegen löst sich in den Schleimhäuten und ist gesundheitlich unbedenklich.

Die Frage der Beseitigung oder Behandlung von Straßenabwässern mit Enteisungsmitteln hängt von der Art der Abwässer ab. Bei Produkten mit Chlorid (NaCl , CaCl_2 , MgCl_2) wird ein großer Teil in Rückhaltebecken gesammelt. Um die Qualität des in die Umwelt eingeleiteten Abflusswassers zu regulieren, kann die Wasserausbeute der

Rückhaltebecken optimiert werden. Zurzeit wird an Halophyten zur Entsalzung von Strassenabflüssen geforscht.

Bei organischen Enteisungsmitteln wie Formiat oder Acetat liegt die grösste Umweltbelastung im Verbrauch von Sauerstoff. Ihr Abbau erfordert eine Behandlung in Abwasseranlagen. Bei abrasiven Materialien in städtischen Gebieten ist das Kehren notwendig, um Verstopfungen der Kanalisation, die Entstehung von Feinpartikeln und Schlupf durch Reststoffe zu verhindern.

Bei der Frage der Umweltbelastung muss der Produkt-Lebenszyklus berücksichtigt werden. Der fossile Energieverbrauch zur Herstellung von NaCl ist geringer als bei anderen Enteisungsmitteln, da es natürlich ist und kein industrielles Verfahren zur Herstellung benötigt (mit Ausnahme von abstumpfenden Streustoffen, die natürlichen Ursprungs aus Steinbrüchen sind). Der Energieverbrauch für die Ausbringung ist an die Dosierung gekoppelt, daher überwiegend von Bedeutung bei abstumpfenden Streustoffen und organischen Flüssig-Enteisungsmitteln. Der Ausstoss von Treibhausgasen kann durch eine heimische Produktion von Salz und die richtige Wahl der Transportmittel minimiert werden.

Es gibt viele Produkte am Markt als Alternativen zu Salz. Allerdings gibt es keine alternativen Enteisungsmittel, die alle Anforderungen (Verwendbarkeit, Umweltverträglichkeit) der europäischen technischen Spezifikation CEN/TS 16811-3 erfüllen. Einigen Vorteilen (wie z. B. weniger korrosiv, biologisch abbaubar) stehen oft andere Nachteile gegenüber (wie z. B. höhere Dosierung, geringerer Haftungsgrad). In der Regel sind die Alternativen viel teurer als Salz und werden daher nur für bestimmte Zwecke verwendet.

Abstumpfenden Streustoffen haben eine andere Zielsetzung als Salz: Sie werden nur in der kurativen Behandlung eingesetzt, um die Griffigkeit einer verschneiten / vereisten Fahrbahn wiederherzustellen. Die Ausbringungs-Raten sind viel höher als bei Salz. Ausserdem erzeugen sie Feinstaub und müssen am Ende des Winters entfernt werden. Sie werden nur für Verkehrsnetze verwendet, die sich in Gebieten mit strengem Winter befinden (Berge, geringe Verkehrsströme).

Salz wird bei der Herstellung vieler Produkte verwendet. Am Ende des Herstellungsprozesses muss das Salz nicht als Abfall betrachtet werden, sondern kann als Auftausalz wiederverwertet werden. Verschiedene Beispiele in Europa zeigen, dass die Verwendung von Nebenprodukt-Salzen und Altsalzen im Winterdienst zur Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft beiträgt.

Im Falle eines starken Winters müssen die Strassenbetreiber sicher sein, dass sie über einen ausreichenden Vorrat an Enteisungsmitteln verfügen, um auf intensive Wetterereignisse reagieren zu können. Salz ist ein Produkt, dessen Produktion und Lagerung eine Versorgungssicherheit auch bei Spitzennachfragen ermöglicht.

Die Lagerung von für die Wintermonate benötigtem Salz, basiert in der Regel auf einem dreistufigen Modell: 1. Kleine, lokale Silos und Lagerhäuser, 2. mittlere, regionale Lagerhäuser, 3. Lagerhäuser der Salz-Produzenten. In einigen Ländern legen die Strassenbehörden Notsalzreserven an, um die nationale Versorgungssicherheit zu

gewährleisten. Die Salz-Industrie nutzt alle möglichen Transportmittel, um die Bestände aufzufüllen: Lastwagen, Züge, Schiffe.

Der Schutz des gelagerten Salzes und der Umgebung der Lagerstätten, sowie eine einfache logistische Handhabung sind wichtig und können durch eine ordnungsgemäße überdachte Lagerung oder durch abgedeckte Aussenlager gewährleistet werden. Webbasierte, automatisierte Lagerverwaltungssysteme ermöglichen dem Anwender die volle Kontrolle über seine Lagerbestände und sein Budget.

Bei der Auswahl von Chemikalien für die Enteisung ist es wichtig, die Verfügbarkeit, die Leistung und die Kosten unter verschiedenen Wetterbedingungen zu berücksichtigen und die relative Umweltbelastung zu bewerten.

Natriumchlorid verfügt über die beste Ökoeffizienz (niedrigste Kosten, anwendbar bei normalem Winter-Wetter, akzeptable Umweltverträglichkeit) und die höchste Verfügbarkeit und ist somit das Enteisungsmittel Nummer 1 für Strassen.

Die Dynamik des Verbrauchs von Salz wird durch schwankende Temperaturen im Winter und Niederschläge bestimmt. Der stark schwankende, jährliche europäische Verbrauch von Salz zur Enteisung (Streusalz) wird auf 5 bis 17,5 Millionen Tonnen geschätzt. Die verfügbaren nationalen Statistiken zeigen meist einen sinkenden oder konstanten Trend beim Verbrauch von Salz und die Entkopplung des Salzverbrauchs von der Zunahme der Strassenlängen oder der Ausbringungs-Flächen. Die Gründe für diesen Erfolg sind verbesserte Einsatzstrategien (zuerst räumen, präventives Streuen, Dosierungsempfehlungen), verbesserte Streuqualität (Feuchtsalz, direkte Sole-Ausbringung) und der Einsatz von Straßenwetterinformationssystemen (RWIS). Langfristig gesehen ist aufgrund des Klimawandels ein Rückgang des Verbrauchs von Salz zu erwarten.

Die Studie empfiehlt weitere Anstrengungen zur Minimierung und Optimierung des Verbrauchs / Einsatzes von Salz. Dies wird von der Salz-Industrie begrüsst und unterstützt. Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Streusalz-Menge zu optimieren. Die erste besteht darin, nur die tatsächlich notwendige Menge zu streuen, u.a. durch die Kalibrierung der Streuer, Anpassung an Wetterphänomene, usw. Der Trend in Europa geht in Richtung Verwendung von Sole (Feuchtsalz, übersättigte Sole, Sole allein). Andere Massnahmen sind möglich, z. B. die Entwicklung von Geschäftsmodellen und Strategien, die auf Umweltsensibilität basieren, oder die Förderung der Verwendung von Winterreifen.

Ziel ist es, den Verbrauch von Salz weiterhin von der Zunahme des Personen- und Güterverkehrs sowie von den steigenden Straßenlängen und befestigten Straßenflächen in Europa zu entkoppeln. Gleichzeitig sollen Verkehrsunfälle, die durch glatte Strassen verursacht werden, weiter reduziert werden.

WICHTIGE ERGEBNISSE UND TENDENZEN

Zu den wichtigsten Erkenntnissen und Trends bei der Anwendung von Tau- und Streumitteln, die bei der Recherche festgestellt wurden, gehören:

- Um die Mobilität und Sicherheit auf europäischen Strassen im Winter zu erhalten, ist ein effizienter Winterdienst notwendig. Der Einsatz von Natriumchlorid (NaCl, Salz) ist ein wesentlicher Bestandteil dieser systemrelevanten wichtigen Tätigkeit.
- Auftausalz wird aus Steinsalz-Lagerstätten, Meerwasser und Salzseen gewonnen und entspricht den Anforderungen der europäischen Norm EN 16811-1.
- Salz und alle alternativ auf Straßen aufgebrauchten Enteisungs-Produkte sowie abstumpfende Streustoffe haben Auswirkungen auf verschiedene Umweltbereiche (Wasser, Biodiversität, Vegetation, Boden).
- Die Auswirkungen von Salz gehören zu den am besten untersuchten, da es das am häufigsten verwendete Taumittel ist. Was die anderen Enteisungsmittel betrifft, so ist deren Umweltbelastung aufgrund ihrer vielfältigen Ausprägungen immer noch zu untersuchen.
- Salz hat Auswirkungen auf die Böden (Auslaugung von Nährstoffen, Freisetzung von Schwermetallen) und kann bei Bäumen am Strassenrand erhebliche Symptome verursachen (Verringerung der Photosynthese etc.). Oberflächengewässer (stehende und fließende Gewässer) sind stärker von Winterdienst-Tätigkeiten betroffen (Verlust der Artenvielfalt).
- Einigen Vorteilen (wie z. B. weniger korrosiv, biologisch abbaubar) alternativer Enteisungsmitteln zu Salz stehen oft andere Nachteile gegenüber (wie z. B. höhere Dosierung, geringerer Haftungsgrad, hoher Sauerstoff-Verbrauch). In der Regel sind die Alternativen viel teurer als Salz und werden daher nur für bestimmte Zwecke verwendet.
- Die Ausbringungs-Mengen für abstumpfende Streustoffe sind viel höher als für Salz. Sie werden nur in der kurativen Behandlung eingesetzt, um die Griffigkeit einer verschneiten / vereisten Fahrbahn wiederherzustellen. Bei abstumpfenden Streustoffen ist die Bildung von Feinstaub (PM10) durch den Verkehr zu berücksichtigen. Sie müssen am Ende des Winters entfernt werden.
- Bei der Frage der Umweltbelastung muss der Produkt-Lebenszyklus berücksichtigt werden. Der fossile Energieverbrauch zur Herstellung von Salz ist niedriger als bei anderen Enteisungsmitteln. Der Energieverbrauch ist an die Dosierung gekoppelt, daher überwiegend für abstumpfende Streustoffe und organische Flüssig-Enteisungsmittel von Bedeutung.
- Salz ist das Enteisungsmittel mit der besten Ökoeffizienz für den Winterdienst: Geeignet für präventive und kurative Behandlung; wirksam bis zu einer Temperatur von -15° C; niedrige Dosierung möglich; akzeptable Umweltbelastung; niedrigste Kosten im Vergleich zu allen anderen Enteisungsmitteln. Natürliche Ressourcen, Produktionskapazitäten der Industrie und Logistikkonzepte garantieren eine hohe Verfügbarkeit von Salz.
- Beispiele zeigen, dass die vermehrte Verwendung von Nebenprodukt-Salzen und Altsalzen aus verschiedenen Branchen als Salz oder Sole zur Enteisung und als Vereisungsschutz im Winterdienst zur Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft beiträgt.
- Die Dynamik des Verbrauchs von Salz wird durch schwankende Temperaturen im Winter und Niederschläge bestimmt. Der stark schwankende, jährliche europäische Verbrauch von Salz zur Enteisung (Streusalz) wird auf 5 bis 17,5 Millionen Tonnen geschätzt.

- Verfügbare nationale Statistiken zeigen meist einen sinkenden oder konstanten Trend beim Verbrauch von Salz und die Entkopplung des Salzverbrauchs von der Zunahme der Straßenlängen oder der Ausbringungs-Flächen.
- Der Klimawandel mit steigenden Temperaturen im Winter hat Auswirkungen auf den Winterdienst. Die größten Auswirkungen sind die Veränderung der Intensität und der Art der Phänomene: Weniger Schnee, mehr Eis, mehr wiederkehrende Gefrier- / Auftauzyklen, seltenere, aber intensivere Ereignisse. Der Winterdienst ist gezwungen, sich anzupassen. Langfristig gesehen ist aufgrund des Klimawandels ein Rückgang des Verbrauchs von Salz zu erwarten.
- Die Studie empfiehlt weitere Anstrengungen zur Minimierung und Optimierung des Verbrauchs / Einsatzes von Salz. Dies wird von der Salz-Industrie begrüßt und unterstützt. Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Streusalz-Menge zu optimieren. Die erste besteht darin, nur die notwendige Menge zu streuen und u.a. durch Kalibrierung der Streuer, Anpassung an Wetterphänomene, usw. Der Trend in Europa geht in Richtung Verwendung von Salz-Lösungen (Sole) als Feuchtsalz, übersättigte Sole oder Sole allein.
- Ziel ist es, den Verbrauch von Salz weiterhin von der zunehmenden Entwicklung des Personen- und Güterverkehrs sowie von den steigenden Strassenlängen und befestigten Straßenflächen in Europa zu entkoppeln. Gleichzeitig sollen Verkehrsunfälle, die durch glatte Strassen verursacht werden, weiter reduziert werden.

Tabelle 9: Vergleich verschiedener Enteisungsmittel hinsichtlich einiger bekannter Umweltauswirkungen

Enteisungsmittel	Umweltfreundlichere Eigenschaften im Vergleich zu NaCl	Negative Eigenschaften Umwelteigenschaften	Kommentare
Natriumchlorid NaCl (fest)		Toxizität von Chlorid-Ionen (Verunreinigung des Grundwassers). Wirkung des Dispersionsmittels Natrium Na ⁺ auf den Boden. Signifikante Symptome von Bäumen an Strassenrändern.	Beste Ökoeffizienz: für präventive und kurative Behandlungen; Wirksam bis zu einer Temperatur von - 15° C; geringe Dosierung erforderlich; niedrigste Kosten im Vergleich zu allen anderen Enteisungsmitteln. Hohe Verfügbarkeit (natürliche Ressourcen: Steinsalzvorkommen, Meerwasser, Salzseen).
Natriumchlorid-Sole (flüssig)	Weniger Salzausbringung in die Umwelt als bei festem NaCl.	Gleiche Wirkungen wie festes NaCl.	Wirksamer als festes NaCl bei der vorbeugenden Behandlung, aber nicht für alle Wetterbedingungen geeignet.

Kalziumchlorid CaCl ₂	Calcium Ca ²⁺ hat keine dispergierende Wirkung auf den Boden. (Im Vergleich zu Natriumchlorid)	Toxizität der Chlorid-Ionen (Verunreinigung des Grundwassers). Doppelte Menge an Chlorid im Vergleich zu NaCl. Erhebliche Symptome von Bäumen an Strassenrändern.	Hohe Kosten im Vergleich zu NaCl. Wirksam bei niedrigeren Temperaturen als NaCl. Gefahr der chemischen Glätte. Kalziumchlorid ist für Plankton und Wirbellose Tiefe giftiger als NaCl. Für Fische ist Kalziumchlorid dagegen weniger gefährlich. GHS-Einstufung als Gefahrstoff ("augenreizend").
Magnesiumchlorid MgCl ₂	Magnesium Mg ²⁺ hat keine dispergierende Wirkung auf den Boden. (Im Vergleich zu Natriumchlorid)	Toxizität der Chlorid-Ionen (Verunreinigung des Grundwassers). Doppelte Menge an Chlorid im Vergleich zu NaCl. Erhebliche Symptome von Bäumen an Strassenrändern.	Gefahr der chemischen Glätte. Magnesiumchlorid ist für einige untersuchte Fischarten giftiger als NaCl.
Kaliumchlorid KCl		Schäden an einigen Pflanzen festgestellt.	Unwirksam bei Temperaturen unter -4° C / -7° C. Kaliumchlorid ist für einige untersuchte Fischarten giftiger als NaCl.
Enteisungsmittel auf Acetatbasis (CMA, Kaliumacetat, Natriumacetat) C ₂ H ₃ O ₂ ⁻	Biologisch abbaubar. Weniger schädlich für Flora und Fauna als NaCl.	A priori schädlichere Auswirkungen auf Phytoplankton, wirbellose Tiere und Fische als NaCl. Sauerstoffzehrender biologischer Abbau von Natriumacetat. Auswirkungen des Natriumions Na ⁺ (ähnlich wie NaCl).	Die Kosten sind rund 20-mal höher als bei NaCl [28].
Enteisungsmittel auf Formiatbasis	Biologisch abbaubar.	Ähnliche Wirkungen wie Acetat. Schwerer biologisch abbaubar als Acetat [28]. Sauerstoffzehrender biologischer Abbau.	Die Kosten sind rund 20-mal höher als bei NaCl [28].
Harnstoff	Geringe Korrosion.	Schädigung der Vegetation Fördert das Wachstum von Algen und die	Wirksam bis zu Temperaturen von -3° C / -4° C.

		Eutrophierung von Gewässern.	Hohe Kosten. Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um den Abfluss ins Grundwasser zu begrenzen.
Enteisungsmittel auf Sulfat-/Nitratbasis		Schädlich für Beton und poröse Steine. Erhebliche Verschmutzungsgefahr für Oberflächengewässer (anorganischer Stickstoff). Sehr ätzend.	
Alkohol und Glykol.		Nicht ätzend. Nicht zugelassene Stoffe in Seen und Flüssen. Hoher Sauerstoffverbrauch durch biologische Zersetzung.	GHS-Einstufung von Ethylenglykol als Gefahrstoff.