

# WIRKSAMKEIT VERSCHIEDENER TAUSALZE

Horst Badelt  
Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Dr. Franz Götzfried  
Südsalz GmbH, Heilbronn

Die Beseitigung von Glätte auf der Fahrbahn bedarf je nach Eis- oder Schneemenge einer bestimmten Menge Tausalz. Für das Winterdienstpersonal gibt es wegen fehlender Kenntnisse nur sehr ungenaue Empfehlungen zur einzustellenden Streudichte. Die Streudichte hängt von verschiedenen Einflüssen ab. Ein Einfluss ist die Wirkung der verschiedenen Tausalze selber. Die Tauwirkungen der unterschiedlichen Formen von Tausalzen wurden im Labor unter verschiedenen Bedingungen untersucht. Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Tausalzformen. Bei Beachtung dieser Erkenntnisse kann die Streudichte besser als bisher optimiert werden, wodurch der Winterdienst wirtschaftlicher und umweltfreundlicher gestaltet werden kann.

## 1 Einleitung

Behinderungen durch Eis und Schnee auf Fahrbahnen führen in der Bundesrepublik Deutschland zu erheblichen volkswirtschaftlichen Verlusten durch Verkehrszusammenbrüche, langsameren Geschwindigkeiten und höhere Unfallzahlen. Die Straßenbauverwaltungen betreiben deshalb sehr hohen Aufwand für die Vermeidung oder schnelle Beseitigung von Glätte. Der Einsatz von Tausalzen hat sich dabei zusätzlich zu der mechanischen Räumung als sehr wirksame und wirtschaftliche Technologie herausgestellt. Im Vergleich zum Ausbringen von abstumpfenden Streustoffen stellt der Tausalzeinsatz mit modernen Streumaschinen nach neuesten Erkenntnissen auch die umweltfreundlichere Technologie dar.

Je nach Wasser-, Eis- oder Schneemenge ist eine bestimmte Menge Tausalz für das Vermeiden oder Beseitigen von Glätte erforderlich. Für das Winterdienstpersonal gibt es aber wegen fehlender Kenntnisse nur sehr ungenaue Empfehlungen zur einzustellenden Streudichte. Die Wahl der Streudichte und auch der Tausalzart erfolgt bei den einzelnen Anwendern sehr unterschiedlich. Zum Teil bestehen bei den Anwendern unterschiedliche Ansichten über die Wirksamkeit der Tausalze.

In Laborversuchen bei der Bundesanstalt für Straßenwesen ist das grundsätzliche Verhalten verschiedener Tausalze detaillierter untersucht worden, deren Ergebnisse genauere Empfehlungen für den Anwender zum Tausalzeinsatz ergeben sollen.

## 2 Einflüsse auf die erforderliche Streudichte

Die Streudichte hängt von den nachfolgenden Haupteinflüssen ab, zwischen denen wiederum untereinander umfangreiche Wechselbeziehungen bestehen:

- Vorhandene Glätte (Art und Menge)
- Lage und Zustand der Fahrbahn
- Meteorologische Einflüsse (Temperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Wind)
- Verkehr (Anzahl und Geschwindigkeit der Fahrzeuge)
- Streutechnik (Verteilung der Streustoffe)
- Qualität der Tausalze (chemische Zusammensetzung, Korngröße und Anfeuchtung von Feststoffen)

### 3 Eingesetzte Taustoffe in Deutschland

In Deutschland werden als Taustoffe fast ausschließlich die drei Chloride Natrium-, Calcium- und Magnesiumchlorid eingesetzt:

Natriumchlorid ist dabei das Tausalz, das aufgrund der niedrigen Kosten vorrangig eingesetzt wird. Calciumchlorid wird vereinzelt als fester Taustoff für die Glättebekämpfung bei extrem tiefen Temperaturen vorgehalten. Magnesiumchlorid wird als festes Tausalz nicht verwendet.

Das Natriumchlorid wird grundsätzlich in zwei verschiedenen Formen eingesetzt:

- Siedesalz (feinkörnig, Korngröße <1 mm)
- Steinsalz (Anteil in Deutschland > 90 %, in zwei Gruppen: feinkörnig (Korngröße < 2mm) und grobkörnig (Korngröße bis max. 5 mm))

Überwiegend werden die Natriumchloride im Feuchtsalzverfahren ausgebracht, wobei in der Regel die festen Bestandteile unmittelbar vor dem Ausbringen am Streuteller der Streumaschine mit einer Lösung angefeuchtet werden. Das Verhältnis beträgt in der Regel 70 Masse-% Feststoff : 30 Masse-% Lösung (FS30-Verfahren). Für die Herstellung der Lösungen werden alle drei genannten Chloride genutzt.

Bei den fein- und grobkörnigen Natriumchloriden bestehen unterschiedliche Ansichten über deren Wirksamkeit.

Die geforderte Lieferqualität der Chloride und deren Lösungen für den Winterdienstesinsatz ist in den Technischen Lieferbedingungen für Streustoffe (TL-Streu) /FGSV/ festgeschrieben.

### 4 Bestimmung der Tauleistung

Die Tauleistung von Taustoffen wird in Deutschland bei der Bundesanstalt für Straßenwesen seit vielen Jahren mit dem Inzeller Eisplatten-Verfahren beurteilt.

Bei dem Verfahren wird in einer Kältekammer (Größe: 8 m x 6 m x 2,2 m) auf eine Eisplatte mit einer Abmessung von 24x18 cm und einer Dicke von ca. 3,5 cm eine hinsichtlich der Korngrößenverteilung repräsentative 4g-Probe des zu untersuchenden Salzes aufgetragen (Abbildung 1). Der Taustoff wirkt in einer vorgegebenen Zeitdauer und bei einer vorgegebenen Temperatur auf der Eisplatte.

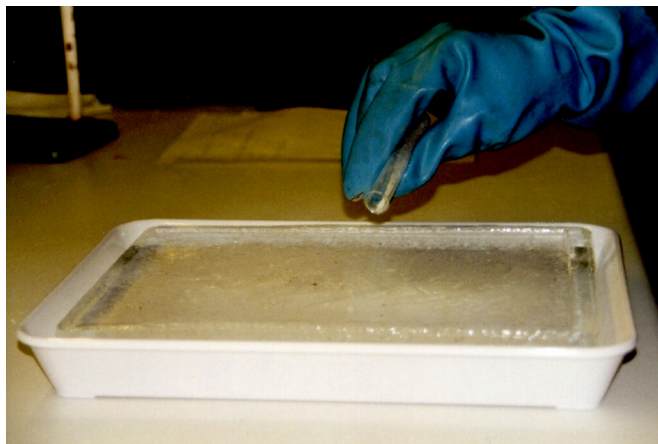


Abbildung 1: Aufstreuen von Trockensalz auf die Eisplatte

Anschließend wird der Taustoff und die geschmolzene Eismenge von der Eisplatte geschleudert (Abbildung 2). Die geschmolzene Eismenge ergibt sich aus der Differenz der Eisplattenmasse vor und nach der Einwirkung. Tauleistungsergebnisse werden als geschmolzene Eismasse je eingesetztes Gramm Taustoff angegeben.



Abbildung 2: Einbringen der Eisplatte (im Drahtkorb) in eine Zentrifuge zum Abschleudern vom geschmolzenen Eis und Tausalz (45 s bei ca. 475 U/min)

Auftragsprüfungen für Taustofflieferanten und Straßenbauverwaltungen werden bei  $-2^{\circ}\text{C}$  und  $-10^{\circ}\text{C}$  mit einer jeweiligen Einwirkdauer von 10 und 60 min durchgeführt. Die Luftfeuchte beträgt dabei 60 %. Feste Taustoffe werden immer im getrockneten Zustand eingesetzt. Die Genauigkeit des Verfahrens beträgt bei festen Taustoffen  $\pm 5\%$ .

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Vergleich von Natriumchloriden in verschiedenen Kornfraktionen

Es kamen 4g-Proben mit folgenden Kornfraktionen zum Einsatz, die speziell für diese Untersuchungen erstellt wurden:

- 0,16 – 0,4 mm
- 0,8 – 1,6 mm
- 1,6 – 2,0 mm
- 2,5 – 3,15 mm
- 3,15 – 4,0 mm
- 4,0 – 5,0 mm

Die Versuche fanden, wenn nicht anders angegeben, bei 60% relativer Luftfeuchte statt. Die Reinheit der getrockneten Natriumchloride betrug über 96 %.

#### 5.1.1 Tauleistungen in Abhängigkeit von der Einwirkdauer

Nach 10 min Einwirkdauer zeigen die feinkörnigeren Natriumchloride auf der Eisplatte im Vergleich zu den grobkörnigen Natriumchloriden eine deutlich höhere Tauleistung. Die Differenzen nehmen mit zunehmender Einwirkdauer ab (Abbildung 3). Begründen lässt sich dieses Verhalten mit den deutlich größeren Kontaktflächen der feineren Salzkörner.

Die großen Körner sinken mit der Zeit in die Eisplatte ein, womit sich die Kontaktfläche der Körner zum Eis wesentlich vergrößert. Sehr große Körner bohren sich nach längerer Zeitdauer sogar durch die Eisplatte durch. Die sich bildende Lösung kann dann das Eis auch von unten von der Fahrbahn lösen, so dass es schnell durch Fahrzeugreifen beiseite geschleudert werden kann. In Deutschland sind aber in den meisten Fällen die Eisschichten nur wenige Zehntelmillimeter dick. Die Wirkung von größeren Salzkörnern dürfte in der Praxis in den meisten Fällen daher schlechter ausfallen als bei dem Eisplattenverfahren. Umgekehrt kann es passieren, dass sehr kleine Salzkörner in nicht ausreichender Menge auf einer dicken Eisschicht nur an deren Oberfläche tauwirksam sind und keine Trennung des Eises von der Fahrbanoberfläche erfolgt.

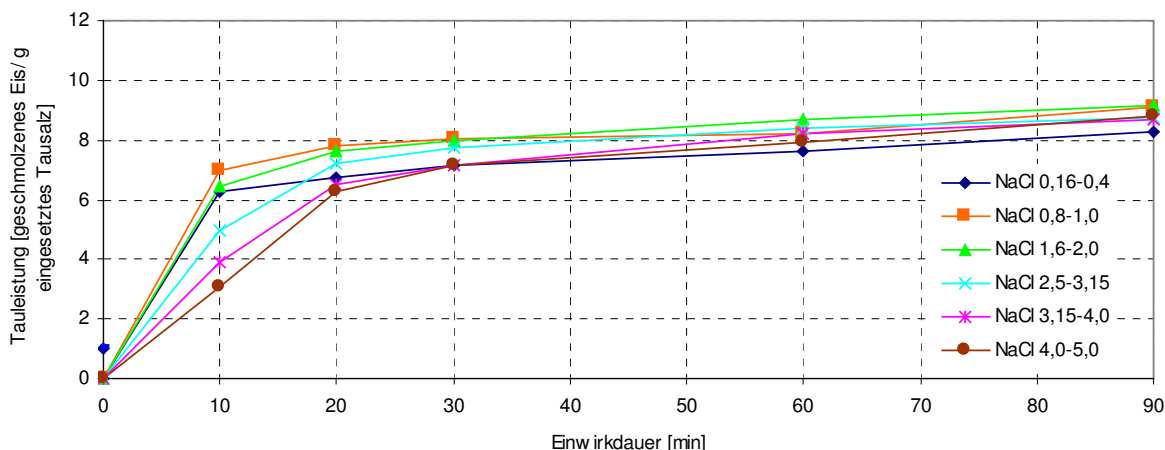


Abbildung 3: Tauleistungen von Natriumchloriden mit verschiedenen Kornfraktionen bei  $-5^{\circ}\text{C}$  Eisplattentemperatur in Abhängigkeit von der Einwirkdauer

### 5.1.2 Tauleistungen in Abhängigkeit von der Eistemperatur

Die Tauleistung hängt im wesentlichen von der Eistemperatur ab. Je tiefer die Temperatur desto geringer wird die Tauleistung (Abbildung 4), weil die kinetische Energie der Wasser- und Salzionen deutlich abnimmt und damit ihre Fähigkeit sich zu vermischen. Im Vergleich zu  $-2^{\circ}\text{C}$  sinkt die Tauleistung der feinkörnigen Natriumchloride nach 10 min Einwirkdauer z. B. bei  $-10^{\circ}\text{C}$  auf rund die Hälfte und bei  $-15^{\circ}\text{C}$  auf rund ein Drittel.

Die Tauleistung der groben (4,0-5,0 mm) Natriumchloride nach 10 min Einwirkdauer nimmt im Vergleich zu den feinen Natriumchloriden (0,8-1,0 mm) mit sinkender Temperatur im größeren Umfang ab. Erreichen sie bei  $-2^{\circ}\text{C}$  und nach 10 min Einwirkdauer noch etwa 50 % der Tauleistung von feinkörnigen Natriumchlorid, sind es bei  $-10^{\circ}\text{C}$  etwa 35 % und bei  $-15^{\circ}\text{C}$  weniger als 25 %. Diese Ergebnisse werden ebenfalls auf das unterschiedliche Verhalten der verschiedenen Korngrößen auf der Eisplatte zurückgeführt (siehe Abschnitt 5.1.1).

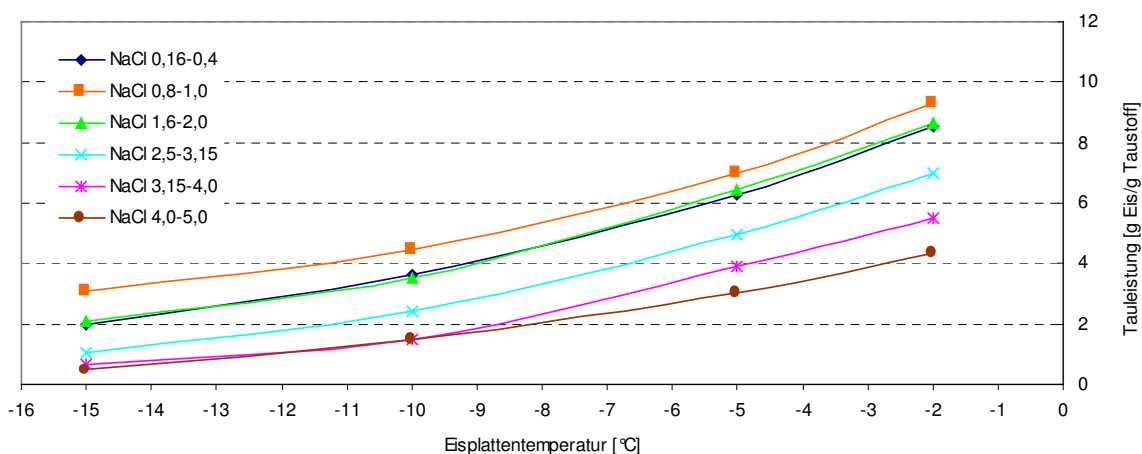


Abbildung 4: Tauleistungen von Natriumchloriden mit verschiedenen Kornfraktionen nach 10 min Einwirkdauer in Abhängigkeit von der Eisplattentemperatur

### 5.1.3 Tauleistung in Abhängigkeit von der Luftfeuchte

Häufig wird von den Anwendern die Meinung vertreten, dass die anfängliche Tauwirksamkeit mit zunehmender Luftfeuchte deutlich steigt.

Ergebnisse mit dem Inzeller Eisplatten-Verfahren bei verschiedenen relativen Luftfeuchten bis 70 % bestätigen diese Auffassung nicht (Abbildung 5). Die Tauleistungen bei den einzelnen Natriumchloriden schwanken etwa im Rahmen der Messgenauigkeit. Tendenziell ist ein geringer Anstieg der Tauleistung mit der Zunahme der Luftfeuchte sichtbar. Der Anstieg ist

aber für die praktische Anwendung vernachlässigbar. Für Aussagen bei hohen Luftfeuchten liegen noch keine Ergebnisse vor.

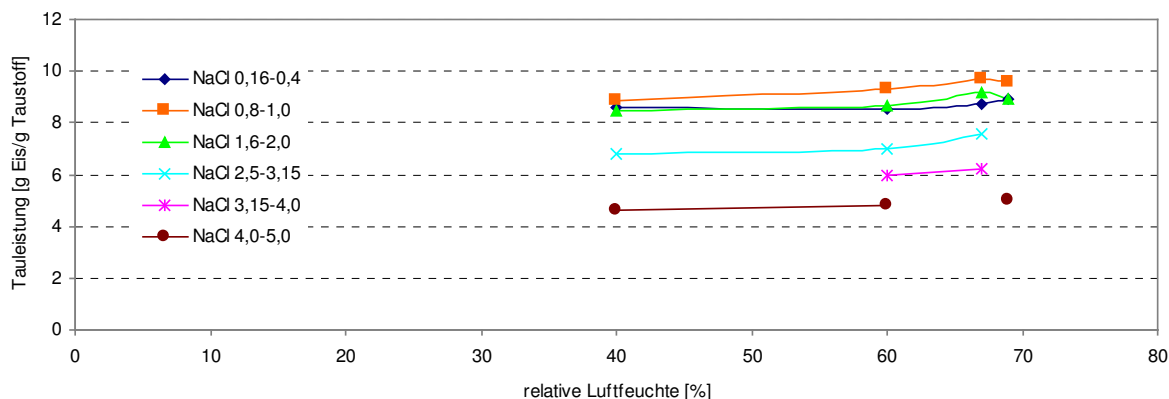


Abbildung 5: Tauleistungen von Natriumchloriden in verschiedenen Kornfraktionen und Tausalz-Lösungen bei -2°C Eisplattentemperatur nach 10 min Einwirkdauer in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte

## 5.2 Vergleich von Tausalzlösungen mit festem Natrium- und Calciumchlorid

Bei diesen Versuchen kamen 20%ige Lösungen von Natrium-, Calcium- und Magnesiumchlorid zum Einsatz. Auf die Eisplatten wurden dabei jeweils 20 g der Lösungen aufgetragen, so dass auch in diesen Fällen jeweils 4 g der Chloride wirkten. Für den Vergleich wurden 4g-Proben einer feinen (0,8-1,0 mm) und einer groben (3,15-4,0 mm) Natriumchloridfraktion sowie eines handelsüblichen 79%igen Calciumchlorides herangezogen.

Die Tauleistungen der Lösungen fallen nach 10 min Einwirkdauer im Vergleich zu dem feinen Natriumchlorid deutlich mit absinkender Temperatur (Abbildung 6). Unter -10°C ist der Einsatz von Lösungen als alleiniger Taustoff nicht sinnvoll. Bei dem Versuch eine Tauleistung von Natriumchlorid-Lösung bei -19°C zu bestimmen, gefror die Lösung selber. Die Masse der Platte nahm zu.

Die Tauleistungen der festen Formen liegen über denen der Lösungen, weil das Lösungswasser neben dem geschmolzenem Eis in das angestrebte Gleichgewicht zwischen Eis und Lösung eingeht.

Die Lösungen erreichen bei Temperaturen unter -10°C nach 10 min Einwirkdauer bereits nahezu ihre volle Tauleistung (vergleiche Abbildungen 6 und 7).

Im Vergleich zwischen feinkörnigem Natrium- und Calciumchlorid gibt bis -15°C keine großen Differenzen. Erst bei tieferen Temperaturen schmilzt das feste Calciumchlorid noch deutlich größere Mengen Eis.

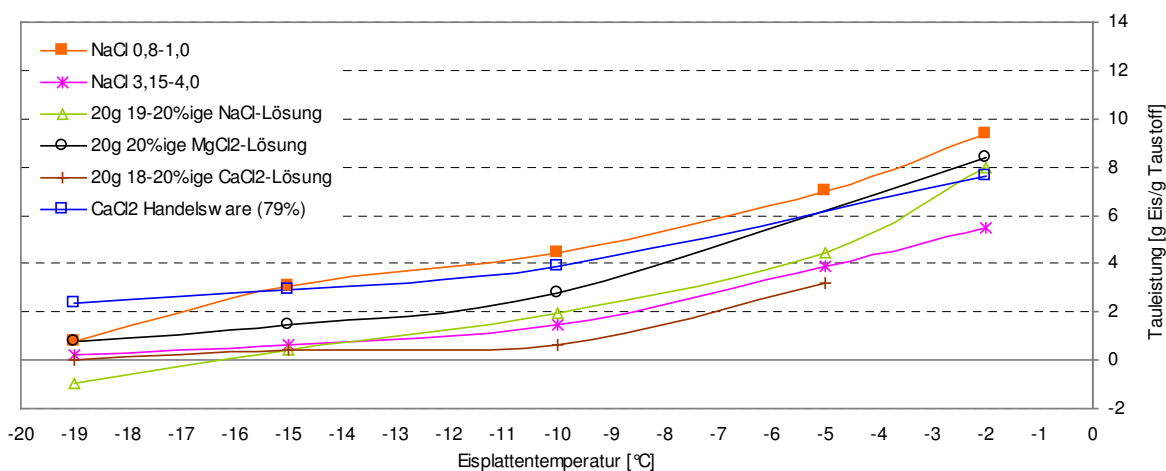


Abbildung 6: Tauleistungen von Tausalzlösungen im Vergleich mit festem Natrium- und Calciumchlorid nach 10 min Einwirkdauer in Abhängigkeit von der Eisplattentemperatur

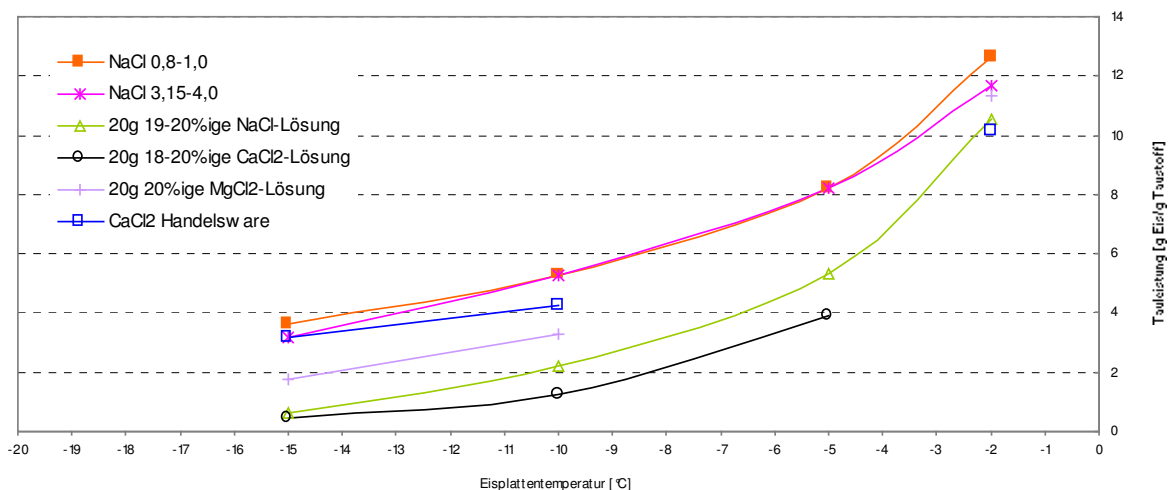


Abbildung 7: Tauleistungen von Tausalzlösungen im Vergleich mit festem Natrium- und Calciumchlorid nach 60 min Einwirkdauer in Abhängigkeit von der Eisplattentemperatur

### 5.3 Tauleistungen angefeuchteter Natriumchloride

Eine ebenso weit verbreitete Ansicht ist, dass Natriumchloride angefeuchtet deutlich schneller reagieren als trockene Natriumchloride. Die Versuche mit dem Eisplatten-Verfahren zeigen allerdings, dass die Taureaktion mit trockenem Salz sofort nach dem Aufstreuen beginnt. Ein kleines Salzhäufchen auf der Eisplatte lässt sich schon nach wenigen Sekunden nicht mehr verteilen. Das Salz bleibt feucht an dem zum Verteilen benutzten Gegenstand kleben.

Die Proben einer ersten Versuchsreihe waren wie folgt zusammengesetzt:

- 4g getrocknetes Natriumchlorid
- 4g Natriumchlorid nicht getrocknet (rund 1 % Wasseranteil)
- 2,8 g Natriumchlorid in Form von Siedesalz, die jeweils mit 1,2 g 20%iger Lösungen befeuchtet waren. Dabei wurden Lösungen mit Natrium-, Calcium- und Magnesiumchlorid verwendet. Der gesamte Salzanteil betrug rund 3 g je Probe.

Die Versuchsdurchführung geben die Abbildungen 8-10 wieder.

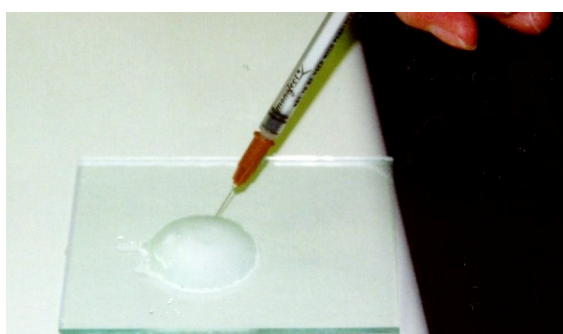


Abbildung 8: Befeuchten von trockenem Natriumchlorid mit Lösung auf einer Glasplatte



Abbildung 9: Auftragen von Feuchtsalz auf die Eisplatte





Abbildung 10: Verteilen des Feuchtsalzes auf der Eisplatte mit einem Zahnspatel

Das getrocknete Natriumchlorid zeigt unter Beachtung der Verfahrenstoleranzen keine niedrigeren Tauleistungen als das Natriumchlorid im angelieferten Zustand mit 1 % anhaftender Feuchte. Sie sind nahezu gleich. Beide Stoffe reagieren auf der Eisplatte sofort (Tabelle 1).

Taustoffform	Tauleistung [g Eis/g Taustoff]
getrocknetes Natriumchlorid	5,23
Natriumchlorid im Anlieferungszustand (ca. 1% Feuchte)	5,29
Getrocknetes Natriumchlorid mit 30% NaCl-Lösungsanteil	4,38

Tabelle 1: Tauleistungen von Siedesalz mit unterschiedlichen Anfeuchtungsgraden bei  $-6^{\circ}\text{C}$  und nach 10 min Einwirkdauer

Die Proben mit dem nachvollzogenen FS30-Verfahren erreichen nur etwa 83 % der Tauleistungen im Vergleich zu den beiden anderen Natriumchloridformen. Bezogen auf den Anteil der eingesetzten Natriumchloridmenge (76 %) ist die Tauleistung damit etwas höher als bei den beiden anderen Formen.

Abbildung 11 zeigt, dass die Art des Salzes ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ) in der Lösung im gesamten Temperaturspektrum unbedeutend ist. Dieses Ergebnis kann mit dem vergleichsweise geringen Anteil von rund 6 % an der Gesamtmenge begründet werden.

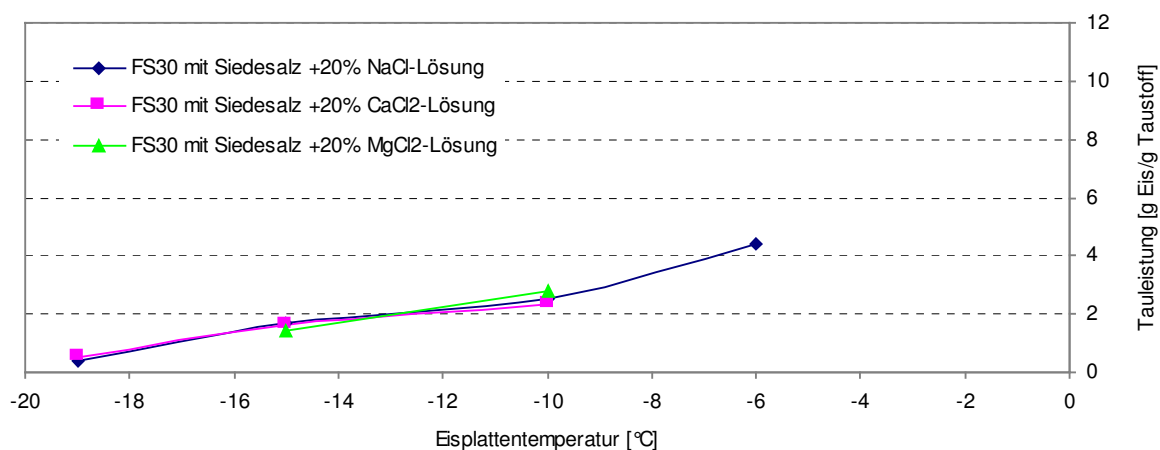


Abbildung 11: Tauleistungen von Natriumchloriden, mit unterschiedlichen Lösungen angefeuchtet, nach 10 min Einwirkdauer in Abhängigkeit von der Eisplattentemperatur

## 6 Kalorimetrische Versuche

Die schnelle Schmelzreaktion von trockenen Tausalzen in Eis lässt sich sehr gut in einem thermisch geschlossenen Gefäß (Kalorimeter) nachweisen. In ein Thermogefäß (Volumen ca. 2l) werden 200 g Eiskörner mit  $< 2\text{mm}$  Durchmesser eingefüllt. Nach der Einstellung einer konstanten Temperatur im Kalorimeter werden unter Rühren 4 g-Proben verschiedener

trockener Chloride zugemischt. In diesem vollautomatischen Prozess wird die Temperatur im Eis erfasst und aufgezeichnet.

Die Temperatur sinkt im Kalorimeter aufgrund des Wärmeentzugs für den Schmelzprozess. Abbildung 12 zeigt anhand des Temperaturverlaufes, dass die Reaktion schon wenige Sekunden nach der Zugabe beginnt und nach wenigen Minuten bereits abgeschlossen ist. Bei feinkörnigen Natriumchloriden (Kornfraktionen < 2 mm) sinkt die Temperatur anfänglich schneller als bei grobkörnigem Natriumchlorid (Kornfraktionen bis 5 mm). Dieser Effekt wird auch hier wieder auf die größeren Reaktionsflächen zurückgeführt. Nach einer Zeit des Temperatúrausgleichs im Kalorimeter sind bei Natriumchloriden mit unterschiedlichen Korngrößen die Endtemperaturen etwa gleich.

Versuche mit angefeuchteten Natriumchloriden waren mit dem vorhandenen Kalorimeter nicht möglich, da das Prüfgut am Ausbringbehälter kleben blieb.

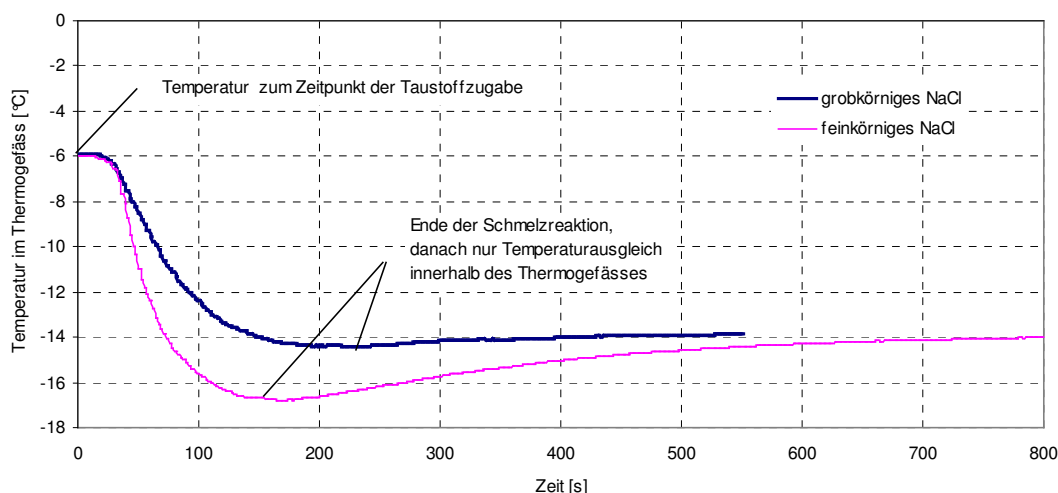


Abbildung 12: Verlauf der Temperatur in einem Thermogefäß nach der Zugabe von 4 g fein- bzw. grobkörnigem Natriumchlorid auf 200 g schneefein gemahlenem Eis

## 7 Vorteile durch Feuchtsalzstreuen

Warum erreicht das Feuchtsalzstreuen trotzdem eine deutlich höhere Wirksamkeit im Vergleich zum Trockensalzstreuen?:

Die Abbildungen 13 und 14 zeigen die deutlichen Unterschiede beider Technologien. Bei diesen Abbildungen kommt die gleiche Streumaschine und das gleiche Steinsalz zum Einsatz. Beim Streuen ohne Anfeuchtung sind sehr deutliche Verwehungen der feinkörnigen Kornfraktionen erkennbar. Diese kommen selbst bei einer nassen Fahrbahn nicht wie gewünscht feinverteilt auf der Fahrbahn an. Sie verwehen vor dem Auftreffen zu den Straßenträndern oder sind ungleich verteilt. Dieser Effekt nimmt mit der Geschwindigkeit des Streufahrzeuges zu.





Abbildung 13: Ausbringen von Steinsalz ohne Anfeuchtung (30g/m<sup>2</sup> Streudichte, 6 m Streubreite, 50 km/h Fahrgeschwindigkeit)



Abbildung 14: Ausbringen von Steinsalz mit Anfeuchtung (FS30-Verfahren, 30 g/m<sup>2</sup> Streudichte, 6 m Streubreite, 50 km/h Fahrgeschwindigkeit)

Bei Siedesalz nimmt der Effekt des Verwehens deutlich zu (Abbildung 15). Auf einer trockenen Fahrbahn treffen sie erst nach längerer Wehzeit auf. Von einer gleichmäßigen Verteilung kann keine Rede mehr sein.



Abbildung 15: Ausbringung von trockenem feinkörnigen Salinensalz (ca. 30 g/m<sup>2</sup> bei ca. 50 km/h)

Bei größeren Kornfraktionen tritt der Verwehungseffekt nicht in diesem Maße auf. Größere Körner treffen auf der Fahrbahn auf und springen bzw. rollen häufig wie ein Ball weiter.

Was passiert bei der Anfeuchtung der feinen Kornfraktionen?:

Die feinen Körner werden am Streuteller angefeuchtet. Dabei backen mehrere Körner vergleichsweise lose zusammen. Während der Flugphase besitzen diese Zusammenbackungen dann ein höhere Masse, die weniger verweht. Auf der Fahrbahn aufgekommen, springen sie wegen der mehr flachen Form weniger. Durch den Verkehr werden sie dann fein verteilt, so dass sie auf der gesamten Fahrbahn schnell wirksam werden können.

Um eine effektive Anfeuchtung zu erreichen, müssen die Salzkörner rieselfähig sein. Festzusammengebacktes Natriumchlorid lässt sich nur sehr ungleichmäßig auf der Fahrbahn verteilen. Sie dürfen deshalb nur eine geringe Feuchte besitzen. Je geringer die Korngröße ist, desto geringer muss der anhaftende Feuchteanteil am Natriumchlorid für eine ausreichende Rieselfähigkeit sein.

Angefeuchtete Tausalzkörner haften nach dem Aufkommen besser auf der Fahrbahnoberfläche und werden dadurch vom Verkehr weniger verweht. Bei einem durchgeführten Versuch

konnte die Wirksamkeit des FS30-Verfahrens mit Siedesalz nachgewiesen werden. Mit einer eingestellten Streudichte von 20 g/m<sup>2</sup> und einer Fahrgeschwindigkeit von 50 km/h konnte auf einer trockenen Fahrbahnoberfläche eine optisch gleichmäßig angefeuchtete Fahrbahnoberfläche erreicht werden. Verwehverluste während des Ausbringens und danach konnten auf seitlich angebrachten Platten nur im geringen Umfang festgestellt werden

Die bei gleichen Streudichten geringere Tauleistung von Feuchtsalz im Vergleich zum Trockensalz wird somit durch geringere Verwehverluste beim Austragen und durch vermindertes Wegschleudern in den Randbereich infolge des Verkehrs kompensiert. Bei gleicher eingestellter Streudichte benötigt die Feuchtsalz-Anwendung nach dem FS30-Verfahren rund 25 % weniger Tausalz und ist somit auch umweltfreundlicher.

## 8 Anfeuchtungsgrad

Die dargestellten geringeren Tauleistungen des Feuchtsalzes im Vergleich zum Trockensalz lassen die Überlegung einer Verringerung des Lösungsanteils bei der Anfeuchtung zu. Um diesen eingesparten Anteil an Lösung muss beim Austragen die Gesamtmenge auch tatsächlich verringert werden. Durch einen geringeren Lösungsanteil könnte die Lademenge für die tauwirksamen Trockenstoffe und damit die Reichweite erhöht werden. Gleichzeitig werden die Kosten für die Tausalze durch weniger ausgebrachte Tausalze reduziert.

Im Labor wurden entsprechende Tauleistungsprüfungen mit unterschiedlichen Anteilen im Verhältnis Trockenstoff:Lösung (70:30, 80:20, 90:10) durchgeführt. Die Proben hatten immer eine Gesamtmasse von 4 g. Das Natriumchlorid war ein bergmännisch abgebautes Salz (Steinsalz). Für die Anfeuchtung kam eine 20 %ige Natriumchloridlösung zum Einsatz.

Im Labor war es allerdings nicht mehr möglich bei einem Verhältnis 10 % Lösung – 90 % Feststoff den Feststoffanteil innerhalb etwa einer Minute komplett anzufeuchten. Teile des Feststoffs blieben trocken. Bei einem Verhältnis 20 % Lösung – 80 % Feststoff konnte dagegen eine vollständige Anfeuchtung des Feststoffes erreicht werden. Bei einem Verhältnis 30 % Lösung – 70 % Feststoff flossen überschüssige Teile der Lösung aus dem Feststoffkegel heraus (siehe Abbildung 8).

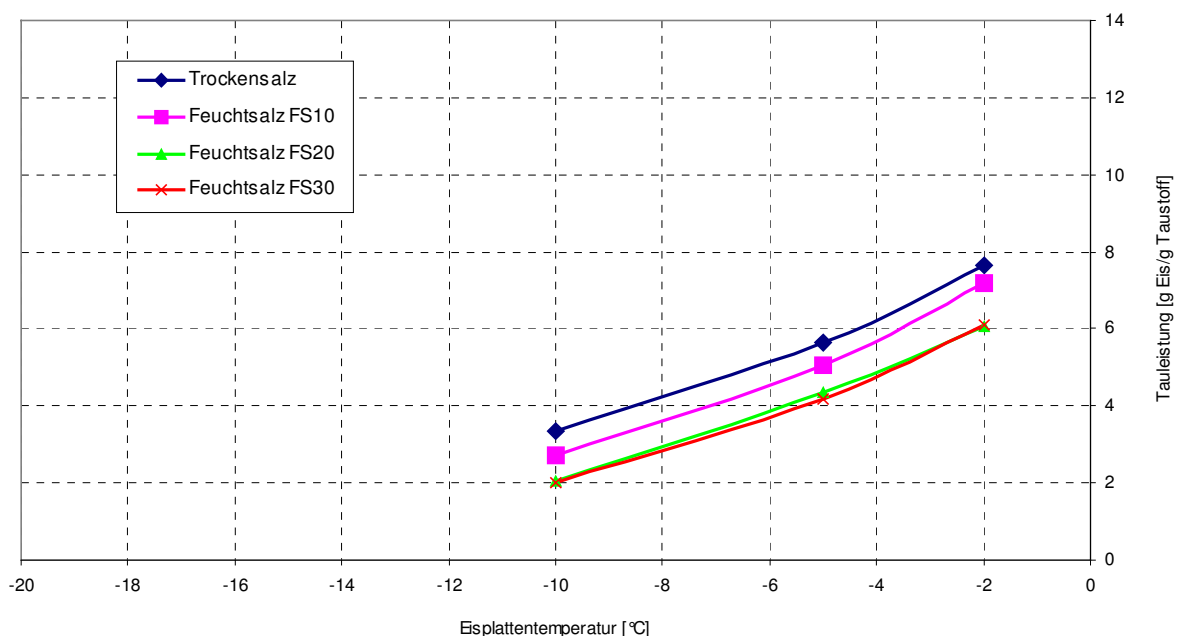


Abbildung 16: Tauleistungen von Steinsalz mit unterschiedlichen Anfeuchtungsgraden

Die dargestellten Ergebnisse der Abbildung 16 bestätigen noch einmal die abnehmende Tauleistung mit der zunehmenden Anfeuchtung.

Erste Praxisversuche zeigten an einem Streumaschinentyp, dass eine ordentliche Anfeuchtung mit nur 20 % Lösungsanteil ohne Verwehverluste bei Streumengen bis 40 g/m<sup>2</sup>, bei Fahrgeschwindigkeiten bis 50 km/h und 7m Streubreite möglich ist. Bei einem anderen Streumaschinentyp war bei der Verringerung des Lösungsanteils die Anfeuchtung nicht vollständig. Feinkörnige Anteile verwehten deutlich sichtbar.

## 9 Schlussfolgerungen für die Praxis

Ausgehend von den Ergebnissen lassen sich folgende Aussagen für die Praxis nennen:

- Bei dünnen Eisschichten wirken feinkörnigere Natriumchloride bis 2 mm Korngröße deutlich schneller als grobkörnige.
- Bei tiefen Temperaturen müssen im Vergleich zu Temperaturen knapp unter dem Gefrierpunkt deutlich höhere Streudichten ausgebracht werden.
- Bis –15°C bringt der Einsatz von Calciumchlorid keine Vorteile im Vergleich zum Natriumchlorid. Die Vorhaltung von teurem Calciumchlorid kann in vielen Fällen entfallen.
- Die Luftfeuchte spielt bei der Einstellung der Streudichte eine vernachlässigbare Rolle.
- Die Art der Lösung (NaCl, MgCl<sub>2</sub> oder CaCl<sub>2</sub>) beeinflusst die Tauleistung beim Feuchtsalzstreuen nicht.
- Angefeuchtetes Natriumchlorid erreicht zwar im Labor niedrigere Tauleistungen als trockenes Natriumchlorid, ist aber aufgrund der wesentlich besseren Verteilung auf der Fahrbahn und geringeren Verluste durch Verwehungen während und nach dem Austragen wesentlich wirksamer.
- Die Glättebekämpfung mit reinen Salzlösungen erfordert wesentlich höhere Ausbringmengen. Sie ist nur bei geringen Minusgraden und sehr geringen Eismengen sinnvoll.

Mit diesen Erkenntnissen kann die Streudichte besser als bisher optimiert werden, wodurch der Winterdienst kostengünstiger und umweltfreundlicher wird. Entsprechende Empfehlungen sollen in Regelwerke für den Winterdienst einfließen.

Eine verbesserte Streumaschinenteknik für eine Anfeuchtung mit weniger Lösungsanteilen zur Einsparung von Lösungsmengen wäre wünschenswert.

## Literaturverweise

- Badelt, H.; Moritz, K.; Herpertz, St.; Häusler, G. Entwicklung eines vereinfachten Verfahrens zur Ermittlung der Wirksamkeit von Tausalzen, Abschlußbericht zum BAST-Projekt 87612, Bergisch Gladbach/Inzell 03/99
- Badelt, H.; Pohle, G.; Wendl, A.; Häusler, G. Entwicklung einer relativen Beurteilungsgröße der Tauleistung und die Bestimmung der Wiederholbarkeit für Inzeller Tauleistungsmeßwerte, Abschlußbericht zum BAST-Projekt 94651, Inzell 02/98
- Chappelow, C.; Darwin, D. u. a. Handbuch der Prüfverfahren zur Bewertung von Taustoffen, SHRP-H-332, Washington, DC 1992
- Gartiser u. a. Machbarkeitsstudie zur Formulierung von Anforderungen für ein neues Umweltzeichen für Enteisungsmittel für Straßen und Wege, in Anlehnung an DIN EN ISO 14024, Umweltbundesamt, Text Nr. 09/2003
- Öberg, G.; Gustafson, K.; Axelson, L. More effective de-icing with less salt, VTI-rapport 369 SA, 1991
- Pohle, G., Breitestein, J. Entwicklung eines Standardverfahrens zur Ermittlung der Wirksamkeit von Taustoffen, Abschlußbericht zum BAST-Projekt 87614, Inzell, 01/93