



Graz University of Technology

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

# Grundlagen für die technische Optimierung des Vorarlberger Winterdienstes

## MASTERARBEIT

zur Erreichung des akademischen Grades Diplomingenieur  
der Studienrichtung

Wirtschaftsingenieurwesen - Bauingenieurwissenschaften

vorgelegt von

**Dipl.-Ing. Roman Wallner, BSc**

bei

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf

Technische Universität Graz

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

und

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck

Technische Universität Graz

Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Mitbetreuender Assistent:

DDI Thomas Reiter

Technische Universität Graz

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Graz, Mai 2012



Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008 Genehmigung des Senats am 01.12.2008

**Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen / Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtliche und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Dipl.-Ing. Roman Wallner, BSc

**Statutory Declaration**

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
MSc Roman Wallner, BSc



Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei geschlechtsspezifischen Begriffen jeweils nur die männliche Form verwendet. Diese Begriffe schließen selbstverständlich jeweils weibliche Form wertfrei mit ein.

## **Aufgabenstellung für die Masterarbeit**

**von Roman Wallner**

Graz, 01.12.2012

### **Grundlagen für die technische Optimierung des Vorarlberger Winterdienstes**

#### **Problemstellung**

Der Straßenwinterdienst zur Beseitigung von Schnee und Eis im Sinne einer Aufrechterhaltung angemessener und sicherer Straßenverhältnisse stellt durch all seine Unwägbarkeiten Städte und Gemeinden jedes Jahr vor neue Herausforderungen. Dabei hat sich der Winterdienst in den letzten Jahren einem Wandel unterzogen und es rückt in fachlichen Diskussionen immer häufiger die Minimierung von Umweltbelastungen und Kosten beim Winterdienst in den Vordergrund.

Der Vorarlberger Umweltverband möchte im Rahmen des Pilotprojekts VAWI (VorArlderger Winterdienst) mit ausgesuchten interessierten Städten und Gemeinden die Problematik eines effizienten Winterdienstes aufarbeiten, um für die teilnehmenden Kommunen in weiterer Folge Lösungen für die Tourenplanung, Tourenoptimierung, Einsatzsteuerung, Ausbringung von Streumitteln und automatisierte Protokollierung und Abrechnung von Subunternehmern zu finden.

Die Forschungsaufgabe besteht unter anderem aus einem Erarbeiten einer sinnvollen Verwendung von abstumpfenden und auftauenden Streumitteln durch die ausführenden Kräfte des Winterdienstes. Ein wichtiger Aspekt dabei ist, dass die Erkenntnisse auf den Vorarlberger Winterdienst abgestimmt und unmittelbar praktisch einsetzbar sind. Im Rahmen des Projekts werden nicht nur Erkenntnisse aus dem Stand der Technik, sondern auch die durch die Empirie gewonnene Erfahrung der ausführenden Organe im Winterdienst in Vorarlberg berücksichtigt. Diese Kombination der einfließenden Faktoren garantiert eine innovative, effiziente und zugleich praxisbezogene und durchführbare Form des zukünftigen Straßenwinterdienstes im Projektumfeld. Es wird auf diese Weise möglich, die in einzelnen geographischen Gebieten (Gemeinden/Bezirke) etablierten Gewohnheiten bezüglich des Winterdienstes aufzubrechen, und durch Kombination mit weiteren Erfahrungen und dem Stand der Technik die Tätigkeiten und Abläufe effizienter zu gestalten.

Besonderes Augenmerk wird in diesem Projekt auf die Nutzung von Synergien gelegt, die durch die zukünftige Zusammenarbeit mit den 96 eingebundenen Gemeinden entstehen und die zu einer weiteren Steigerung der Effizienz führen.

Die Entwicklung dieses Systems stellt die Grundlage für einen bezirksübergreifend koordinierten Winterdienst dar. In Anbetracht der Tatsache, dass in den vergangenen Jahren großflächige und zeitlich ausgedehnte Streusalzarmut in Österreich herrschte und vom beschriebenen Vorhaben ökonomisch sowie ökologisch positive Auswirkungen zu erwarten sind, ist die Relevanz dieses Themas auf

hohem Niveau gegeben. Durch die Behandlung von rechtlichen Fragestellungen rund um dieses Thema wird der sozio-kulturelle Aspekt nicht vernachlässigt. Es ergibt sich somit ein Anspruch auf Nachhaltigkeit der Behandlung dieses Themas, der sich als roter Faden durch das Forschungsprojekt zieht.

## **Aufgabenstellung**

Die folgende Liste enthält wesentliche Bearbeitungspunkte der Diplomarbeit; Abweichungen mit fortschreitendem Erkenntnisstand während der Bearbeitung sind möglich:

- Literaturrecherche über eine sinnvolle Verwendung von Streumitteln (abstumpfende, auftauende) – die Einsatzplanung soll auf Basis aktueller Temperaturen und Schneehöhen die Ausbringung von Streumitteln steuern können
- Recherche über bereits vorhandenes Know-how in den Bereichen Sensorik, Tourenaufzeichnung im Winterdienst
- Recherche des Status quo des Winterdienstes in Vorarlberg mit Hilfe eines Fragenkataloges
- Entwicklung von Grundsätzen für laufende Entscheidungen, bezüglich einer sinnvollen (optimierten) Verwendung von Streumitteln
- Entwicklung von Grundlagen für die Erstellung eines Räum- bzw. Streuplanes (Modell) mit Definition von Ergebnis- und Evaluierungsgröße/n

Für die Anfertigung der Diplomarbeit werden benötigte Daten des bis dato überwiegend empirisch durchgeführten Vorarlberger Winterdienstes zur Verfügung gestellt.

Die Arbeit ist zweifach mit allen Anlagen in DIN A4 gebunden einzureichen. Ein Datenträger mit dem Diplomarbeitstext, Präsentationen sowie allen Analyse- und Simulationsdaten ist beizulegen.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf  
Tel. 0316 873 6220  
martin.fellendorf@tugraz.at  
Institut für Straßen- und Verkehrswesen  
TU Graz  
Betreuer

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck  
Tel. 0316 873 6250  
detlef.heck@tugraz.at  
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft  
TU Graz  
Zweitbetreuer

Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Thomas Reiter  
Tel. 0316 873 6723  
reiter@tugraz.at  
Institut für Straßen- und Verkehrswesen  
TU Graz  
Mitbetreuender Assistent

## Kurzfassung

In dieser Arbeit werden Grundlagen für die technische Optimierung des Winterdienstes der Vorarlberger Gemeinden dargestellt. Es wird der Stand der Technik zu verschiedenen technischen Aspekten des Winterdienstes erarbeitet. Dies geschieht in Form einer Literatur- und Produktrecherche. Die untersuchten Themen werden nach ihrem Potential zur Optimierung ausgewählt. Dazu gehören die verschiedenen Arten der abstumpfenden und auftauenden Streumittel, deren chemische Zusammensetzung, Wirkungsweise und deren Feuchtegehalt sowie die Ausbringmethoden und -zeitpunkte. Weitere behandelte Aspekte sind die Fahrzeugtechnik und die automatische Protokollierung in Kombination mit Winterdienst-Management-Systemen und Wetterinformationen. Zudem behandelt diese Arbeit das Thema der Routenoptimierung, in spezieller Bezugnahme auf die erforderlichen Nebenbedingungen im Winterdienst. Neben dem Stand der Technik wird auch die aktuelle Praxis in den 96 Vorarlberger Gemeinden anhand einer Umfrage erhoben. Diese Umfrage erzielte eine Rücklaufquote von über 40%. Die theoretisch behandelten Themen sind ebenfalls für die Umfrage wichtig. Theorie und Praxis werden anschließend gegenübergestellt und bewertet. Aus dieser Gegenüberstellung werden Empfehlungen für die Optimierung der Winterdienstleistungen der Vorarlberger Gemeinden erarbeitet und dargestellt. Zu diesen Empfehlungen gehört auch eine Beschreibung zur Erarbeitung und Optimierung der Einsatzplanung eines Winterdienstbetreibers. Die größten Optimierungspotentiale bei den Vorarlberger Gemeinden bezüglich des Winterdienstes ergeben sich aufgrund von Defiziten bei der Verwendung von Winterdienst-Management-Systemen und Streumittel.

## Abstract

This thesis investigates the optimisation of winter road maintenance within the local municipalities of Vorarlberg. The state of the art in several areas has been explored through a literature and product review. The areas explored were selected due to their potential for optimisation. The first area to be analysed was the spreading materials used, with the most important characteristics being their chemical constitution, their moisture content and the scattering method. Other areas that were explored include the automotive technology used and the combination of auto logging, winter maintenance management systems and weather information. In addition, this thesis considers the issue of route optimisation with particular attention being paid to the constraints associated with winter road maintenance. On top of theory this research used a survey of the 96 municipalities within Vorarlberg to examine their actual current practices; a response rate of 40% was achieved for this survey. The issues highlighted in the theoretical section of this thesis were important when designing the survey. This thesis then makes a comparison between the theory and the actual current practices. Recommendations for the optimisation of the winter road maintenance have then been developed. A description of the proposed improvements to the winter road maintenance operations schedule has also been included. This research concludes that the greatest potential for optimising the winter road maintenance within Vorarlberg's municipalities will come from deficits in the use of maintenance management systems and spreading materials.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>Stand der Technik im Winterdienst</b>	<b>19</b>
2.1	Mechanische Schneeräumung und Fahrzeugtechnik	19
2.1.1	Schneepflugtechnik	19
2.1.2	Schneeräummaschinen	22
2.1.3	Streugeräte	23
2.1.4	On-Board Sensorik	26
2.2	Abstumpfende Streumittel	30
2.2.1	Arten der abstumpfenden Streumittel	31
2.2.2	Einsatzgebiete	32
2.2.3	Vorteile und Nachteile	32
2.3	Auftauende Streumittel	33
2.3.1	Arten der auftauenden Streumittel	34
2.3.2	Wirkung von Natriumchlorid und Calciumchlorid	36
2.3.3	Alternative Taumittel	38
2.3.4	Feuchtegrade von Tausalzen	41
2.4	Mischungen von auftauenden und abstumpfenden Streumittel	47
2.5	Streuzeitpunkte	48
2.6	Wetterinformation	49
2.7	Protokollierung des Winterdienstes	52
2.8	Winterdienst-Management-Systeme (WMS)	53
<b>3</b>	<b>Bestandsaufnahme Winterdienst Vorarlberg</b>	<b>61</b>
3.1	Konzept der Umfrage „Winterdienst Vorarlberg“	61
3.2	Auswertung	64
3.3	Zusammenfassung und Fazit	88
<b>4</b>	<b>Ausbringung von Streumitteln</b>	<b>93</b>
4.1	Empfehlungen für abstumpfende Streumittel	96
4.2	Empfehlungen für auftauende Streumittel	96
4.3	Empfehlungen für den Räum- und Streuablauf	97
4.4	Empfehlungen für die Städte und Gemeinden in Vorarlberg	98
<b>5</b>	<b>Einsatzplanung</b>	<b>99</b>
5.1	Dringlichkeitsreihung	99
5.2	Routenoptimierung für Räum- und Streupläne	101
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung &amp; Fazit</b>	<b>107</b>

<b>7 Literaturverzeichnis.....</b>	<b>112</b>
<b>Anhang A1: Anforderungsniveau Winterdienst, Bundes- und Landesstraßen, Winterdienstkategorien A – D .....</b>	<b>115</b>
<b>Anhang A2: Anforderungsniveau Winterdienst, urbaner Bereich, Winterdienstkategorien P1 bis P7116</b>	
<b>Anhang B: Auszug Leitfaden Winterdienst .....</b>	<b>124</b>
<b>Anhang C: Fragebogen Winterdienst .....</b>	<b>125</b>
<b>Anhang D: Fahrzeug- und Gerätelisten .....</b>	<b>140</b>

## **Begriffsdefinitionen**

### Alternative Streumittel:

Als alternative Streumittel werden alle auftauenden Streumittel außer Natriumchlorid und Calciumchlorid bezeichnet. Sie bilden meist eine teurere, aber für spezielle Anwendungen (Flughäfen, Korrosionsschutz, ...) notwendige Alternative.

### DTV:

Durchschnittlicher täglicher Verkehr

### Eisglätte:

Wenn vorhandene Feuchtigkeit auf einer Fahrbahnoberfläche aufgrund von Temperaturrückgang gefriert, spricht man von Eisglätte. (Unterscheidung zu Glatteis!)

### Eutektischer Punkt:

Der eutektische Punkt gibt die niedrigste Temperatur an, bei der eine Lösung erstarrt. Dieser wird nur mit einer bestimmten Konzentration dieser Lösung erreicht.

### Glatteis:

Glatteis entsteht, wenn Regen auf eine Fahrbahnoberfläche fällt und gefriert, z.B. weil deren Temperatur unter 0 °C liegt. (Unterscheidung zu Eisglätte!)

### Herkömmliche Streumittel:

Als herkömmliche Streumittel werden Natriumchlorid und Calciumchlorid bezeichnet, da sie den Großteil der eingesetzten auftauenden Streumittel bilden.

### JDTV:

Jährlicher durchschnittlicher täglicher Verkehr

### Kuratives Streuen:

Ausbringen von auftauenden Streumitteln auf bereits vereiste bzw. verschneite Fahrbahnoberflächen, sodass diese durch den Einfluss des Streumittels von Eis und Schnee befreit werden bzw. dass Räumaktionen, durch verhindern einer Haftbrücke zwischen verschiedenen Niederschlagsschichten, erleichtert werden.

### Leerweg:

Leerwege finden auf Strecken außerhalb des zu betreuenden Netzes statt, oder im eigenen Netz, wenn eine Strecke doppelt befahren wird oder wenn der Weg über eine Strecke führt, auf der der Winterdienst ausgesetzt ist.

### Nullräumung oder Nullstreuung:

Dies bedeutet, dass auf ausgewählten Strecken kein Winterdienst von kommunaler Seite durchgeführt wird. Alternativ können Straßensperren oder Beschilderungen, die zur besonderen Vorsicht mahnen, angedacht werden.

### ÖPNV:

Öffentlicher Personennahverkehr

#### Präventives (vorbeugendes) Streuen:

Ausbringen von auftauenden Streumitteln auf Fahrbahnoberflächen, bei denen aufgrund äußerer Einflüsse in kurzer Zeit Glättebildung droht. Weiters wird eine Haftbrücke zwischen Eis und der Fahrbahnoberfläche vermieden.

#### Reifglätte:

Reifglätte entsteht dort, wo Luftfeuchtigkeit aufgrund zu hoher Sättigung ausfällt und sich durch Sublimation auf Oberflächen niederschlägt. Dies tritt auf wenn der Luft zusätzliche Feuchtigkeit zugeführt wird, oder wenn eine rasche Lufttemperaturabsenkung eintritt.

#### RVS:

Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen

#### Schneeglätte:

Schneeglätte tritt auf, wenn eine Schneesicht von den Fahrzeugen zu einer glatten, dichten Schicht festgefahren wird.

#### Schwarzräumung:

Bei der Schwarzräumung wird die Fahrbahnoberfläche unter Zuhilfenahme von auftauenden Streumitteln weitgehend von Schnee und Eis befreit.

#### Weißräumung:

Bei der Weißräumung verbleibt nach dem Arbeitsgang eine geschlossene Schneeauflage auf der Fahrbahnoberfläche. Die Bekämpfung der Glätte erfolgt im „Weißen Netz“ ausschließlich mit abstumpfenden Streumitteln.



# 1 Einleitung

In der gemäßigten Klimazone, in der sich Österreich befindet, treten im Winter häufige Frost-Tau-Wechsel auf. Dementsprechend oft entstehen auch Glätteverhältnisse auf den Fahrbahnoberflächen. Dies führt zu einer Gefährdung der Verkehrsteilnehmer. Hinzu kommt, dass Autofahrer, insbesondere auf Autobahnen, fest mit gestreuten Fahrbahnen rechnen. Es wird trotz widriger Verhältnisse und Temperaturen unter dem Gefrierpunkt mit unverminderter Geschwindigkeit gefahren (Hanke, 2010). Die Aufgabe des Winterdienstes ist es, Glätte möglichst wirksam zu bekämpfen. Besondere Aufmerksamkeit ist dabei punktuellen Glätteerscheinungen zu widmen. Im Gegensatz zu flächendeckender Glätte, bei der anzunehmen ist, dass auch die Verkehrsteilnehmer ihre Pflicht erfüllen und ihr Fahrverhalten an die gegebenen Umstände anpassen, ist es bei punktuell auftretenden Glätteerscheinungen für dieselben praktisch unmöglich, entsprechend zu reagieren.

Aufgrund der Tatsache, dass in den vergangenen Jahren in verschiedenen Regionen über Wochen Streusalzarmut in Österreich herrschte, ist die Relevanz eines effizienten Winterdienstes auf hohem Niveau gegeben. Es ergibt sich somit ein Anspruch auf Nachhaltigkeit der Behandlung dieses Themas, der sich als roter Faden durch diese Arbeit zieht.

Der „Differenzierte Winterdienst“ kann als übergeordnete Motivation gesehen werden, in der versucht wird, für unterschiedlichste Ziele der verschiedenen im Winterdienst beteiligten Parteien, einen Kompromiss zu finden. Diese Ziele seien im Folgenden beschrieben.

Zum einen muss die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer auf den Straßen gewährleistet werden. Das heißt, Straßen müssen nach Niederschlägen oder bei Frost von Schnee und Eis befreit werden, um den Verkehrsteilnehmern gewohnte Haftungseigenschaften der Fahrbahnen zur Verfügung zu stellen. Dies geschieht im Regelfall mit auftauenden oder abstumpfenden Streumitteln. Vereinfacht kann behauptet werden, je mehr Streumittel zum Einsatz kommen, desto besser sind auch die Fahrbahnverhältnisse, zumindest bis zu einem gewissen Grenzwert der Streumengen.

Zum anderen beeinträchtigen jedoch die Streumittel die nähere und durch Verwehung auch fernere Umwelt, konkret die Bepflanzung am Straßenrand, angrenzende Felder, Gewässer und Tiere. Die Feinstaubproblematik im Winter sei hier ebenfalls erwähnt. Je mehr Streumittel eingesetzt werden, desto größer sind die negativen Auswirkungen auf die Umwelt.

Ein dritter Aspekt ist die Ökonomie des Winterdienstes. Die Streumittel und deren Ausbringung müssen auch finanziert werden. Dies bedeutet für lokale Kommunen neben Investitionskosten auch hohe Betriebs- und Materialkosten. Je mehr gestreut werden muss, desto höher fallen auch die Kosten aus.

Daraus ergibt sich ein Zielkonflikt. Das immer stärker werdende Umweltbewusstsein verlangt einen Winterdienst, der zunehmend umweltfreundlicher wird und trotzdem die Sicherheitsanforderungen erfüllt. Dies soll mit immer geringeren Budgets verwirklicht werden.

Der unweigerlich anzustrebende Kompromiss wird als „Differenzierter Winterdienst“ bezeichnet. Es ist eine ausgewogene Mischung aus Schneeräumung, Streumittelausbringung und auch Nullstreuung und Straßensperren anzustreben.

In dieser Arbeit werden verschiedene Aspekte des Winterdienstes behandelt. Dazu gehören die abstumpfenden und auftauenden Streumittel, deren Arten und chemische Zusammensetzungen. Es wird ebenso auf die Wirkungsweise und deren Feuchtegehalt eingegangen. Die Ausbringmethoden für diese Streumittel und vor allem auch die Streuzeitpunkte sind wichtig für einen effizienten Winterdienst.

Zudem wird der Stand der Technik der Fahrzeuge und deren Ausrüstung beschrieben. Dabei ist vor allem die erforderliche Sensorik, die eine Streumittelausbringung in Abhängigkeit von Außen- und Fahrbahntemperatur ermöglicht, wichtig. Die automatische Protokollierung und Winterdienst-Management-Systeme in Kombination mit Wetterinformationen sind weitere wichtige Punkte für eine Effizienzsteigerung im Winterdienst. Es werden zu diesem Thema sowohl der Systemgedanke als auch aktuelle Produkte beschrieben. Zudem behandelt diese Arbeit das Thema der Routenoptimierung mit dem Fokus auf den erforderlichen Nebenbedingungen im Winterdienst.

Diese theoretischen Grundlagen werden in Form einer Literatur- und Produktrecherche erarbeitet.

Die erarbeiteten Grundlagen werden mit dem aktuellen Stand der Technik in Vorarlberg verglichen. Dieser wird anhand einer Umfrage, die an alle 96 Gemeinden in Vorarlberg ergeht, untersucht. In dieser Umfrage bilden die oben genannten Punkte den Hauptteil. Es werden zusätzlich Fragen zu Mitarbeitern und Fahrzeugen mit deren Ausstattung, zur Organisationsstruktur und anderen Themen gestellt.

Anhand der Gegenüberstellung von Theorie und Praxis in Vorarlberg werden Empfehlungen für die Optimierung der Winterdienstleistungen abgeleitet und ausführlich beschrieben. Es ist ebenfalls eine Beschreibung zur Erarbeitung und auch Optimierung der Einsatzplanung für Winterdienstbetreiber beschrieben.

### Formen von Winterglätte

Der Begriff Winterglätte bezeichnet allgemein das Vorhandensein von Schnee oder Eis auf Fahrbahnen. Je nach Entstehung werden vier verschiedene Arten der Winterglätte unterschieden.

- Schneeglätte
- Eisglätte
- Reifglätte
- Glatteis

Schneeglätte entsteht, wenn sich Schnee auf Fahrbahnen ablagert und festgefahren wird. Das geschieht in der Regel bei Temperaturen unter 0 °C. Durch längere und stärkere Komprimierung von Schnee auf der Fahrbahn kann eine Eisschicht entstehen. Auch unter einer Schneedecke kann sich Eis bilden. (Durth, et al., 2004)

Eisglätte entsteht, wenn die auf einer Fahrbahn vorhandene Feuchtigkeit gefriert, wobei sich in der Regel eine homogene und damit sehr glatte Eisschicht bildet. Dies geschieht nur bei Temperaturen unter 0 °C. Die Feuchtigkeit kann durch am Tag geschmolzenen Schnee oder durch Regen bei Temperaturen oberhalb von 0 °C entstanden sein. Sie kann auch ungleichmäßig auf Verkehrsflächen verteilt sein (Pfützen, Spurrinnen, Schattenbereiche). In diesem Fall entsteht örtlich unterschiedliche Eisglätte. Diese wird häufig als „überfrierende Nässe“ bezeichnet. (Durth, et al., 2004)

Reifglätte ist der Niederschlag von Luftfeuchtigkeit auf der Verkehrsfläche bei Temperaturen unter 0 °C. Sie entsteht, wenn bei abkühlender Temperatur (in der Regel nachts) der Taupunkt der Luft unterschritten wird und sich Wasserdampf aus der Luft auf Verkehrsflächen zu Eis sublimiert. Voraussetzung für die Reifglätte sind also eine hohe Luftfeuchtigkeit und große Temperaturdifferenzen zwischen Tag und Nacht, mit Nachttemperaturen deutlich unter 0 °C. Dies tritt in der Regel bei klarem Himmel und Hochdrucklagen im Winter auf. Reifglätte bildet eine sehr dünne, aber homogene und sehr glatte Eisschicht auf der Verkehrsfläche. Sie ist außerdem für die Verkehrsteilnehmer nur schwer erkennbar und tritt je nach Kleinklima örtlich sehr unterschiedlich auf. (Durth, et al., 2004)

Glatteis ist ein homogener Eisüberzug auf der Verkehrsfläche, der durch Regen entsteht („Eisregen“). Einerseits durch unterkühlten Regen, der auf die Verkehrsfläche fällt, wobei die Verkehrsfläche dann den Eisbildungskern darstellt und sich sofort eine Eisfläche bildet. Dies kann bei entsprechend großer und kühler Regenmenge auch bei Temperaturen leicht über dem Gefrierpunkt geschehen. Unterkühlter Regen kann allerdings nur entstehen, wenn in der Atmosphäre keine Eisbildungskerne vorhanden sind. Dies ist relativ selten der Fall. Andererseits kann Regen mit Tropfentemperaturen leicht über dem Gefrierpunkt auf eine stark unterkühlte Fahrbahn fallen und dann dort so stark abkühlen, dass er sofort gefriert. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn bei längeren trockenen Kälteperioden weit unter 0 °C der Boden durchgefroren ist und es bei plötzlichem Wetterwechsel darauf regnet. Beide genannten Wetterphänomene sind relativ selten, so dass Glatteis die seltenste Art der Winterglätte darstellt. Allerdings ist sie auch die kritischste, da sie sehr schnell und flächendeckend entsteht und in der Regel im Vergleich sehr dicke Eisschichten bildet, die nur sehr schwer bekämpft werden können. (Durth, et al., 2004)



## 2 Stand der Technik im Winterdienst

In diesem Kapitel wird der anerkannte Stand der Technik im Winterdienst dargestellt. Dazu gehört die mechanische Schneeräumung genauso, wie das Ausbringen von abstumpfenden und auftauenden Streumitteln. Es wird beschrieben welche Techniken und Geräte für die mechanische Schneeräumung zur Verfügung stehen.

Außerdem sind die Geräte für die Streumittelausbringung und deren Zusammenwirken mit den Fahrzeugen näher beschrieben. Verschiedene Bauarten ermöglichen dabei unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten und weisen voneinander abweichende Merkmale auf.

Unterstützende Systeme, wie Thermographie direkt am Fahrzeug, Bedienpulte und andere werden in diesem Kapitel ebenfalls beschrieben. Die Entscheidung welche Geräte letztendlich angeschafft werden, liegt bei den Winterdienstverantwortlichen. Kriterien wie die Größe des zu betreuenden Netzes, das zur Verfügung stehende Budget und schon vorhandene Ausrüstung spielen dabei, neben anderen Kriterien, eine große Rolle.

Neben den Geräten für die Streumittelausbringung werden auch die Streumittel an sich genau beschrieben. Dabei geht es um die Materialien, chemischen Zusammensetzungen und Formen der Streumittel. Eigenschaften und Unterschiede zwischen abstumpfenden und auftauenden Streumitteln werden ebenfalls diskutiert. Des Weiteren wird erläutert wie die Streumittel einzusetzen sind.

### 2.1 Mechanische Schneeräumung und Fahrzeugtechnik

Der erste Schritt bei Einsätzen nach Schneefall ist die mechanische Schneeräumung. Der Schnee, der durch diese Methode entfernt werden kann, muss nicht aufgetaut werden. Eine gründliche mechanische Schneeräumung wirkt sich durch den reduzierten Streumittelverbrauch nicht nur positiv auf das Budget der Winterdienstverantwortlichen aus, sondern schützt auch die angrenzende Bepflanzung.

Die mechanische Schneeräumung soll so früh wie möglich erfolgen. Je mehr der Schnee durch die Straßenbenutzer verdichtet und festgefahren ist, desto schwieriger gestaltet sich seine Entfernung und desto mehr Schneerückstände gibt es nach der Räumung.

#### 2.1.1 Schneepflugtechnik

In diesem Kapitel werden die Standardarten der Schneepflüge erläutert. Aufgrund der Vielfalt der Schneepflüge, insbesondere der Sonderpflüge, die für bestimmte Einsätze konzipiert werden, können nicht alle Bauarten beschrieben werden. Es ist wichtig, die eigenen Bedürfnisse mit den Herstellern abzusprechen, und so ein geeignetes Produkt zu finden.

##### Einschärpflug

Der Einschärpflug wird im kommunalen Bereich zum einseitigen Räumen ebener Verkehrsflächen eingesetzt. Er weist eine bauartbedingte Räumgeschwindigkeit von 40 km/h auf. Ein Parallelogramm aus zwei seitensteif übereinander angeordneten Lenkern gewährleistet einen konstanten Anstellwinkel des Pfluges. Die Pflugschar wird von einem stabilen Mittelstück getragen, an dem sie um eine senkrechte Achse gedreht werden kann, um die Räumung nach links oder rechts in unterschiedlichen Winkeln zu ermöglichen. Der Federklappenpflug kann Hindernisse von bis zu 15 cm schadlos über-

fahren, da die Schürfleiste in Segmente unterteilt ist, die von Federn gehalten werden. Beim Anfahren eines Hindernisses klappt das betroffene Segment nach hinten und wird anschließend durch die Federn wieder in die Ausgangsstellung zurückgebracht. Für aggressives Räumen ist der Pflug weniger geeignet, weil die Federklappen brechen können, wenn der Pflug mit dem Eigengewicht auf der Fahrbahn aufliegt. Der Scherbolzenpflug verfügt über eine Sollbruchstelle im Scherbolzen. Beim Anfahren an ein Hindernis bricht der Scherbolzen und der Pflug kippt nach vorne. Der Zeitverlust durch die Fahrtunterbrechung, die zur Erneuerung des Scherbolzens erforderlich ist und die dadurch entstehende Gefährdung des fließenden Verkehrs sind zu große Nachteile, als dass diese Pflugart zu empfehlen ist. (Durth, et al., 2004)

### Mehrscharpflug

Zur besseren Anpassung an die Straßenoberfläche ist die Pflugschar selbst in zwei bis sechs Segmente unterteilt. Beim Anfahren an ein Hindernis weicht nur das betroffene Element aus und kehrt automatisch in die Ausgangsstellung zurück. Der Mehrscharfederpflug verbindet eine Kombination einer elastischen Stoßdämpferschiene mit Ausweichvorrichtung eines Scharsegments nach oben. Die automatische Rückführung erfolgt durch Stahlfedern oder pneumatisch. Dadurch werden Überfahrhöhen von bis zu 15 cm möglich. Der Drehklappenpflug hat ein um ein Scharnier drehbares Unterteil, das sich besonders für schwere Einsätze mit Bodendruck eignet. Der Pflug mit Ausklinksystem ermöglicht Räumgeschwindigkeiten von bis zu 60 km/h. Er ist für aggressives Räumen für Verkehrsflächen mit herausstehenden Hindernissen geeignet. Die Scharsegmente werden durch eine Ausklinkzange unter Federspannung am Tragrahmen des Pfluges gehalten. (Durth, et al., 2004)

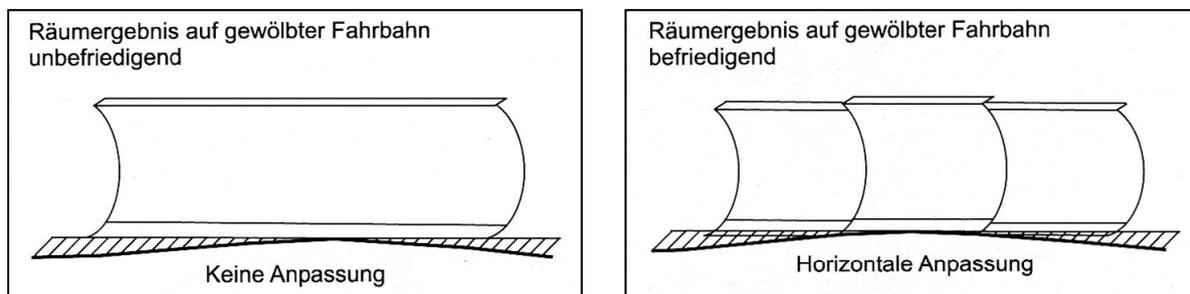


Abbildung 1: Einscharpflug und Mehrscharpflug (Durth, et al., 2004)

### Keilpflug

Dies ist ein zweiseitig räumender Pflug zum Öffnen schmaler Fahrbahnen und Wege in der Land- und Forstwirtschaft. Der Einsatz im Gebirge in mehreren Arbeitsgängen horizontal nebeneinander ist ebenfalls möglich. Er erzielt gute Ergebnisse bei Schneehöhen bis zu 1,10 m, da er durch symmetrische Belastung praktisch frei von Seitenkräften, den Schnee zu beiden Seiten verdrängt. Es können zudem größere Wurfweiten erzielt werden, wenn

- die Räumgeschwindigkeit erhöht wird;
- der Anstellwinkel der Räumleiste flach gehalten wird;
- die Pflugschar strömungsgeformt ist. (Durth, et al., 2004)

Ohne Überfahrversicherung können jedoch Schäden an der Fahrbahn oder am Pflug entstehen.

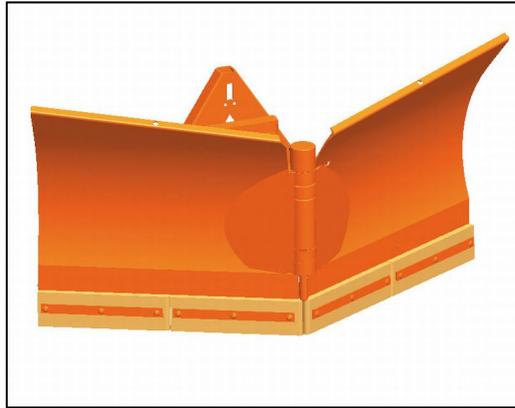


Abbildung 2: Keilpflug / Variopflug (Eder, 2012)

### Variopflug

Der Variopflug kann wahlweise als Keilpflug, als einseitiger Pflug oder als V-Pflug für die Räumung nach vorne eingesetzt werden. Mit Räumweiten von 1,50 m bis 2,40 m ist dieser vielseitig einsetzbar. Besonders geeignet ist dieser Spezialpflug für Geh- und Radwege, Parkflächen, Kreuzungen und engen Innenstadtstraßen und zwar bei normalen und großen Schneehöhen. Auch außerorts wird er häufig eingesetzt. Die automatische Überfahrtsicherung und stufenlose hydraulische Einstellung der Räumweiten und die Verschwenkbarkeit der Schare bieten eine gute Anpassbarkeit an spezielle Situationen. (Durth, et al., 2004)

### Sonderpflüge

#### Matschpflug (Leichtpflug):

Diese Art ermöglicht die Räumung von weichem Schnee und Schneematsch. Es sind Räumgeschwindigkeiten von 60 km/h möglich. Eine stark gewölbte Pflugschar transportiert das Material zur Seite. (Durth, et al., 2004)

#### Eis- und Hartschneepflug:

Durch starken aber dünnen Spezialstahl und einer gegebenenfalls gezahnten Schürfleiste können festgefrorene Schichten und Eiskrusten von der Fahrbahn gelöst werden. Ein flacher Winkel zwischen Fahrbahn und Schürfleiste wirkt sich zusätzlich positiv auf das Ergebnis aus. (Durth, et al., 2004)

#### Grader (Straßenhobel):

Dieses Fahrzeug kann nur mit geringen Geschwindigkeiten betrieben werden. Daher wird es vorwiegend innerorts für zum Hobeln von Eis- und Hartschneekrusten und zum Ebenen der Oberflächen benutzt. (Durth, et al., 2004)

#### Schnee- und Eishobel:

Dieses Hobelschild kann zwischen den Achsen eines Lkws montiert werden und wirkt wie ein Grader. Das Schild ist hydraulisch heb- und senkbar. (Durth, et al., 2004)

#### Radlader:

Der Radlader ist vor allem zum Lösen und Laden von großen Schneemengen in engen Situationen geeignet. Da seine Reichweite eher begrenzt ist, sind die Einsätze auch mit örtlichem Bezug zu planen. (Durth, et al., 2004)

#### Autobahnflug:

Dieser Pflug weist autobahnkonforme Räumbreiten auf. Die Fahrer haben durch eine Kombination von Einschleppflug und Seitenpflug die Möglichkeit, die Räumbreite zu variieren. Durch gestaffelte Fahrten mit mehreren Fahrzeugen können ganze Fahrbahnbreiten auf einmal geräumt werden. (Durth, et al., 2004)

#### Kehrbesen:

Immer höhere Anforderungen an die Schneeräumung brachten die Schneepflüge an ihre technischen Grenzen, sodass weitere Verbesserungen des Räumbildes nur mehr mit anderen Methoden realisierbar sind. So kamen Kehrbesen ins Gespräch. Kehrbesen werden an Stelle von Schneepflügen oder auch in Kombination mit diesen angewendet. Mit diesen Geräten können wesentlich verbesserte Räumergebnisse erzielt werden, allerdings ist der Aufwand höher und die Räumgeschwindigkeit niedriger. Zur weiteren Leistungssteigerung können Kehrbesengeräte eingesetzt werden. Eine zusätzliche Blaseinrichtung bläst den Restschnee, der nach der Kehrung noch auf der Fahrbahn verbleibt, weg. (Durth, et al., 2004)

### 2.1.2 Schneeräummaschinen

Zum Unterschied von Schneepflügen, die durch die Vorwärtsbewegung der Fahrzeuge den Schnee nach oben oder zur Seite werfen, haben Schneeräummaschinen rotierende Einzelelemente. Zum Lösen des Schnees kommen sogenannte Fräs- bzw. Schaufelelemente, zum Befördern Schnecken und zum Beschleunigen und Auswerfen Wurfräder mit Schaufeln zum Einsatz. Diese werden entweder durch einen eigenen Motor betrieben oder über Zapfwellen mit dem Fahrzeugmotor verbunden. Räummaschinen sind durch ihren Aufbau wesentlich komplizierter und anfälliger als Pflüge. Es werden im Wesentlichen zwei verschiedene Schneeräummaschinen unterschieden: die Schneeschleuder und die Schneefräse. Bei Schneeschleudern läuft die Hauptachse parallel und bei Schneefräsen läuft sie senkrecht zur Fahrtrichtung. (Durth, et al., 2004)

Weiterentwicklungen kombinieren vorteilhaft die Eigenschaften von Schleudern und Fräsen zusätzlich mit denen der Pflugschare für Spezialräumungsaufgaben wie

- Festschnee oder vereiste Schichten zu lösen;
- Randwälle zu räumen;
- Schneemassen auf Lastwagen zu laden. (Durth, et al., 2004)

Bei den Schneefräsen wird der Schnee von schneidenden Maschinenteilen unmittelbar erfasst, gelöst und im Kamin ausgeworfen. Er wird dabei ebenso zerspannt, wie es Fräser in Holz- und Metallbearbeitung tun. Bei Schneeschleudern wird der Schnee von beschauelten Wurfrädern mit deren Stirnseite erfasst und mit den Schaufeln ausgeworfen. Das Fahrwerk kann mit dem Räumwerk zusammenge-

baut sein. Das Fahrwerk kann aber auch vom Räumwerk getrennt sein, sodass das Fahrzeug auch anderweitig verwendet werden kann. Das ist oft wirtschaftlich vorteilhafter. (Durth, et al., 2004)

**Tabelle 1: Vorteile von Schneeschleudern und Schneefräsen (Durth, et al., 2004)**

<b>Vorteile der Schneeschleuder:</b>	<b>Vorteile der Schneefräse:</b>
höhere Räumleistung	Räumung von verharschtem und vereistem Schnee
höhere Räumgeschwindigkeit	universeller Einsatz bei allen Schneebedingungen
größere Wurfweiten (über 40 m)	Wurfweiten von rund 20 m sind selten ein Nachteil

Eine Kombination der beiden Geräte ist die Frässhleuder. Der Schnee kann somit von der Frästrommel vorgeschritten und erfasst werden und anschließend von der Schleuder ausgeworfen werden.

Geräte aus der Landwirtschaft, Erdbau, Lagertransporttechnik, Stadt- und Flugfeldreinigung und vielen anderen Gebieten können im Winterdienst als Laderaupen, Radlader, oder Traktor mit Planierschild nützlich für die Schneeräumung im Zuge des Winterdienstes sein, insbesondere wenn sie in der kalten Jahreszeit für ihren eigentlichen Gebrauch nicht herangezogen werden. Die besonders hohe Wendigkeit dieser Fahrzeuge ist oft in engen Orts- und Stadtgebieten sehr gefragt. Lade- und Transportkosten sind jedoch gründlich vorzukalkulieren. (Durth, et al., 2004)

### 2.1.3 Streugeräte

Zu Beginn der Streuung von auftauenden Streumitteln wurden diese noch von Hand ausgebracht. Bei Verwendung von Fahrzeugen standen anfangs Personen auf der Ladefläche, die während der Fahrt das Streugut mit Schaufeln herunterwarfen. Diese Arbeitsweise wurde schnell durch Streugeräte abgelöst. Diese arbeiteten nicht wegabhängig, sondern eine mehr oder weniger fein dosierte Menge wurde pro Zeiteinheit hinten ausgeworfen. Bei langsamer Fahrgeschwindigkeit war dementsprechend mehr Salz auf der Straße, bei schneller Geschwindigkeit weniger. Gleichmäßige Streudichten waren damit nicht verlässlich zu erreichen. Diese Streugeräte wurden mit der Zeit weiterentwickelt. Diese Entwicklung ist auch heute noch nicht abgeschlossen. Heutige Streugeräte sind vollautomatisch, wegabhängig gesteuert und können Dosierung, Streubreite und Streurichtung beliebig wählen. Es ist auch möglich, die Streudichte an die Temperatur der Fahrbahn anzupassen, die vom fahrenden Fahrzeug aus gemessen wird. (Durth, et al., 2004)

Streugeräte können in verschiedene Kategorien eingeteilt werden.

- Lage im Fahrzeug
- Art der Lagerung der Taumittel
- Transport des Materials vom Entleerungstrichter zur Dosiereinrichtung
- Verteilmechanismus
- Energiequelle (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1990)

#### Lage im Fahrzeug

Hinsichtlich der Lage im Fahrzeug werden vier Alternativen unterschieden.

1. Das Streugerät befindet sich auf der Ladefläche eines Lkws
2. Komplettsysteme mit Container
3. Das Streugerät ist am Fahrgestell eines Lkws angebracht
4. Das Streugerät befindet sich auf einem Anhänger hinter einem Lkw

In den ersten beiden Fällen erfolgt die Ausbringung hinten am Lkw. In den letzten beiden Fällen jeweils vor der Hinterachse. (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1990)

#### Transport des Materials vom Entleerungstrichter zur Dosiereinrichtung

Das Verfahren des Transports hängt von der Art der Dosierung ab. Bei Anhängern besteht die am häufigsten angewandte Methode darin, die Förder- und Dosiereinrichtungen auf einer Welle parallel zur Hinterachse über Nocken zu kombinieren. Die Drehzahl der Welle verhält sich direkt proportional zur Fahrgeschwindigkeit. Bei anderen Verfahren wird das Material vom Trichter über eine Nockenwelle oder eine Förderschraube auf ein Laufband gefördert oder direkt von einem Laufband in einen Schütt-Trichter. Aus diesem fällt das Material in einen Streugutverteiler. Die Menge des Streumittels wird über die Laufgeschwindigkeit des Förderbandes und / oder dem Öffnungsquerschnitt unten am Trichter bestimmt. (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1990)

Auswahlkriterien für Streugeräte:

Das Spektrum der Geräte ist breit gefächert, sodass es genaue Überlegungen benötigt, um das richtige Gerät für die eigene Anwendung aus der Vielzahl an Produkten herauszufinden.

Dabei sind folgende Fragen zu klären:

1. Welche minimale und maximale Streubreite ist erforderlich?
2. Welche Streustrecken müssen bewältigt werden? (d.h. Welches Fassungsvermögen wird gebraucht?)
3. Wie groß ist die mögliche Nutzlast des Trägerfahrzeuges (bei Aufsatzstreugeräten)?
4. Welches Streumittel wird verwendet?
5. Welche Flächen sind zu bestreuen (Gehweg, Straße, ...)?
6. Welche weiteren Randbedingungen müssen beachtet werden (z.B. veränderliche Streubreite, Gefällestrrecken, ...)? (Durth, et al., 2004)

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Bauformen von Streugeräten.

**Tabelle 2: Bauformen der Streugeräte (Durth, et al., 2004)**

Bauart / Merkmal	Aufbau- und Aufsatzstreugerät	Anhängerstreugerät
Aufbau	Aufbau auf Ladepritsche oder Fahrzeugrahmen des Trägerfahrzeugs	Eigenes Fahrgestell, einachsiger oder doppelachsiger
Antriebsvarianten für Streumittelförderung und -verteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fahrmotor über Kommunalhydraulik</li> <li>- Separates Laufrad über Hydraulikanlage bzw. Radnabenantrieb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fahrmotor des Zugfahrzeugs über Kommunalhydraulik und Schlauchverbindung</li> <li>- Hängerlaufrad über Hydraulikanlage bzw. Radnabenantrieb</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Separater Verbrennungsmotor mit Hydraulikanlage</li> <li>- Streumittelverteilung durch Fahrzeugelektrik und Elektromotor, Streumittelförderung durch eine der o. g. Antriebsvarianten</li> </ul>	
Streumittelförderung vom Streumittelbehälter zum Streumittelverteiler	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Förderschnecke</li> <li>- Förderband</li> <li>- Nocken-Dosierwelle</li> </ul>	
Streumittelauflockerung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rührwerkswelle oberhalb der Fördereinrichtung (wahlweise)</li> </ul>	
Streumittelverteiler	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tellerstreugerät: Rotierender Teller mit Rippen/Flügeln</li> <li>- Walzenstreugerät: Nocken-Dosierwelle, querliegend</li> </ul>	

### Streuteller

Das Kernstück moderner Streugeräte ist der Streuteller. Dieser verteilt die Streumittel auf die Verkehrsflächen. Das Streubild ist dabei bestimmt durch die Streubreite sowie die Verteilung der Streumittel. Das Streugut fällt über eine Rutsche auf den Streuteller, der sich mit hoher Geschwindigkeit dreht. Die Drehzahl und die Schachtlängen auf dem Streuteller bestimmen die Wurfweite des Streuguts. Es kann dabei auch die Wurfrichtung durch Drehung des Streutellers in der gesamten Konstruktion variiert werden. Hierdurch werden asymmetrische Streuungen möglich. Es kann auf diese Weise z.B. auch der Gegenfahrstreifen mitgestreut werden. (Durth, et al., 2004)

Im Gegensatz zu anderen Streumittel-Verteilungs-Systemen ist der Streuteller als einziger in der Lage, auch über die Fahrzeugbreite hinaus Streumittel zu verteilen. Dies ermöglicht wirtschaftlicheres Streuen. Mit Streutellern heutiger Bauart werden Streubreiten von 8 bis 12 m erreicht, für größere Streubreiten können auch mehrere Streuteller nebeneinander eingesetzt werden (Doppelteller-Streugeräte für dreistreifige Autobahnen oder an ausklappbaren Armen befestigte Streuteller für den Einsatz auf Flughäfen). (Durth, et al., 2004)

Mit Streutellern können nicht nur trockene oder feuchte Streumittel sondern auch Salzlösungen mit hinreichender Genauigkeit ausgebracht werden. Wichtig ist allerdings, dass bei Einsatz mit verschiedenen Streumitteln die Einstellung der Streugeräte und insbesondere der Streuteller immer auf die jeweiligen Stoffe, deren spezifisches Gewicht, Kornform und Korngrößenverteilung neu eingestellt werden muss. Ansonsten verändert sich das Streubild erheblich. (Durth, et al., 2004)

Aus betriebswirtschaftlichen und auch ökologischen Gründen werden hohe Anforderungen an die Dosiergenauigkeit der Geräte gestellt. Eine genaue Dosierung kann nur mittels geschwindigkeitsabhängigen Dosiermethoden erreicht werden. Außerdem muss bei Feuchtsalzgeräten darauf Wert gelegt werden, dass eine gute Durchmischung von Streumittel und Sole erfolgt, sodass die auftauenden Eigenschaften zur maximalen Wirkung kommen. Weitere wichtige Aspekte für eine effiziente Dosierung sind der Glätte- und der Witterungszustand. Durch Thermographie, bei der Sensoren an den Fahrzeugen direkt bei der Überfahrt Fahrbahntemperatur und die Dicke der Glätteschicht messen, wird die Dosiergenauigkeit weiter gesteigert und die Effizienz erhöht. (Durth, et al., 2004)

#### Feuchtsalz-Streugeräte:

Beim Feuchtsalz-Verfahren FS 30 werden die Streugeräte zusätzlich zum Trockensalz-Silo mit getrennten Behältern (Tanks) für den Transport der Salzsole ausgerüstet. Von den Soletanks führen Schläuche zum Streuteller, durch die entsprechend der auszubringenden Salzmenge die Sole nach hinten gepumpt und erst auf dem Streuteller dem Trockensalz hinzugegeben wird. Zur Mischung von Salz und Sole bieten die Streugeräte-Hersteller verschiedene Systeme an, die ständig weiterentwickelt werden, um das Streubild weiter zu optimieren. Ziel ist es nicht nur, möglichst alle Salzkörner zu befeuchten, sondern sowohl Trockensalz als auch Sole gleichmäßig über die Fahrbahn zu verteilen und dies bei unterschiedlichen Streubreiten, Streudichten und Fahrgeschwindigkeiten. Dies stellt erhebliche Anforderungen an die Technik, denen heute noch nicht alle Geräte gerecht werden. (Durth, et al., 2004)

Die Streuteller dürfen im Einsatz eine Höhe von 500 mm über der Fahrbahnoberfläche nicht überschreiten. Grundsätzlich sollte darauf geachtet werden, dass ein Streuteller eine Streubreite von 8 m garantiert und zwischen 2 m und 8 m einstellbar ist. Bei Doppelstreugeräten muss die Streubreite zwischen 4 und 12 m regelbar sein. Weiters muss bei Geräten für auftauende Streumittel eine Regelbarkeit zwischen 5 und 40 g/m<sup>2</sup> und bei Geräten für abstumpfende Streumittel eine Regelbarkeit zwischen 50 und 300 g/m<sup>2</sup> gewährleistet werden. (FSV, 2010)

#### Geräte zum Ausbringen flüssiger Taumittel

Sollen mit einem Streufahrzeug ausschließlich flüssige Taumittel ausgebracht werden ist die Verwendung von Sprühbalken statt Streutellern sinnvoll. Das Gerät hat anstelle eines Streugutsilos, lediglich einen großen Soletank. Am Heck des Fahrzeugs ist waagrecht über der Fahrbahn ein Sprühbalken angebracht. Dieser wird vom Soletank aus über Schläuche beschickt. Durch in regelmäßigen Abständen angebrachte Sprühdüsen wird die Sole auf die Fahrbahn gesprüht. (Durth, et al., 2004)

Mittels Sprühbalken ist eine sehr gleichmäßige Verteilung des Taumittels auf der Fahrbahn möglich. Auf Flughäfen werden für das Absprühen der Flugbetriebsflächen oft Sprühfahrzeuge eingesetzt, die ausklappbare Sprühbalken haben und damit bis zu 24 Meter Breite erreichen können. Diese Geräte zur Ausbringung flüssiger Streumittel gibt es sowohl für den Straßenwinterdienst als auch als Kompaktfahrzeuge für den Winterdienst auf Radwegen. (Durth, et al., 2004)

## **2.1.4 On-Board Sensorik**

### Tourenaufzeichnung mittels GPS

Da der Winterdienst nicht regelmäßig und nicht zu festgelegten Zeiten absolviert werden muss, sondern viel mehr eine adäquate Anpassung an die Witterungsverhältnisse erforderlich ist, kann ohne

Dokumentation nicht festgestellt werden, welche Arbeitsleistung der Winterdienst einer bestimmten Region erfordert. Dadurch gehen wichtige Daten verloren, die für eine Evaluierung des Winterdienstes und eine darauf aufbauende Effizienzsteigerung erforderlich sind.

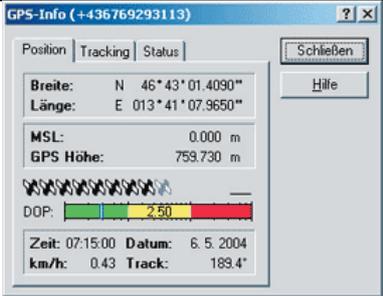
In Vorarlberg ist bezüglich der Winterdienstausführenden eine besondere Situation gegeben. Es wird im Vergleich zu anderen Bundesländern ein übermäßig hoher Anteil des Winterdienstes an Dritteileister vergeben. Dadurch ergibt sich ein weiterer wichtiger Aspekt für die Winterdienstaufzeichnung. Eine genaue und verlässliche Abrechnung ist Grundlage für eine korrekte Rechnungslegung der Dritteileister an die Winterdienstverantwortlichen.

Ein weiterer wichtiger Grund für eine lückenlose Dokumentation des Winterdienstes sind Beschwerden und Rechtsstreitigkeiten. Es kann unter Umständen vorkommen, dass Winterdienstverantwortliche zur Rechenschaft herangezogen werden, wenn auf ihren Strecken aufgrund winterlicher Verhältnisse Unfälle passieren. Der verlässliche Beleg eines korrekt ausgeführten Winterdienstes durch automatisierte Aufzeichnungsverfahren kann vor Gericht entscheidende Informationen liefern.

Die GPS-Technologie bietet die Möglichkeit die gefahrenen Strecken mit der zugehörigen Geschwindigkeit und Zeitstempeln zu erkennen, zu speichern und einer Auswertung zur Verfügung zu stellen. Weiters kann über die Schnittstelle im Fahrzeug ermittelt werden ob eventuell vorhandene Pflüge abgesenkt sind, also eine Räumfahrt gegeben ist, oder ob die Streuteller aktiv sind, also eine Streufahrt gegeben ist. Es ist auch denkbar, bei entsprechender Kombination von Hard- und Software die Streumengen zu dokumentieren, um neben dem Arbeitsaufwand auch den Materialeinsatz automatisiert in Rechnung stellen zu können. Dies erfordert jedoch eine intensive Justierarbeit der Geräte. Die Genauigkeit einer Streumengenaufnahme muss kritisch betrachtet werden. (Oberegger, 2012)

In Kombination mit einem GIS-Graphen und einer dafür ausgelegten Software ist es möglich, die zum Winterdienstverantwortlichen gehörenden Strecken zu filtern und zu addieren. Eine lückenlose Dokumentation der einzelnen Ausfahrten ist gegeben. Somit steht einer adäquaten Rechnungslegung mit den entsprechenden Belegen nichts mehr im Weg.

**Tabelle 3: Hardware und zugehörige Software des GPS-Trackers „GemTrack GPS“ (C&N, 2012)**

Hardware	Merkmale
<p>GemTrack GPS (Firma C&amp;N)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lückenlose Registrierung von Einsatzfahrten auf elektronischer Basis</li> <li>• Datenübertragung per GSM</li> <li>• Vom Fahrzeughersteller unabhängige Lösung</li> <li>• Sicherheit für den Fahrer durch rasche Hilfeanforderung per SMS</li> </ul>
Software	Merkmale
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufzeichnungsintervall 1s bis 6 Std</li> <li>• bedingte Aufzeichnung für optimale Speichernutzung</li> <li>• Versand &amp; Empfang von SMS Text- &amp; Positionsnachrichten</li> <li>• Datenexport in Shape-Files für GIS</li> <li>• Koordinatentransformation ins Landessystem</li> <li>• Alternativ zu GIS autonome Landkartensoftware verfügbar</li> <li>• Automatische Abrechnung von Fahr- und Stehzeiten</li> </ul>

### Thermographie

Anpassungen der Streudichte an aktuell vorherrschende Wetterbedingungen steigert die Effizienz des Straßenwinterdienstes. Um bei tiefen Temperaturen die gleiche Tauleistung wie bei höheren Temperaturen zu erreichen, ist es notwendig, die Streudichte zu erhöhen (siehe Kapitel 2.4). In der Praxis ist es nicht möglich, für jede Fahrbahntemperatur die geeignete Streudichte einzustellen, da diese sehr variabel und im erforderlichen Detailgrad nicht bekannt ist. Dies führt zu einer übermäßigen Streuung.

On-Board Thermographie-Geräte sind Infrarot-Messgerät mit Wechsellichtverfahren zur Ermittlung der Fahrbahnoberflächentemperatur. Dabei sollten Umweltfaktoren wie Gehäuse-, Abgastemperaturen usw. automatisch neutralisiert und somit hochpräzise Messergebnisse garantiert werden. Während des Einsatzes wird die Fahrbahntemperatur kontinuierlich gemessen, und die Werte direkt an Bedienpulte und Steuergeräte weitergeleitet. Im Idealfall regelt die Steuerung in Sekundenbruchteilen kontinuierlich die notwendige Streudichte zur vorhandenen Fahrbahntemperatur. Falscheinschätzungen oder Sicherheitsaufschläge (Es wird gern zur eigenen rechtlichen Absicherung mehr als notwendig gestreut.) bei der Streumittelausbringung entfallen, der Streumittelverbrauch wird stark reduziert. Mit diesen Geräten wird jeder Einsatz wirtschaftlicher, effektiver und ökologischer. (Boschung, 2012) und (aebi Schmidt, 2012)



Abbildung 3: ThermoMAT der Firma Boschung



Abbildung 4: Thermologic der Firma aebi Schmidt

### Steuerung

Mit Steuergeräten im Cockpit der Fahrzeuge steht den Bedienern ein System zur Seite, das über alle Abläufe visuell und eventuell auch via Sprachausgabe akustisch informiert. Idealerweise verfügen diese Geräte über ein Echtzeit-Betriebssystem. Komplexe Funktionen oder Prozesse sind einfach zu erfassen und zu steuern. Eine ergonomische Bedienung und optimal an die gesteuerte Funktion angepasste Bedienelemente lassen eine intuitive Steuerung zu. Sehr wichtig ist, dass dies ohne Unterbrechung des Blickkontaktes auf den Verkehr geschieht. Je nach Automatisierungsgrad können Einstellungen der Streubreite auch an die Fahrbahnbreite angepasst werden. Das Fahrzeug erkennt mittels GPS automatisch seine Position und ruft die Straßenbreite der zugehörigen Straße aus einer Datenbank ab. Zuvor müssen die Strecken dazu einmal abgefahren und die erforderlichen Einstellungen vorgenommen werden, wobei die Geräte die Einstellungen positionsbezogen speichern. Vor allem

bei komplexen Routen mit Kreisverkehren oder Autobahnrampen bieten diese automatisierten Systeme eine große Erleichterung für den Fahrer und ein erhöhtes Einsparungspotential für den Betreiber. Bei voreingestellter oder automatisch übermittelter Wettersituation können automatisierte Systeme auch die Streumengen selbst anpassen. Als Unterstützung ist eine Messung der Fahrbahntemperatur mittels On-Board Thermographie (siehe oben) vorzusehen. Bei voller Automatisierung des Fahrzeugs und Vernetzung mit einer zentralen Software, die Wetterdaten zur Verfügung stellt, kann sich der Fahrer zur Gänze auf den Verkehr konzentrieren und wird nicht durch den Streuvorgang abgelenkt. Dies erhöht nicht nur die Sicherheit für den Fahrer und die ihn umgebenden Verkehrsteilnehmer, sondern ermöglicht auch einen flexibleren Personaleinsatzplan, da auch streckenunkundige Winterdienstfahrer eingesetzt werden können. Des Weiteren sollen mit diesen Geräten Einsatzdaten gesammelt werden und auch online an die Einsatzleitzentrale kommuniziert werden, beispielsweise über GPRS. (Boschung, 2012) und (aebi Schmidt, 2012)



Abbildung 5: Vpad der Firma Boschung (Boschung, 2012)



Abbildung 6: Autologic der Firma aebi Schmidt (aebi Schmidt, 2012)



Abbildung 7: Bedienelemente des MOBIDAT-Systems

## 2.2 Abstumpfende Streumittel

Vor 1960 wurde ausschließlich diese Art der Streumittel auf den Straßen ausgebracht. Hierbei wurde nicht nur der heute verwendete Splitt ausgebracht, sondern auch andere Streumittelarten wie Sand und Asche. (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011) und (Popper, 1998)

Abstumpfende Streumittel wirken im Gegensatz zu auftauenden Streumittel rein mechanisch. Es soll durch die einzelnen Körner ein Aufrauen der vorhandenen Glätte erwirkt werden, indem sie auf die vorhandene Schnee- oder Eisschicht aufgebracht werden. Durch den Verkehr werden sie in die Schneedecke hineingedrückt. Es bildet sich auf diese Weise eine raue Oberflächentextur, die gegenüber einer glatten Schneedecke eine erhöhte Griffigkeit aufweist.

Es sind folgende Punkte bei der Verwendung von abstumpfenden Streumitteln zu beachten:

- Sie wirken vor allem auf einer Schneedecke, wo sie in die Decke eingedrückt werden können. Dort werden sie vom Schnee auch an Ort und Stelle gehalten. Auf homogenen Eisdecken können sie kaum ihre Wirkung entfalten. So setzt die abstumpfende Streuung eine zumindest dünne Schneedecke voraus, in die die Körner eingedrückt werden können, d.h. die Fahrbahn darf nicht vollständig schwarz geräumt werden.
- Dementsprechend ist die Splittstreuung bei Reifglätte, leichter Eisglätte oder vorbeugend unwirksam und nutzlos.
- Die Form der Körner muss kantig sein, damit sie in der Schneedecke haften können.
- Die Körner müssen eine Mindestfestigkeit haben, um nicht durch den Verkehr zermahlen zu werden.
- Die Streumenge muss relativ hoch sein und die Körner müssen gleichmäßig verteilt werden, um eine abstumpfende Wirkung erzielen zu können, denn auf der relativ kleinen Radaufstandsfläche der Fahrzeugräder auf der Schneedecke sollten wenigstens mehrere Körner liegen.
- Wenn die Schneedecke tiefer als der Durchmesser der Körner ist, werden die Körner im Laufe der Zeit durch den Verkehr weiter nach unten gedrückt, sodass die abstumpfende Wirkung nachlässt. (Durth, et al., 2004)

Es ist wichtig, dass der Splitt staubarm und trocken ist, d.h. dass der Feinstkornanteil ( $< 0,0063$  mm) maximal 5 Gewichtsprozent aufweist und sich der Wassergehalt bei  $\leq 2$  Gewichtsprozent einspielt. (Gartiser, et al., 2003)

Eine Untersuchung aus Wien über die Neigung zur Staubentwicklung von verschiedenen abstumpfenden Streumitteln erbrachte folgende Reihung (von der geringsten bis zur höchsten Staubentwicklung):

1. Kersantit
2. Granulit
3. Basalt
4. Quarzsplitt
5. Dolomit
6. Betonrecycling-Material

In Österreich werden darüber hinaus noch zusätzlich Diabas, Amphibolit, Granite, Gneise und Karbonate verwendet, für die jedoch keine entsprechenden Studien vorliegen. (FSV, 2008)

Die gesundheitsgefährdende Wirkung der untersuchten Splittarten wurde in dieser Studie ebenfalls ermittelt. Als Indikatoren wurden der jeweilige Quarzgehalt und die Neigung zur Staubentwicklung herangezogen<sup>1</sup>. Dabei ergab sich folgende Reihung aus medizinisch-hygienischer Sicht (von der geringsten zur höchsten Gefährdung):

1. Basalt
2. Dolomit
3. Kersantit
4. Betonrecycling-Material
5. Granulit
6. Quarzsplitt

Für die weiteren in Österreich verwendeten Streusplitt liegen keine vergleichenden Studien vor. (FSV, 2008)

### **2.2.1 Arten der abstumpfenden Streumittel**

Vorwiegend kommen für Straßen Korngrößen von 2-8 mm und für Gehsteige Korngrößen von 1-4 mm zum Einsatz. Es werden nach starkem Schneefall bzw. bei Straßen mit höheren Räumintervallen auch Korngrößen von 8-12 mm herangezogen. Je größer die Durchmesser der Körner sind, desto eher besteht die Gefahr des Durchschlagens von Windschutzscheiben. Daher ist es wichtig abstumpfende Streumittel nur auf Strecken mit geringen zulässigen Geschwindigkeiten auszubringen. Zu kleine Korngrößen laufen hingegen Gefahr, verweht zu werden. Es gilt darauf zu achten, dass das verwendete Gestein hart und abriebfest ist, um die Feinstaubbelastung so gering wie möglich zu halten. Diese Eigenschaften weisen unter anderem Basalt und Dolomit auf. Schlacke, Asche, Quarzsand und Quarzsplitt sowie Betonrecyclingsplitt sind aus verschiedenen Gründen in vielen Ländern bereits verboten. (Popper, 1998)

---

<sup>1</sup> Anm.: Die Gewichtung dieser Indikatoren ist unbekannt.

### 2.2.2 Einsatzgebiete

Abstumpfende Streumittel werden sehr erfolgreich auf Geh- und Radwegen und wenig befahrenen Straßen verwendet. Wobei für Geh- und Radwege auch Mischungen von Sand und Salz in Mischverhältnissen von 10:1 bis 4:1 empfohlen werden. (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1990)

Ein Versuch in Bayern in den frühen 1980er Jahren (Schneider, 1987) zeigte, dass der Winterdienst mit den damals üblichen Methoden aus Österreich und der Schweiz nur mit doppelt bis fünfmal höheren Kostenaufwand bewältigt werden konnte als im Vergleich zum Streuen von Salz. Außerdem klagten Verkehrsteilnehmer über Schäden an ihren Fahrzeugen und Landwirte über große Mengen Splitt in den anliegenden Feldern.

Man kam zu der Erkenntnis, dass das Splittstreuen ohne durchgehenden Schneefall und starken Frostperioden (wie z.B. in Skandinavien) nur begrenzt durchführbar ist. Das bedeutet im Detail nur für Straßen:

- mit einem Verkehrsaufkommen bis zu 2500 Fahrzeugen pro Tag, sowie auf kleineren Straßen, bei denen Alternativstrecken vorhanden sind;
- die keine besonderen Gefahrenpunkte (Steigungen, Gefälle, Kurven, Brücken, ...) aufweisen und deren Fahrbahnbreite nicht unter sechs Metern liegt;
- auf denen das kostenintensive Splittstreuen, bei dem auch ein höherer organisatorischer Aufwand erforderlich ist, zu rechtfertigen ist.

Messungen in den 1960er Jahren haben ergeben, dass für eine abstumpfende Wirkung mindestens 100 g/m<sup>2</sup> Splitt erforderlich sind. Bessere Ergebnisse werden mit 150 g/m<sup>2</sup> erzielt. Eine Steigerung der Streumenge über diesem Höchstwert haben keine weiteren Verbesserungen gebracht (Wehner, et al., 1960).

Die RVS 12.04.12 unterscheidet bei den Mengenangaben zwischen der Bekämpfung von Eisglätte und der Bekämpfung von Schneeglätte.

Bei Eisglätte sieht die RVS 12.04.12 eine Streumenge von 100 g/m<sup>2</sup> vor. Bei Steigungen im Straßenverlauf sind bis zu 200 g/m<sup>2</sup> auszubringen. Des Weiteren ist bei vergleichsweise hohem Verkehrsaufkommen eine Nachstreuung vorzunehmen.

Bei Schneeglätte sind je nach Steigung der Fahrbahn zwischen 100 und 300 g/m<sup>2</sup> abstumpfende Streumittel auszubringen. (FSV, 2010)

### 2.2.3 Vorteile und Nachteile

Abstumpfende Streumittel weisen höhere Ausbringungskosten auf als auftauende Streumittel. Dies ergibt sich durch mehrere Faktoren. Vergleichbare Einsatzfahrzeuge erreichen bei Salzstreuung eine Reichweite von ca. 50 Fahrstreifenkilometer, bei Ausbringung von Splitt liegt die Reichweite lediglich bei 20 Fahrstreifenkilometer. Bei der Salzausbringung werden 25 Streckenkilometer abgefahren und dabei zwei Fahrstreifen zugleich gestreut. Es wird hierbei mit einer Anfahrt gerechnet. Bei der Splittstreuung muss das Einsatzfahrzeug 50 Streckenkilometer zurücklegen und die Anfahrt drei Mal ab-

solvieren. Zudem kann ein Nachstreuen notwendig werden. (Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 18C, 2006)

Ein weiterer wesentlicher Nachteil von abstumpfenden Streumitteln ist, dass sie hoch geschleudert werden, wenn keine ausreichend dicke Schneedecke vorhanden ist, in die sie eingedrückt werden können. Dabei gilt, dass je höher die gefahrenen Geschwindigkeiten sind, desto schneller und weiter werden die Körner aus der Fahrspur geschleudert. Ein Großteil der Körner kommt auf diese Weise neben der Fahrbahn zu liegen und das in kürzester Zeit. Praktische Messungen von Wehner (Wehner, et al., 1960), die 1984 auch noch bestätigt worden sind, haben gezeigt, dass etwa nach 300 bis 400 Überfahrten die Streumittel nicht mehr in der Reifenspur liegen und somit keine Verbesserung des Reibungsbeiwertes der Fahrbahn gegeben ist. Bei anhaltender Glätte ist somit ein regelmäßiges Kontrollieren der Strecken und eventuell ein Nachstreuen notwendig.

Aus diesen Gründen ist ein Streuen von abstumpfenden Streumitteln nur auf Strecken mit geringer Verkehrsbelastung und geringen Fahrgeschwindigkeiten sinnvoll. (Durth, et al., 2004)

Zusammenfassend stehen nur wenige Vorteile wie,

- die unmittelbare Wirkung (auftauende Streumittel müssen erst in Lösung gehen bevor sie wirken),
- die Einsetzbarkeit bei allen Temperaturen,
- die hohe Versorgungssicherheit in langen und frost-tau-wechselintensiven Wintern (höher als bei auftauenden Streumitteln)

zahlreichen Nachteilen wie,

- den wesentlich größeren Streumengen (100 – 150 g/m<sup>2</sup>),
- der kostenintensiveren Ausbringung gegenüber auftauenden Streumitteln,
- der Beschränkung auf wenige Fahrzustände (geringe Belastung und Geschwindigkeit),
- der zeitlichen Beschränkung der Wirkung (300 – 400 Überfahrten) und
- der Notwendigkeit der Sammlung und Entsorgung nach der Winterperiode mit hohen Staubbelastungen an diesen Tagen

gegenüber. (Durth, et al., 2004)

Abstumpfende Streumittel können im direkten Vergleich mit auftauenden Streumitteln nicht konkurrieren, sie stellen jedoch eine gute Ergänzung dar. Für Strecken mit geringem DTV (<2500 Fzg/d), und geplanter Weißräumung, können durch wesentlich längere Räum- und Streuintervalle Kosteneinsparungen lukriert werden.

## **2.3 Auftauende Streumittel**

Die hier angeführten Streumittel haben alle die gleiche Funktionsweise, sie erschweren die Glättebildung auf Fahrbahnen, indem sie den Gefrierpunkt des Wassers auf der Fahrbahn herabsetzen, wenn sie mit diesem Wasser in Lösung gehen. In diesem Kapitel werden die wesentlichen, etablierten und vielversprechenden neuen Technologien behandelt.

### 2.3.1 Arten der auftauenden Streumittel

Auftauende Streumittel sind grundsätzlich Stoffe, die in Wasser löslich sind und deren Lösung einen deutlich geringeren Gefrierpunkt hat als Wasser. Das am häufigsten angewandte Streumittel ist Natriumchlorid. Weitere verwendete Salze sind das Calciumchlorid und das Magnesiumchlorid, besonders in Kombination mit dem häufig verwendeten Natriumchlorid. (Durth, et al., 2004)

Des Weiteren gibt es stickstoffhaltige Auftaumittel wie Harnstoff und Ammoniumsulfat. Diese sind weniger schädlich für die angrenzende Bepflanzung und gelten daher weitgehend als umweltfreundlich. Diese und noch weitere Streumittel sind in der folgenden Auflistung enthalten. Diese Auflistung beinhaltet im Wesentlichen alle in Europa gängigen Streumittel:

- Natriumchlorid( NaCl)
- Calciumchlorid (CaCl<sub>2</sub>)
- Magnesiumchlorid (MgCl<sub>2</sub>)
- Ammoniumsulfat (NH<sub>4</sub>)SO<sub>4</sub>
- Kaliumcarbonat (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)
- Natriumformiat (CHNaO<sub>2</sub>)
- Kalium- oder Natriumacetat (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>KO<sub>2</sub>)
- Calcium-Magnesium-Acetat (CMA)
- Ethylenglykol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>)
- Technischer Harnstoff (Ureum, CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>)
- Safecote (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011) und (Durth, et al., 2004)

#### Natriumchlorid (NaCl)

Natriumchlorid ist das meist verwendete Streumittel mit auftauender Wirkung. Es lässt sich weiter in drei verschiedene Arten einteilen, die auf die Gewinnung des Rohstoffes zurückzuführen sind: Siedesalz, Steinsalz und Meersalz. Die wichtigsten Eigenschaften von Natriumchlorid sind, die nahezu unbegrenzte Verfügbarkeit, die ungefährliche Handhabung und die gute Herabsetzung des Gefrierpunktes. Der Eutektische Punkt von NaCl liegt bei -21 °C, und zwar bei einer Sättigung von 22% (Durth, et al., 2004). Bei korrekter Streumenge ist NaCl jedoch nur in der Lage den Gefrierpunkt von Wasser von 0 auf -8 °C herabzusenken (genauer in Kapitel 2.3.2). Außerdem ist Natriumchlorid vergleichsweise preisgünstig und weniger korrosiv als andere chloridhaltige Taumittel. (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011)

#### Siedesalz:

Siedesalz wird gewonnen, indem man Wasser in unterirdische Salzsichten pumpt. Die so entstandene Sole wird an die Oberfläche gefördert und gereinigt. Dieser Reinigungsprozess, bei dem das Wasser unter Vakuum verdampft wird, sorgt dafür, dass ein sehr hoher Reinheitsgrad, geringe Korngrößen und eine gleichmäßige Korngrößenverteilung gewährleistet werden. (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011)

**Steinsalz:**

Diese Art des Natriumchlorids wird im Untertagebau gewonnen und weist eine bräunliche Farbe auf. Aufgrund einer fehlenden Reinigung bei der Herstellung weist Steinsalz einen höheren Verunreinigungsgrad auf. Es befinden sich Schwermetalle, Sand und andere lösliche Salze darin. Zudem ist die Körnung gröber und unregelmäßiger als bei Siedesalz. (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011)

**Meersalz:**

Meersalz wird in südlichen Ländern mit Zugang zum Salzwasser der Meere gewonnen. Durch Verdunsten mit Hilfe der Sonne wird dieser Rohstoff gewonnen. Die Körnung und der Verunreinigungsgrad sind mit dem des Steinsalzes vergleichbar. (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011)

In der folgenden Tabelle sind verschiedene relevante Eigenschaften der drei Arten des Natriumchlorids angegeben.

**Tabelle 4: Detaillierte Eigenschaften der Arten von Natriumchlorid (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011)**

	<b>Siedesalz</b>	<b>Steinsalz</b>	<b>Meersalz</b>
NaCl-Gehalt (%) als Trockensubstanz	99,9%	95 - 98%	95 - 99%
Korngröße (80%) (mm)	0,2 - 0,45	1 - 3	1 - 3
Korngröße ( $X_{50}$ ) (mm)	0,38	1,8	1,8
Korngröße (mm) (min.)	<0,16 mm: 5%	<0,16 mm: 2,5%	<0,16 mm: 2,5%
Korngröße (mm) (max.)	> 1 mm: 1%	> 5 mm: 1%	> 5 mm: 1%
Antibackmittel (mg/kg)	70 - 100	70 - 100	70 - 100
Schwermetalle (mg/kg)	< 0,2	1 - 3	1 - 2
Unlöslich (%)	< 0,01	1 - 3	1 - 3
Löslich, andere als NaCl (%)	< 0,01	1 - 2	1 - 2
Sulfate (g/kg)	0,3	0,3 - 7	1,5 - 8
Feuchtigkeitsgehalt (%)	< 3	< 1	1 - 5

Die Qualitätsunterschiede der drei Arten von Natriumchlorid wirken sich beträchtlich auf den Taueffekt aus. Einerseits ist der Reinheitsgrad von Bedeutung. Das Siedesalz weist den größten Reinheitsgrad, also den größten Anteil an Natriumchlorid auf. Andererseits sind die Korngröße und die Korngrößenverteilung wichtig. Um ein perfektes Streumuster zu erhalten, ist es wichtig, dass alle Korngrößen annähernd gleich sind, das heißt ihre Verteilung soll gleichmäßig und in einer geringen Bandbreite sein. Das Siedesalz weist auch in diesem Punkt die besten Eigenschaften auf. Weiters ist aufgrund der geringen Korngrößen bei Siedesalz eine rund sechs Mal größere Oberfläche der Salzkristalle vorhanden. Diese vergrößerte Oberfläche hat einen positiven Einfluss auf die Taugeschwindigkeit. (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011)

### Calciumchlorid (CaCl<sub>2</sub>)

Das zum Streuen verwendete Calciumchlorid ist in Form von Flocken erhältlich. Die Flocken sind grau-weiß, ca. 3 bis 3,5 mm lang und 1,2 mm dick. Aufgrund ihrer Hygroskopizität müssen Vorsichtsmaßnahmen bei der Lagerung getroffen werden (Lagerung in Silos). Das Calciumchlorid wird in fester oder flüssiger Form den Silos entnommen. In verschiedenen Ländern Europas gibt es Konzentrationen, die von 25 bis 34 Gewichtsprozent reichen. In Belgien wird beispielsweise die Energie zur Herstellung der Flocken gespart und man verwendet eine gebrauchsfertige, 32 bis 34%-ige Sole.

Im Gegensatz zu NaCl wirkt CaCl<sub>2</sub> bis Lufttemperaturen um -20 °C. Zudem erfolgt der Lösungsvorgang bei CaCl<sub>2</sub> exotherm, das heißt, wenn dieses Streumittel in Lösung geht, wird Energie in Form von Wärme freigesetzt. Diese Wärmeentwicklung verstärkt die Tauwirkung. Jedoch tritt dieser Effekt nur ein, wenn CaCl<sub>2</sub> in fester Form ausgebracht wird. Bei Ausbringung als Sole ist dieser exotherme Vorgang bereits abgeschlossen. Aufgrund der hygroskopischen Eigenschaften wird ein Lösen der CaCl<sub>2</sub>-Flocken sogar bei vermeintlicher Trockenheit gewährleistet, da das Material Luftfeuchtigkeit aufnimmt. Des Weiteren kann durch niedrige Luftfeuchtigkeit eine Schmierfilmbildung durch Streuen von Calciumchlorid entstehen. Dadurch wird die Verkehrssicherheit beeinträchtigt. Da die Anschaffungskosten zwei bis vier Mal so hoch sind wie jene von NaCl, ist die Verwendung von NaCl vorzuziehen, solange die Temperaturen über -8 °C liegen. Für kältere Einsatztage bzw. für akute Situationen wie Eisregen u.a. soll der Einsatz von Calciumchlorid angedacht werden. Zwischen -8 °C und -20 °C ist eine Mischung aus CaCl<sub>2</sub> und NaCl ausreichend wirksam. Bei Feuchtsalzstreuung und Temperaturen bis -10 °C wird NaCl sogar als wirksamer angesehen. Die höheren Lagerungskosten spielen ebenfalls eine wesentliche Rolle. (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1990)

### **2.3.2 Wirkung von Natriumchlorid und Calciumchlorid**

Da hauptsächlich diese beiden Arten der auftauenden Streumittel zum Einsatz kommen, seien sie im Folgenden näher beschrieben. (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011)

Zwei wesentliche Merkmale bestimmen die Wirksamkeit eines Taumittels:

- die Schmelzkapazität auf Eis und Schnee
- die Gefrierpunktserniedrigung von Wasser

In der folgenden Tabelle ist die Schmelzkapazität von Natriumchlorid und Calciumchlorid angegeben. Die Schmelzkapazität bezeichnet die Eismenge, die bei Verwendung von 1 kg eines Taumittels bei einer bestimmten Temperatur schmilzt.

**Tabelle 5: Schmelzkapazität bei -5 °C (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011)**

Streumittel	Schmelzkapazität (geschmolzenes Eis) [kg]
Natriumchlorid (1 kg)	11,5
Calciumchlorid (1 kg)	8

Es gilt zu beachten, dass bei Lösung von Calciumchlorid, wie oben bereits beschrieben, eine exotherme Reaktion eintritt, die Wärme freisetzt. Wird Calciumchlorid jedoch bereits verdünnt ver-

arbeitet, kann diese Wärmeentwicklung nicht für den Winterdienst eingesetzt werden, um gefrorene Fahrbahnen zu enteisen. Bei trockener Verarbeitung wirkt dieses Streumittel jedoch stark hygroskopisch und reizt Haut, Augen und Lungen. Natriumchlorid weist diese reizenden Eigenschaften weder im Trockenen noch im Solezustand auf, jedoch entsteht bei Auflösen auch keine exotherme Reaktion. (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011)

Die Gefrierpunktserniedrigung beschreibt die Herabsetzung des Gefrierpunkts einer Flüssigkeit durch Einbringen fremder Stoffe in dieselbe. Dies geschieht mit Wasser, wenn Salze darin aufgelöst werden. Der Winterdienst mit jeder Art von auftauenden Streumitteln beruht immer auf einer Gefrierpunktserniedrigung.

**Tabelle 6: Maximale Gefrierpunktserniedrigung von Solelösungen, (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011)**

Art der Sole	Gefrierpunkt [°C]	Konzentration [Gewichtsprozent]
Natriumchlorid-Sole	-10; -21	13,7; 23
Calciumchlorid-Sole	-10; -54	13,7; 30

Bei höheren Konzentrationen als in der Tabelle 6 beschrieben treten chemische Reaktionen auf, die ein Ausflocken der Chloride bewirken (Übergang in Hydratform). Diese neuerliche Umwandlung in Feststoff verringert die Gefrierpunktserniedrigung der beiden Solearten. Bei einer Dosierung von 13,7 Gewichtsprozenten liegt der Gefrierpunkt bei beiden Solearten bei -10 °C. Unter -21 °C verschlechtern sich die Eigenschaften von Natriumchlorid aufgrund der oben beschriebenen chemischen Reaktion. Diese Reaktion setzt bei Calciumchlorid erst bei unter -54 °C bzw. bei einer Konzentrationserhöhung über 30 Gewichtsprozent ein. (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011)

Einen guten Überblick über die Löslichkeits- und Gefriereigenschaften der beiden Solearten gibt die folgende Abbildung.

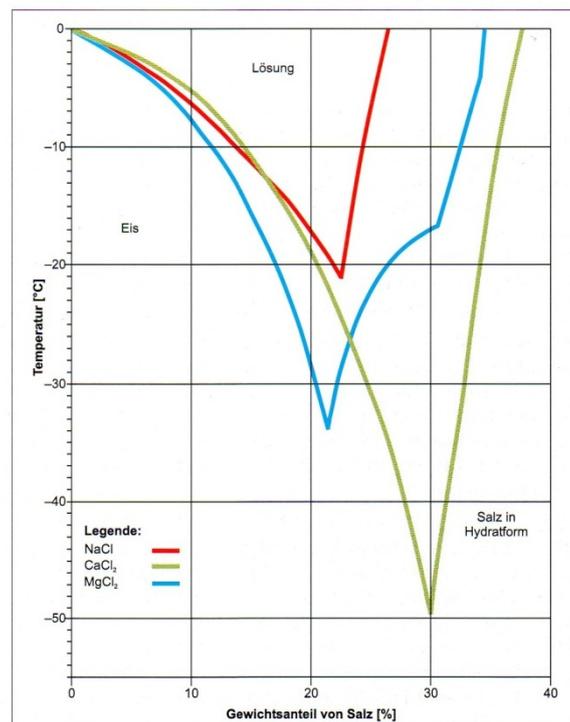


Abbildung 8: Eislinien und Löslichkeit von Natriumchlorid, Calciumchlorid und Magnesiumchlorid (Durth, et al., 2004)<sup>2</sup>

Das Diagramm zeigt die Gefrierpunkttemperatur für jede Konzentration bis 40 Gewichtsprozent Taumittel in den drei gängigsten Salzlösungen.

Aus dem Diagramm wird ersichtlich, dass eine beliebige Reduktion des Gefrierpunktes einer Salzlösung nicht möglich ist. Die Grenzen bilden die sogenannten „Eutektischen Punkte“ der Salzlösungen. Diese sind als die untersten Punkte der jeweiligen Kurven im Diagramm dargestellt. Die Koordinaten sind der Tabelle 6 zu entnehmen. Sinkt die Temperatur unter der des eutektischen Punktes einer Lösung, geht diese unweigerlich in den festen Aggregatzustand über. Somit hat jede im Winterdienst eingesetzte Salzlösung ihre Grenzen. In den üblichen Arbeitstemperaturen von 0 bis -20 °C findet man allerdings das Auslangen mit Lösungen aus NaCl und/oder CaCl<sub>2</sub> mit Wasser. (siehe Tabelle 7)

### 2.3.3 Alternative Taumittel

Magnesiumchlorid ist sehr hygroskopisch und daher nicht ungefährlich im Gebrauch. Es zieht, wie auch Calciumchlorid Feuchtigkeit sehr stark an und verursacht auf diese Weise Brandflecken auf der Haut und Reizungen in den Atemwegen. Diese Hygroskopizität wirkt sich ebenfalls negativ auf die Lagerungsfähigkeit aus. Bei zu hoher Luftfeuchtigkeit während der Lagerung neigen diese Streumittel zum Verklumpen. Sie wirken außerdem stark korrosiv, da sie einen erhöhten Chloridgehalt aufweisen. (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1990)

<sup>2</sup> Anm.: Abbildung 8 und Tabelle 6 korrelieren nicht zur Gänze, da sie aus verschiedenen Quellen stammen.

Ethylenglykol, Uream, Ammoniumsulfat, Natriumformiat, Kalium- und Natriumacetat und Calcium-Magnesium-Acetate weisen organische Anteile auf. Sie sind in sehr geringem Maße korrosiv, daher werden sie häufig dort eingesetzt, wo Korrosion vermieden werden soll, wie zum Beispiel auf Brücken. Sie werden weiters im Flughafenbetrieb eingesetzt. Da diese Taumittel ungleich teurer sind als die Standardlösung ist ihre Bedeutung um ein Vielfaches geringer.

Des Weiteren hat Calcium-Magnesium-Acetate weniger negative Auswirkungen auf die Umwelt als herkömmliche Streumittel. Es wirkt als Pflanzendünger und ist vollständig biologisch abbaubar. CMA ist jedoch weniger wirkungsvoll in seiner Auftauleistung als NaCl. Man muss größere Mengen streuen, um den gleichen Effekt zu erzielen. Bei vergleichbaren Ergebnissen liegen die Kosten für CMA-Streuung rund 10- bis 20-mal höher als bei NaCl. Es gibt Versuche in mehreren Städten Deutschlands bei denen CMA als Feinstaubkleber verwendet wird und auf diese Weise Feinstaubemissionen drastisch reduziert. (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1990)

Kaliumcarbonat ist in sensiblen Bereichen, wie Alleen oder Wasserschutzgebieten, vorzuziehen. Dieses Streumittel weist jedoch eine alkalisierende Wirkung auf. Für eine richtige Dosierung per Hand bietet es sich an, Kaliumcarbonat auf Blähton auszubringen. Dies kann als fertiges Produkt erworben werden. (Kainz, et al., 2010)

In der folgenden Tabelle werden physikalisch-chemische Eigenschaften der auftauenden Streumittel zusammengefasst.

Tabelle 7: Physikalisch-chemische Eigenschaften der Auftausalze (Kainz, et al., 2010)

Streumittel	Einsetzbar bis	für 1 kg Eis nötig	übliche Menge
<b>Chloride</b>			
Natriumchlorid NaCl	- 8 °C	(- 8°C) 138 g (-10°C) 163 g	10 – 15 g/m <sup>2</sup>
Calciumchlorid CaCl <sub>2</sub>	- 22 °C	(- 8 °C) 179 g	wird kaum in Reinform verwendet
Magnesiumchlorid MgCl <sub>2</sub>	-15 °C	(-10°C) 309 g	wird kaum in Reinform verwendet
Feuchtsalz	-10 bis -15 °C (je nach Zusammensetzung)	nicht bekannt	ca. 30% weniger als bei trockenem Salz
<b>Andere anorganische Salze</b>			
Kaliumcarbonat	-11 °C	nicht bekannt	bis ca. -5 °C gleiche Mengen wie NaCl
<b>Stickstoffhaltige Auftaumittel</b>			
Harnstoff CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	- 4 bis - 6°C (untersch. Angaben)	(- 8 °C) 243 g (-10 °C) 380 g	ca. doppelte Menge von NaCl
Ammoniumsulfat (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	- 6 °C	(- 8 °C) 314 g	fast die 3-fache Menge von NaCl
<b>Organische Salze</b>			
Natriumacetat Na(CH <sub>3</sub> COO)	-12 °C	nicht bekannt	40% weniger als Harnstoff, d.h. das ca. 1,5-fache von NaCl
Calcium-Magnesium-Acetat (CMA) * Ca(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> x2H <sub>2</sub> O Mg(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> x4H <sub>2</sub> O im Verhältnis 1:1 bis 3:7	- 6 °C	(-10°C) 263 g	1,3-fache bis doppelte Menge wie NaCl 5-50 g/m <sup>2</sup>
Kaliumformiat K(HCOO)	- 10 °C	nicht bekannt	nicht bekannt

\* Aufbringung als Granulat oder in flüssiger (25%ig oder 30%ig) Form. Bei der Anwendung von CMA entsteht keine Schmelzlösung. Es wird lediglich das Zusammenpacken des Schnees vermindert bzw. das Aneisen verringert. CMA riecht tlw. unangenehm.

### 2.3.4 Feuchtegrade von Tausalzen

Im Gegensatz zu den Anfängen der Streumittelausbringung Mitte des letzten Jahrhunderts, als die Salze ausschließlich in trockenem Zustand ausgebracht wurden, setzt man heute auf Feuchtsalze bis hin zu Solen (Salzlösungen). Die Entwicklung geht in verschiedenen Ländern Europas bereits zur reinen Soleausbringung. Diese steckt jedoch noch in der Entwicklungsphase. Es bleibt anzumerken, dass weder Feuchtsalz noch die Salzsole in jeder Situation das Mittel der Wahl ist. Es muss bei der Wahl des Streumittels nach wie vor auf die äußeren Einflüsse und die Umweltbedingungen achtgegeben werden. (Durth, et al., 2004)

#### Trockensalz

Trockensalz weist grobe Nachteile gegenüber Feuchtsalzen auf. Unter anderem braucht es länger um in Lösung zu gehen, um so seine Tauwirkung zu entfalten. Feuchtsalz ist, je nach Feuchtigkeitsgrad, schon teilweise in Lösung und ist somit im Stande, seine Tauwirkung früher zu entfalten. Ein weiterer Nachteil des Trockensalzes liegt in der Gefahr der Verwehung durch Wind und vorbeifahrende Fahrzeuge. Das Feuchtsalz haftet besser an der Fahrbahnoberfläche und wird in einem deutlich geringeren Maße verweht. Zudem gibt es beim grobkörnigeren Steinsalz und Meersalz den sogenannten „Murmeleffekt“. Dabei handelt es sich um den Umstand, dass größere Körner bei der Ausbringung durch das Streuteller weiterrollen und erst am Straßenrand zu liegen kommen. Durch Anfeuchten der Salzkörner wird dieser Effekt ebenfalls reduziert. (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011)

#### Feuchtsalz

Die Feuchtsalzausbringung wird für viele Strecken, insbesondere bei jenen mit hohem Verkehrsaufkommen, als Stand der Technik angesehen. Das Anfeuchten des Streuguts erfolgt je nach Verfahren beim Befüllen des Lkws oder direkt bei der Ausbringung. Im zweiten Fall wird das Salz dann auf dem Streuteller mit der Sole (NaCl-Lösung, CaCl<sub>2</sub>-Lösung oder MgCl<sub>2</sub>-Lösung) in einem bestimmten Verhältnis vermischt. Gängige Mischverhältnisse sind

- Feuchtsalz 5 (FS5 oder WS5) und
- Feuchtsalz 30 (FS30 oder WS30). (Durth, et al., 2004)

Dabei enthält das Feuchtsalz fünf bzw. 30 Gewichtsprozent Sole. Bei einer Ausbringungsmenge von 10 g/m<sup>2</sup> befinden sich dann 7,7 Gramm NaCl/m<sup>2</sup> auf der Fahrbahn, vorausgesetzt es wird NaCl-Sole zum Anfeuchten verwendet (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011).

Es gibt auch Streumittelhersteller, die Winterdienstsalze bereits anfeuchten. Es ist dann davon auszugehen, dass das Produkt den Anforderungen von FS5 entspricht. Der wesentliche Vorteil dieses Produktes liegt darin, dass es mit Trockensalzstreuern ausgebracht werden kann und somit kein Umrüsten der Fahrzeuge und keine Investitionskosten nötig sind. Bei der Anwendung von herkömmlichen Fahrzeugen für die Trockenstreuung, anstatt von Fahrzeugen, die die Feuchtsalzmischung direkt am Streuteller herstellen, ergibt sich ein hohes Einsparungspotential. Wenn das FS5 nicht direkt eingekauft wird, besteht, wie oben bereits beschrieben, die Möglichkeit bei der Befüllung des Verteilers

des Lkws das Salz mit Wasser oder Sole zu bespritzen, um einen Feuchtegehalt von 5 Gewichtsprozenten zu erreichen. Ein höherer Feuchtegehalt ist beim Befüllen nicht möglich, da das Salz nicht mehr absorbieren kann und die überschüssige Flüssigkeit aus dem Lkw sickern würde. Lkws können auf diese Weise voll mit Feuchtsalz beladen werden und mit einer Geschwindigkeit bis zu 40 km/h fahren. (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1990)

Feuchtsalz 30 ist ein Natriumchlorid, das kurz vor der Ausbringung angefeuchtet wird. Dieser Feuchtigkeitsgehalt verleiht dem Streumittel eine größere Haftung auf der Fahrbahn. Weiters wird der Tauvorgang beschleunigt und die Möglichkeit verbessert, die Streumenge je nach Straßenzustand zu variieren. Außerdem bietet diese Art des Streumittels eine maximale Arbeitsgeschwindigkeit von bis zu 70 km/h. Dies spart Betriebskosten ein, da in kürzerer Zeit mehr Straßenkilometer bearbeitet werden können. Als Nachteil dieser Methode sind die höheren Gerätekosten zu nennen. Es ist ein zusätzlicher Soletank auf den Lkws zu installieren. (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1990)

Als zugesetzte Flüssigkeit kann bei Feuchtsalz 5 Wasser oder auch eine NaCl- oder CaCl<sub>2</sub>-Lösung verwendet werden. Bei Feuchtsalz 30 ist es zwingend notwendig eine Sole einzusetzen. Diese darf während des Transports nicht gefrieren. (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1990)

Es steht fest, dass durch den Feuchtsalzeinsatz der Winterdienst verbessert wurde und beträchtliche Kosteneinsparungen dadurch erzielt werden. Einerseits durch eine Verringerung des Salzverbrauches und andererseits durch Einsparungen bei den Betriebskosten (Lagergröße, Personalstand, Anzahl der erforderlichen Fahrzeuge). (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1990)

Bei einem gut organisierten Winterdienst, der die Räumzeiten korrekt wählt und die Streumittel richtig dosiert, kann mit herkömmlichen Streumitteln (NaCl und CaCl<sub>2</sub>), ohne zusätzlichen experimentellen Stoffen, ein optimales Ergebnis erzielt werden. (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1990)

In Tabelle 8 sind Anhaltswerte für die Feuchtsalzstreuung in verschiedenen Fahrbahnzuständen aus dem Merkblatt Winterdienst der deutschen Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) angegeben.

Tabelle 8: Anhaltswerte für Streudichten in ml und g/m<sup>2</sup> mit Feuchtsalz (FGSV, 2010) und (FGSV, 2011)

vorhandener (sichtbarer) Fahrbahnzustand	erwarteter Fahrbahnzu- stand	erwartete Fahrbahntemperatur bis (Mengen pro m <sup>2</sup> )					Bemerkungen
		um 0 °C	bis -3 °C	bis -6 °C	bis -10 °C	unter -10 °C	
trocken	Reif	10ml 5g	12,5ml 7,5g	15ml 10g	15g	-	unter -6 °C nur selten Reifglät- te zu erwarten
Reif	Reif	15ml 10g	22,5ml 15g	30ml 20g	30g		
feucht (keine Sprühfahnen, Fahrbahn dunkel)	überfrierende Feuchte	10ml 5g	15ml 10g	22,5ml 15g	25g	30g	Nachstreumen- gen 5 bis 10 g/m <sup>2</sup> (Grund: bei vorhandener Feuchte und Nässe unter 0 °C ist noch Restsalz vor- handen)
Teilvereisung (Eisflecken)		10g	20g	30g	40g	40g	
feucht-nass (einsetzende Sprühfahnenbil- dung)	überfrierende leichte Nässe	15ml 10g	22,5ml 15g	37,5ml 25g	35g	40g	
Nässe (deutliche Sprühfahnen)	überfrierende Nässe (Eisglätte)	22,5ml 15g	30ml 20g	45ml 30g	40g	40g	
großflächige Verei- sung (Eisglätte)	Eisglätte	30g	40g	40g	40g	40g	
trocken	Schneeglätte, Schneefall	15ml 10g	22,5ml 15g	30ml 20g	20g	20g	
Schneeglätte, Schneefall	während des Schneefalls	10g	10g	15g	15g	15g	gleichzeitig Schneeräu- mung
	nach dem Schneefall	20g	25g	30g	40g	40g	
trocken	Eisregen (Glatteis)	45ml 30g	60ml 40g	60ml 40g	40g	40g	vorbeugend möglichst zeit- nah vor Nieder- schlagsbeginn
Legende:						präventiv	
						kurativ	

Die in Österreich gültige RVS 12.04.12 unterscheidet Streumengen für die Vermeidung und die Bekämpfung von verschiedenen Glätteformen. Diese Unterscheidung ist gleichzusetzen mit der Einteilung in „präventiv“ und „kurativ“ in der Tabelle 8. Sie sieht bei Vermeidung von Eisglätte bei feuchten oder nassen Fahrbahnen eine Streumenge von 5 und 15 g/m<sup>2</sup> vor. Bei der Vermeidung von Schneeglätte bei zu erwartendem Schneefall liegen die empfohlenen Werte bei 5 bis 20 g/m<sup>2</sup>. Zur Bekämpfung von bereits aufgetretener Eisglätte empfiehlt die RVS 12.04.12 für abstumpfende Streumittel der Kornklasse 2/4 bis 4/8 Streumengen von 100 – 200 g/m<sup>2</sup>. Bei Verwendung von auftauenden Streumitteln sind Streumengen von bis zu 40 g/m<sup>2</sup> vorgesehen. Zur Bekämpfung von bereits aufgetretener Schneeglätte sind für Splitte der Kornklassen 2/4 bis 4/8 oder in Ausnahmefällen 8/16 Streumengen von 100 bis 300 g/m<sup>2</sup> empfohlen. Bei Verwendung von auftauenden Streumitteln sind Mengen bis 20 g/m<sup>2</sup> empfohlen. (FSV, 2010)

Es werden in der RVS 12.04.12 auch außergewöhnliche Fälle wie

- Bodennebel,
- Schmelzwasser und
- Eisregen

kurz behandelt.

Bei Bodennebel und Fahrbahntemperaturen unter 0 °C ist mit Reifglätte zu rechnen. In diesem Fall soll wie bei der Bekämpfung von Eisglätte gestreut werden. (FSV, 2010)

Schmelzwasser von Schneewällen am Fahrbahnrand kann unter Umständen auf die Fahrbahn gelangen und bei tiefen Temperaturen dort Eisglätte verursachen. Es ist dabei zu beachten, dass bei Bekämpfung dieser Eisglätte mit auftauenden Streumitteln, diese Streumittel abgeschwemmt werden können und somit ein Nachstreuen notwendig ist. Bei Eisregen ist der Straßenzustand für eine gezielte Streuung nicht genau erfassbar. Es sind daher präventive und kurative Streuungen mit erhöhten Streumengen durchzuführen. (FSV, 2010)

In der folgenden Tabelle ist ein Überblick über die Salzstreumenge auf verschiedenen Straßenoberflächen gegeben. Weitere Einteilungsaspekte sind die Art der Beeinträchtigung der Oberfläche sowie der Feuchtegehalt des Streumittels. Es gilt darauf zu achten, dass diese Werte für Niederländische Verhältnisse angegeben sind.

Tabelle 9: Dosierungsvorschläge von auftauenden Streumitteln für niederländische Verhältnisse (de Groot, 2008)

Art der Glätte	Dichter Straßenbelag (g/m <sup>2</sup> )	Offenporiger Straßenbelag (g/m <sup>2</sup> )
Überfrorene nasse Straßenabschnitte		
Präventiv, nassstreuen	7	2 x 7 oder 1 x 14
Kurativ, nassstreuen	7	7
Kurativ, trockenstreuen	15 – 20	Nicht üblich
Kondensationsfeuchtigkeit und/oder gefrierender Nebel		
Präventiv, nassstreuen	7	7
Kurativ, nassstreuen	7	7
Kurativ, trockenstreuen	10	Nicht üblich
Schnee		
Präventiv, nassstreuen (um ein Anhaften zu verhindern)	7 – 10	15 – 20
Kurativ, trockenstreuen (nach Schneepflug-Einsatz)	15 – 20	15 – 20
Glatteis		
Präventiv, nassstreuen	15 – 20	15 – 20
Kurativ, nass- oder trockenstreuen	15 – 20 (nass) 20 – 40 (trocken)	15 – 20 (nass) 15 – 20 (trocken)

Durch die physikalisch gegebene Tauwirkung von Natriumchlorid ist eine schwarze Fahrbahn in der gesamten Umlaufzeit nur bei Temperaturen knapp unter 0°C und geringen Schneefallmengen im Streuumlauf erreichbar. Hier ist das Schaffen und Erhalten einer Trennschicht zwischen Fahrbahn und Schnee durch Räumen und Streuen von etwa 10 g/m<sup>2</sup> die bessere Strategie. Erst nach Abklingen des Schneefalls kann durch Räumen und Streuen der Schnee nachhaltig getaut werden. Bei sehr tiefen Temperaturen und Schneefall kann aufgrund der stark begrenzten Tauwirksamkeit auf das Ausbringen von Streusalz während des Schneefalls verzichtet werden.

In der folgenden Tabelle 10 sind Streuempfehlungen in Abhängigkeit von Niederschlag, Fahrbahntemperatur und Verkehrsstärke angegeben. Diese Tabelle ist im Rahmen eines Forschungsprojekts am Institut für Verkehrswissenschaften der Technischen Universität Wien entstanden.

Tabelle 10: Tauwirksamkeit von Streusalz (NaCl) in Abhängigkeit von Niederschlag, Fahrbahntemperatur und Verkehr (Hoffmann, et al., 2010)

Niederschlag 0,0 mm bis 0,25 mm - Schneehöhe 0,0 cm bis 0,25 cm Reifbildung bzw. gerade wahrnehmbarer Schneefall											
Streumenge in [g/m <sup>2</sup> ]	Fahrbahntemperatur in °C										
	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	
KFZ in der Umlaufzeit	250	5	16	26	36	10	10	10	10	10	10
	500	6	16	27	37	10	10	10	10	10	10
	1.000	6	17	28	39	10	10	10	10	10	10
	1.500	6	18	30	10	10	10	10	10	10	10
	2.000	6	19	31	10	10	10	10	10	10	10
	2.500	7	20	33	10	10	10	10	10	10	10
	3.000	7	21	35	10	10	10	10	10	10	10
	3.500	8	23	37	10	10	10	10	10	10	10
	4.000	8	24	40	10	10	10	10	10	10	10

Niederschlag 0,25 mm bis 0,5 mm - Schneehöhe 0,25 cm bis 0,5 cm gerade wahrnehmbarer Schneefall											
Streumenge in [g/m <sup>2</sup> ]	Fahrbahntemperatur in °C										
	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	
KFZ in der Umlaufzeit	250	11	32	10	10	10	10	10	10	10	10
	500	11	33	10	10	10	10	10	10	10	10
	1.000	12	34	10	10	10	10	10	10	10	10
	1.500	12	36	10	10	10	10	10	10	10	10
	2.000	13	38	10	10	10	10	10	10	10	10
	2.500	14	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	3.000	14	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	3.500	15	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	4.000	16	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Niederschlag 0,5 mm bis 0,75 mm - Schneehöhe 0,5 cm bis 0,75 cm leichter Schneefall											
Streumenge in [g/m <sup>2</sup> ]	Fahrbahntemperatur in °C										
	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	
KFZ in der Umlaufzeit	250	16	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	500	17	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	1.000	17	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	1.500	18	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	2.000	19	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	2.500	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	3.000	22	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	3.500	23	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	4.000	24	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Niederschlag 0,75 mm bis 1 mm - Schneehöhe 0,75 cm bis 1 cm leichter bis mäßiger Schneefall											
Streumenge in [g/m <sup>2</sup> ]	Fahrbahntemperatur in °C										
	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	
KFZ in der Umlaufzeit	250	22	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	500	22	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	1.000	23	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	1.500	24	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	2.000	26	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	2.500	27	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	3.000	29	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	3.500	31	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	4.000	33	10	10	10	10	10	10	10	10	10

## Sole

Der Sole – einer Salz-Wasser-Lösung bestimmter Konzentration – ist es möglich, Schnee und Eis schneller aufzutauen als mit Trockensalz oder Feuchtsalz. Da das Salz bei dieser Methode schon gelöst ist, wird die Zeit des Lösens eingespart. Eine Salzeinsparung wird bei dieser Methode dadurch realisiert, da es im Gegensatz zur Streuung von Trockensalz keine Verwehungen gibt. Bei Soleanwendung auf Schneefahrbahnen wird der Schnee geschmolzen. Dies kann dazu führen, dass durch vermehrte Verwässerung der Sole der Wirkungsgrad nachlässt und sich eine noch dickere Eisschicht bildet. (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011)

**Tabelle 11: Allgemein verwendete Arten von Sole (AkzoNobel Industrial Chemicals B.V., 2011)**

Soleart	Konzentration [Gewichtsprozent]
Natriumchlorid (NaCl)	20 - 22
Calciumchlorid (CaCl <sub>2</sub> )	16
Magnesiumchlorid (MgCl <sub>2</sub> )	15

## 2.4 Mischungen von auftauenden und abstumpfenden Streumittel

In einem groß angelegten Versuch wurde die Wirkung von auftauenden und abstumpfenden Streumitteln erprobt. Durch die Mischung erhoffte man sich, den Taumittelanteil zu reduzieren. Betrachtet man die zur Wirksamkeit erforderlichen Mengen, wird jedoch schnell klar, dass dies ein Trugschluss ist. Wenn man davon ausgeht, dass eine Mischung nur mit mindestens 10% Taustoffanteil hergestellt werden kann, so würde man bei den für die abstumpfende Wirkung erforderlichen Mengen schon mindestens 15 g/m<sup>2</sup> auftauende Stoffe auf die Fahrbahn bringen. Bei höheren Salzanteilen in der Mischung wird dies noch ungünstiger. Umgekehrt würde man bei geringen Gesamtstreumengen keine abstumpfende Wirkung mehr erzielen. Durch die erforderlichen Nachstreuergebnisse ergäben sich zudem noch höhere Salzmengen. Mischungen bringen also gegenüber der reinen Salzstreuung oder der reinen Streuung mit abstumpfenden Streumittel keine Verbesserung, im Gegenteil kombinieren sie nur die Nachteile beider Stoffe. Entweder wird die gleiche oder sogar noch eine höhere Menge Salz ausgebracht als bei der reinen Salzstreuung oder die abstumpfende Wirkung ist nicht gegeben und damit dieser Anteil der Streuung sinnlos. (Durth, et al., 2004)

Mischungen aus beiden Streumittelarten sind daher grundsätzlich nicht zu empfehlen. Es wird eine Umweltfreundlichkeit vorgetäuscht, die kritisch hinterfragt werden muss. (Durth, et al., 2004)

Aufgrund der unmittelbaren Wirkung der abstumpfenden Streumittel und der gleichzeitigen auftauenden Wirkung ist diese Kombination bei Gefahr in Verzug durch Eisregen die beste Alternative. (Popper, 1998)

## 2.5 Streuzeitpunkte

Der Zeitpunkt der Streuung von auftauenden Streumitteln ist, neben der richtigen Streumenge, der wichtigste Aspekt beim operativen Winterdienst. In diesem Kapitel werden die Begriffe kuratives Streuen und Präventives Streuen erklärt. Weiters wird ein Streuzyklus beschrieben, wie er im optimalen Fall durchzuführen ist.

### Kuratives Streuen

Zu Beginn des Einsatzes von auftauenden Streumitteln wurde ausschließlich kurativ gestreut. Das heißt, dass eine bereits entstandene Straßenglätte durch das Verteilen von Salz wieder zum Schmelzen gebracht wird. Damals erfolgte diese noch mit Trockensalz, man sprach deshalb von der „Trockenstreuung“. In den letzten Jahren hat sich allerdings die Ausbringung von angefeuchteten Streumitteln durchgesetzt, da so eine Verwehung des Streuguts zum Straßenrand hin vermieden werden kann.

### Präventives Streuen

Bei punktuell auftretenden Glätteerscheinungen ist es für die Verkehrsteilnehmer praktisch unmöglich, sich den Fahrbahnverhältnissen anzupassen. Dies gilt insbesondere an unübersichtlichen Streckenabschnitten. Die verlässlichste Methode Eisglätte zu verhindern ist, das vorbeugende Streuen von auftauenden Streumitteln. Dabei werden die bekannten gefährdeten Stellen bereits vor Temperaturabfall und der Bildung von Glätte gezielt gestreut. (Hanke, 2010)

Um die richtigen Zeitpunkte und Orte für eine adäquate vorbeugende Streuung zu finden sind detaillierte Wetterprognosen, moderne Glättemeldeanlagen sowie eine gute Kenntnis der Netzstruktur notwendig. Wird diese Art der Streuung konsequent und auf Basis verlässlicher Daten durchgeführt, liefert sie einen großen Beitrag zur Verkehrssicherheit. (Hanke, 2010)

Ein wichtiger Aspekt bei der vorbeugenden Streuung ist der geringe Salzbedarf. Es wird zur Vermeidung von Glättebildung zwischen 30 und 70% weniger Salz benötigt, als für das Auftauen schon vorhandener Eisschichten. Der Grund liegt in dem Umstand, dass das Auftauen des Eises durch den Salzeinfluss Zeit benötigt. Diese Zeit ist bei kurativen Streuen nicht vorhanden, da aus sicherheitstechnischen Gründen und aufgrund des Verkehrsflusses die Dauer des vereisten Zustandes der Fahrbahn minimiert werden muss. Eine Beschleunigung der Enteisung wird mit übermäßigem Streuen von Salzen erreicht. Es wird mehr Salz auf der Fahrbahn verteilt, als zum Auftauen notwendig wäre, wenn die Zeitkoordinate beliebig vergrößert würde. Mit der übermäßigen Streumittelausbringung geht ein übermäßiges Wegschleudern desselben durch die Verkehrsteilnehmer einher. (Hanke, 2010)

Es ist bei entsprechenden Wettervorhersagen nicht nur empfohlen eine vorbeugende Streuung einzuleiten, sondern aufgrund von sicherheitstechnischen, ökonomischen und ökologischen Gründen dringend geboten. (Hanke, 2010)

Weitere Gründe für eine vorbeugende Streuung sind die erhöhte Sicherheit des eigenen Personals, wenn es auf nicht vereisten Straßen unterwegs ist. Bei glatter Fahrbahn müssen Streufahrzeuge nicht nur deutlich langsamer fahren als bei der vorbeugenden Streuung, es ist sogar anzunehmen, dass diese im glättebedingten Stau zum Stehen kommen. Dies bedeutet erhöhte Kosten im Betrieb. (Hanke, 2010)

Die übliche Dosierung der Streumenge bei präventivem Streuen variiert bei den verschiedenen Regelwerken zwischen 5 und 40 g/m<sup>2</sup> (siehe Tabelle 8, Tabelle 9 und Anhang B).

Nach RVS 12.04.12 sind bei nasser Fahrbahn zwischen 5 und 15 g/m<sup>2</sup> vorgesehen. (FSV, 2010)

### **Beispiel Streuzyklus**

Nach einer präventiven Streuung bildet der Niederschlag mit der vorhandenen Salzsicht eine Sole, die als Trennfilm zwischen dem darüberliegenden Schnee und der Fahrbahn wirkt. Diese Trennschicht erleichtert das anschließende Räumen.

Bei länger anhaltendem Regen oder Schneefall muss nachgestreut werden, da die Sole immer weiter verdünnt wird und sich somit ihre Taukraft verringert. Für diese Nachstreuung sind Streumengen von 10 bis 15 g/m<sup>2</sup> ausreichend. Das Räumen und Nachstreuen muss in ausreichend kurzen Intervallen bis zum Niederschlagsende wiederholt werden. Die Streumenge bei der letzten Einsatzfahrt ist stark abhängig von den Temperaturverhältnissen, sollte jedoch nicht mehr als 20 g/m<sup>2</sup> betragen. Bei Temperaturen knapp unter 0 °C bzw. aufklarendem Himmel und Sonnenschein kann die Streumenge jedoch auch auf 5 g/m<sup>2</sup> gesenkt werden bzw. die Streuung ganz entfallen.

Bei zu langen Räumintervallen kann sich eine durch den Verkehr festgefahrene Schneedecke bilden. Das Räumbild wird dadurch erheblich verschlechtert. Die „festgebackene“ Schnee- und Eisschicht lässt sich nur vergleichsweise langsam tauen und die Bildung eines neuerlichen Trennfilms zwischen Fahrbahn und Schnee kann nur mehr erschwert gelingen.

Es entsteht hingegen ein Flüssigkeitsfilm auf der Schneedecke, der bei weiterem Schneefall eine Trennschicht zwischen den Niederschlagsschichten bildet. Beim Tauvorgang bildet sich eine Eisschicht, auf der die Verkehrsteilnehmer bis zum vollständigen Auftauen/Räumen unterwegs sind. Gelingt es, durch präventives Streuen ein Gefrieren der Trennschichten zu verhindern, wird bei gleichen Streumengen ein wesentlich besserer Fahrbahnzustand erreicht. (Neuhold, et al., 2011)

### **Allgemein**

Bei anhaltenden starken Schneefällen und sehr niedrigen Temperaturen ist eine durchgehend schnee- und eisfreie Fahrbahn nicht realisierbar. Die Fahrbahn ist in diesem Fall unabhängig von den Streumittelmengen schneebedeckt und kann nur mit geringen Geschwindigkeit befahren werden. Da aber durch den Einsatz hoher Streumengen die Kosten steigen, ist von hohen Streumengen bei starken Schneefällen abzuraten. Zweckdienlicher ist ein sauberes Räumbild und die Erhaltung des Trennfilms durch Streumengen von rund 10 g/m<sup>2</sup> bis zum Ende der Schneefälle. Nach dem Ende der Schneefälle kann durch eine entsprechende Räumung und Streuung von bis zu 40 g/m<sup>2</sup> der verbleibende Schnee auf der Fahrbahn beseitigt werden. (Neuhold, et al., 2011)

## **2.6 Wetterinformation**

Für einen effizienten Winterdienst müssen jederzeit aktuelle Wetterdaten zur Verfügung stehen. Neben der eigenen Beobachtung stehen auch zusätzliche Informationsquellen wie Rundfunk, Nachbarameistereien, Polizeidienststellen und ev. Flughäfen zur Verfügung, die einen Winterdienstbetreiber mit Informationen bezüglich des Wetters versorgen können. Auch Wetterstationen und Glättemeldeanlagen können bei besonders kritischen Punkten frühzeitige Warnungen bei zu erwartender

Glätte ausgeben und so entscheidend zum Winterdienst beitragen. (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (DE), 2004)

Eine Eigenheit des Winterdienstes ist es, dass die Daten relativ kleinräumig im Vergleich zu anderen Anwendungen der Wetterdienste zur Verfügung stehen müssen. Zwar kann die Witterung über mehrere Tage im Voraus angegeben werden, aber wann es in welchem Straßenabschnitt tatsächlich schneit, klärt sich erst wenige Stunden vorher mit einer ausreichenden Sicherheit. Die zunehmende Verkehrsdichte und die erhöhten Anforderungen an die Winterdienstbetreiber zur Durchführung eines wirksamen und kostengünstigen Winterdienstes haben zur Entwicklung des Straßenzustands- und Wetterinformationssystems SWIS geführt. (Durth, et al., 2004)

#### SWIS (Straßenzustands- und Wetterinformationssystems)

Vor bereits mehr als 20 Jahren begann Deutschland mit der Etablierung des SWIS. Heute ist SWIS eine feste Größe im Winterdienst. Über das Internet ist jederzeit der Zugriff auf das System und somit auf das Wettergeschehen möglich. Die Entwicklung des Systems ist im Wesentlichen in vier Richtungen gelaufen:

- Anschluss zwischen aktueller Beobachtung und Vorhersage durch moderne Nowcastingverfahren;
- Ensembletechnik zur Abschätzung der Vorhersageunsicherheiten und Ausdehnung der Vorhersagezeit für Planungszwecke über eine Woche hinaus;
- Generelle Verbesserung der Vorhersagen;
- Verbesserung der Informationspräsentation (Endrulat, et al., 2012).

Es muss jedoch immer beachtet werden, dass es trotz der Akzeptanz und der Wichtigkeit der Aussagen keine perfekte Vorhersage geben kann. Sie werden jedoch durch Weiterentwicklung immer präziser. (Endrulat, et al., 2012)

In Deutschland ist das System bereits etabliert. Neben 1100 Glättemeldeanlagen werden aktuelle Beobachtungen von Wetter- und Straßenparametern, Niederschlags- und Wolkenverteilung miteinander bezogen. Daraus entstehen Textvorhersagen für die Wetterentwicklung mit speziellen Aussagen zu Wetterauswirkungen auf die Straße, in der Regel ergänzt mit mittelfristigen Trendaussagen, abgeleitet aus modernen Ensembleprognosen. Weiters werden Tabellenvorhersagen für die Regionen mit konkreten zeitlichen Verteilungen der unterschiedlichen Wetterparameter (Oberflächentemperatur der Straße, Straßenzustand, ...) erarbeitet. Punktvorhersagen mit konkreten zeitlichen Verteilungen der unterschiedlichen Wetterparameter werden wegen der Datenmenge im Regelfall in Präsentationssysteme oder andere Anwendungen integriert. Wichtige Aspekte sind außerdem die Warnhinweise vor dem Beginn winterlicher Ereignisse, Konsultationsmöglichkeiten mit einem Winterdienstexperten und Schulungen sowohl über winterliche Wettererscheinungen als auch über Inhalte und Anwendungen von Präsentationssystemen. Mit dieser Vielzahl an unterschiedlichen, sich ergänzenden Informationen ist es möglich, sich relativ frühzeitig auf sich ändernde Witterungsbedingungen einzustellen und Einsätze im Betriebsdienst zu steuern, um so gefährliche Situationen zu vermeiden. (Endrulat, et al., 2012)

Ein relativ junges Produkt des SWIS ist die stündlich neu berechnete Straßenwettervorhersage für genau definierte Punkte, meist Standorte für Glättewarnanlagen. Es ist möglich, gemessene Wetterverläufe in die unmittelbar angrenzende Zukunft fortzuschreiben. Im Gegensatz zu einer reinen Ext-

rapolation steckt bei diesem Verfahren auch echtes Vorhersagewissen in der Aussage. (Endrulat, et al., 2012)

#### ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik)

Die Meteorologen der ZAMG in Innsbruck, Graz, Klagenfurt, Salzburg und Wien sind mit den lokalen Wettererscheinungen vertraut. Sie liefern Wettervorhersagen mit sehr detaillierter räumlicher und zeitlicher Auflösung beziehen. Um das Einsatzgebiet rund um die Uhr überwachen zu können stellt die ZAMG auch Internetportale zur Verfügung. Mit den Straßenzügen der Zuständigkeiten als Hintergrund kann

- die Zugbahn der Niederschlagsfelder,
- die Verteilung der Niederschlagsarten (Regen, Schneeregen, Schnee),
- die Temperaturentwicklung und
- die Entwicklung von Windgeschwindigkeit und –richtung

verfolgt werden. Dies ist für die nächsten 8 bis 12 Stunden möglich. Daraus sind die folgenden, für den Winterdienstbetrieb wichtigen Daten abzulesen:

- Niederschlagsmenge und –art
- Beginn und Ende des Niederschlags
- Abschwächung / Verstärkung des Niederschlags
- Verlauf der Schneefallgrenze
- Temperaturentwicklung
- Wahrscheinlichkeit von Schneeverwehungen und Glatteis (ZAMG, 2012)

#### INCA (Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis)

INCA ist eine zeitlich und räumlich hochauflösende Analyse und Vorhersage für die nächsten Stunden unter besonderer Berücksichtigung regionaler und kleinräumiger topographischer Effekte. Das System befindet sich nach etwa zweijähriger Entwicklung im operationellen Einsatz. Es liefert auf einem 1-km Raster für ganz Österreich stündlich aktualisierte Prognosen von Temperatur, Luftfeuchte, Wind, und viertelstündlich aktualisierte Prognosen von Bewölkung und Niederschlag. Prognosen numerischer Wettervorhersagemodelle (ALADIN, ECMWF) werden durch Kombination mit aktuellen Messwerten (Stationsdaten, Radar, Satellit) verbessert und mit Hilfe hochauflösender Geländeinformation verfeinert. Neben dem Winterdienst findet INCA Anwendung z.B. in der Hochwasserwarnung und -prognose, sowie als Basis für Internetportale mit räumlich und zeitlich detaillierter meteorologischer Information. Die Entwicklung des Systems ist nicht abgeschlossen. Es werden kontinuierlich Verbesserungen und Erweiterungen durchgeführt. Das System wird in Kooperation mit den jeweiligen nationalen Wetterdiensten auch auf Gebiete außerhalb Österreichs angewandt (Bayern, Schweiz, Slowakei). (ZAMG, 2012)

Weitere, von den Gemeinden genutzte Wetterdienste sind in Kapitel 3.2 zu sehen.

## 2.7 Protokollierung des Winterdienstes

Die Aufzeichnung des geleisteten Winterdienstes ist aus den verschiedensten Gründen ein zentraler Punkt. Einerseits sind diese Aufzeichnungen die Basis für aussagekräftige Statistiken und Analysen, die es ermöglichen den Winterdienst in seiner Gesamtheit effizienter und damit auch kostengünstiger und umweltfreundlicher zu gestalten. Andererseits sind diese wichtig für die rechtliche Absicherung der Winterdienstverantwortlichen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Abrechnung mit Dritteleistern. Eine korrekte und faire Abrechnung zwischen Winterdienstbetreiber und Dritteleister ist Voraussetzung für langjährige Zusammenarbeit. Je automatisierter und transparenter die Protokollierung erfolgt, desto einfacher und gerechter erfolgt die Abrechnung für beide Vertragsteilnehmer. (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (DE), 2004)

Folgende Daten des Winterdiensteinsatzes müssen erfasst und dokumentiert werden:

- Festlegungen der Einsatzleitung (Einsatzauslösung, Einsatzzeiten)
- Wetter, Temperatur, Fahrbahnzustände, Daten der Glättemeldeanlagen
- Räum- und Streuroute bzw. Abweichungen
- Art des Einsatzes (Räumen und/oder Streuen) ggf. differenziert nach Streckenbereichen,
- Streumittelart, Gesamtstremengen, Nachladungen, Streudichten (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (DE), 2004)

Die oben beschriebenen Aufzeichnungen können nur mit geeigneter Ausstattung der Fahrzeuge in ausreichend transparenter Form realisiert werden (siehe Kapitel 2.1.4). Eine händische Zusammenfassung durch den Winterdienstausführenden (Betreiber oder Dritteleister) ist nur selten ausreichend genau, Transparenz ist nur bedingt gegeben. Als weiterer Vorteil ist die automatische Übertragung der Aufzeichnungsdaten an zentrale Datenerfassungsstellen zu sehen. Diese sichern Daten und verarbeiten diese auch weiter. Auf diese Art lassen sich automatisch Räum- und Streuberichte erstellen und zumindest teilautomatisiert aussagekräftige Statistiken und die Rechnungslegung realisieren. Dadurch wird der Organisationsaufwand und somit Kosten eingespart. (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (DE), 2004)

Bei der automatischen Datenerfassung während einer Einsatzfahrt sollten nur Daten gesammelt werden, die auch für die Auswertung benötigt werden. Das primäre Ziel ist das Ersetzen der handschriftlichen Aufzeichnungen durch eine automatisierte Berichtserstellung. (Durth, et al., 2004)

## 2.8 Winterdienst-Management-Systeme (WMS)

WMS gehören zum Stand der Technik. Je größer das zu bearbeitende Streckennetz eines Winterdienstanbieters ist, desto wichtiger ist eine systematische Vorgehensweise beim Winterdienst. Es stehen Software-Pakete von verschiedenen Anbietern auf dem Markt zur Verfügung. Eine Software, bei der alle Daten zusammenlaufen und auch automatisiert verarbeitet werden, ist ein zentraler Bestandteil eines erfolgreichen Winterdienstes für Gemeinden und Städte. Sie bieten die Möglichkeit, alle stationären und mobilen Systeme zu integrieren und zu vernetzen, um den Winterdienst (und auch Sommerdienst) effizient zu koordinieren und zu steuern. Zu Beginn wird stichwortartig eine Auflistung aller Komponenten eines umfassenden WMS gegeben (Holldorb, 2007), um einen Überblick zu erhalten, wie diese Systeme die Winterdienstbetreiber unterstützen.

- Straßenwetter-Informationssystem
  - Wetterprognosen
  - Niederschlagsradar
  - Stationäre und mobile Streckenmessstationen
  - Glättewarnsysteme
- Einsatzauslösung
  - Organisation eingehender Informationen
  - Automatisierte Mobilisierung und Informationsübermittlung an das operative Personal
  - Aufzeichnung der Ereignisse
- Dokumentation und Analyse
  - Situationsanalyse
  - Statistiken zum Winterdienst
  - Berechnung Winterindex
  - Qualitätsüberwachung
  - Rechnungsunterlagen
- Administrative Daten
  - Personal- und Kontaktdaten
  - Bereitschaftspläne
  - Einsatzpläne
  - Tourenpläne (Räumfahrten, Streufahrten)
  - Vertragsmanagement
- Intelligent Equipment
  - Datenaufzeichnung im Fahrzeug
  - Darstellung der aktuellen Zustände und Aktivitäten
  - Detaillierte Dokumentation
  - Navigation und GPS-unterstützte Einsätze
- Verknüpfung zum Verkehrs-Management
  - Information der Straßennutzer
  - Kontakt zu Verkehrsinformationszentralen
  - Variable Verkehrszeichen
  - Zugang zu Internet, Radio, TV

Es werden sämtliche Daten von Messstellen, Wetterstationen, Taumittelsprühanlagen und Fahrzeugen automatisch zusammengefasst und auf der Benutzeroberfläche, basierend auf einer geographischen Karte, übersichtlich dargestellt. So kann in Echtzeit der Status der Taumittelsprühanlagen, die Daten der Glättefrühwarnsysteme oder der Ort und die Tätigkeit der Einsatzfahrzeuge überwacht, geplant und ausgewertet werden. Statistiken, Bilanzen, Abrechnungen und Einsatzberichte können individuell gestaltet und zur Weiterverwendung exportiert werden. Es können durch intelligente Verknüpfungen von Wetterinformationen sowie punktuellen Straßenzustandsdaten von Glättemeldeanlagen, unter Berücksichtigung örtlicher Randbedingungen, neben punktuellen auch streckenbezogene Straßenzustandsprognosen erstellt werden. Auf diese Weise wird der Straßenzustand prognostiziert und überwacht. Es entsteht so eine Entscheidungshilfe bei der Koordinierung der Winterdienstesätze. Durch diese Werkzeuge, mit denen der Winterdienst effizient gesteuert werden kann, ist es möglich, den Bedarf an Personal und Fahrzeugen mittel- und langfristig optimal zu planen und somit nicht zuletzt Einsparungen zu realisieren. (Boschung, 2012)

Finanzielle Einsparungen durch Automatisierung in verschiedenen Bereichen, die Vereinfachung des Berichtswesens, Beweissicherheit vor Gericht und die vollständige Erfassung aller relevanten Daten sind die markantesten Vorteile einer zentralen Erfassungsstelle. Bei Klagen vor Gericht, kann der Winterdienstbetreiber mit einem detaillierten Räum- und Streubericht aufwarten. Es kann somit genau auf die Minute nachgewiesen werden, wann Fahrzeuge welche Menge an Salz in welcher Breite gestreut haben. Kostenplanung und -kontrolle sind weitere wichtige Aspekte eines zentralen WMS. Fragen wie z.B. Was wurde an Dritteleister bezahlt?, Welcher Aufwand fiel mit den eigenen Fahrzeugen an?, können mit geringem Aufwand beantwortet werden. Diese und weitere interessante Daten können nach Ende der Saison für die jährliche Statistik herangezogen werden. Zum Beispiel die Arbeitsstunden, die gefahrenen Kilometer, die ausgebrachten Salzmengen und andere interessante Indikatoren geben in einer solchen Statistik Aufschluss über die Effizienz des Winterdienstes. Dieser kann mit früheren Saisonen oder anderen Winterdienstbetreibern verglichen werden, sofern die Randbedingungen vergleichbar sind. Die Erfassungszeit für die herkömmlichen Streuberichte mit dem Ausfüllen und mit der Aufteilung auf Bund, Land oder Gemeinde beansprucht viele Arbeitsstunden. Durch den Einsatz eines Telematik-Systems entfällt dieser Aufwand zur Gänze. (mobiworx, 2006)

Diese Arbeit erhebt nicht den Anspruch eine vollständige Liste aller WMS zu enthalten. Im Folgenden sind einige bekannte Anbieter mit deren Produkten beschrieben.

#### BORRMA-web „MDSS inside“ (Boschung)

Die internetbasierte Software BORRMA-web „MDSS inside“ von Boschung sammelt Daten von Messstellen, Taumittelsprühanlagen und Fahrzeugen in einer zentralisierten Datenbank. Dort werden die Daten verarbeitet und können in einer gewünschten Form auf einer dynamischen Karte dargestellt werden. Die Webtechnologie ermöglicht von jedem Standort aus mit Internet-Zugang einen Zugriff auf BORRMA-web. Der Winterdienstbetreiber erspart sich somit den Aufbau eines eigenen Datenfunk-Netzwerks. Der Winterdienstverantwortliche hat somit jederzeit aktuelle und historische Daten, Prognosen sowie eine Gesamtübersicht sämtlicher Ressourcen in Echtzeit auf dem Bildschirm. (Boschung, 2012)

Die Alarme, die durch Glatteisfrühwarnsysteme ausgelöst wurden, werden zentral gesammelt und verteilt. Die vielfältigen Informationen über Straßenzustand, meteorologische Situation und Fahrzeuge sind eine wichtige Entscheidungshilfe und ermöglichen eine Optimierung der Einsätze. Durchgeführte Maßnahmen, wie Auslösen der Taumittelsprühanlagen oder Fahrzeugeinsätze, werden angezeigt und ermöglichen so eine einfache und übergreifende Kontrolle. Mit den gesammelten Daten können diverse Statistiken über Fahrzeuge, Geräte und Salzverbrauch erstellt und in verschiedene Dateiformate zur Weiterverwendung exportiert werden. (Boschung, 2012)



Abbildung 9: UI der Software BORRMA-web

### Forecasting-Software (Boschung)

Die Software ermittelt von der punktuellen Prognose eine mittelfristige, streckenbezogene Prognose. Diese hat einen Zeithorizont von bis zu 72 Stunden. Das Streckennetz wird nach meteorologischen Gegebenheiten in Teilbereiche untergliedert, sodass innerhalb dieser klimatisch ähnliche Bedingungen vorzufinden sind. Diese Streckenabschnitte werden im BORRMA-web „MDSS inside“ als Straßenwetterabschnitte (SWA) bezeichnet. In das Forecast-Modul gehen die Ergebnisse des Nowcast-Moduls, langfristige Wetterprognosen und weitere Randbedingungen ein. Es werden Zeitintervalle über innovative Entscheidungsverfahren für jeden Abschnitt ermittelt. Daraus ermittelt das System Gefahrenstufen, die anschließend zeitabhängig für jeden SWA auf der Karte farblich dargestellt werden. Damit können Winterdienstseinsätze effizient gesteuert und der Bedarf an Personal und Fahrzeugen über einen längeren Zeitraum optimal geplant werden. (Boschung, 2012)

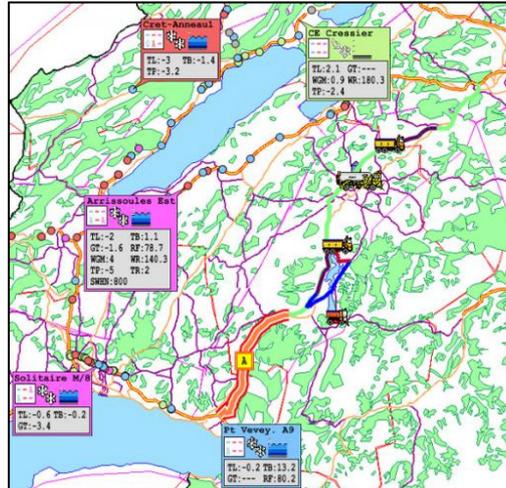


Abbildung 10: Ausschnitt der Karte der Forecasting-Software (Boschung, 2012)

### Winterlogic (aebi Schmidt)

Winterlogic bietet einen Überblick über den Winterdienst. Das Streuerbedienpult dient dabei als Speicher für die Übertragung der Streudaten zum Winterlogic-Programm. Es ist möglich, mit Hilfe der Auswahl- und Analysemöglichkeiten, klare und detaillierte Übersichten zu erstellen. Auf dieser Basis können fundierte Entscheidungen getroffen werden. (aebi Schmidt, 2012)

Die eingebaute „google-maps“-Funktion ermöglicht es, genau nachzuvollziehen was auf der Streuroute geschehen ist. Auf diese Weise, werden alle Aktivitäten sichtbar, wie z.B. welche Streueinstellungen aktiv waren, wo gefahren wurde ohne zu streuen usw. Dank des präzisen GPS-Signals werden diese Informationen in „google-maps“ angezeigt. (aebi Schmidt, 2012)

Neben der detaillierten Analyse können auch aussagekräftige Berichte, Statistiken und Wirtschaftlichkeitsnachweise zur optimalen Geräteauslastung und Planungshilfen erstellt werden. Die genaue Messung der ausgebrachten Streumittel ermöglicht eine genaue Bestandshaltung und Umweltnachweise. Außerdem können Einsatzprotokolle als Beweismittel für Haftungsfälle abgeleitet werden. Nicht zuletzt ist mit diesem System eine Grundlage für Abrechnung von Eigen- und Fremdleistungen gegeben. (aebi Schmidt, 2012)

### MOBIDAT (Mobiworx Telematic GmbH)

Zwei Komponenten bilden das Herzstück von MOBIDAT:

- die Bedieneinheit „BDE“ und die
- Schnittstelleneinheit „SSE“.

Alle Sensoren, die am Fahrzeug installiert sind, werden in der »SSE« zusammengeführt. Durch diese Sensoren in Kombination mit der Software können wichtige Daten wie die Arbeitsstunden, die gefahrenen Kilometer, die ausgebrachten Salzmengen usw. eruiert werden. Außerdem ist es möglich, per GPS-Empfänger auch Standortkoordinaten zu empfangen. (mobiworx, 2006)

Die SSE sammelt die Daten und sendet sie an die Zentrale. Sind alle Daten vorhanden, verbindet sich ein GSM-Modul in der SSE auf Knopfdruck entweder über ein GSM-Modem oder über GPRS mit dem

Internet und verschickt die Daten in einer Archivdatei per E-Mail an den Server. Dabei sendet die SSE nicht nur Daten, sondern empfängt sie auch – z.B. eine E-Mail an den Fahrer. (mobiworx, 2006)

Der Fahrer identifiziert sich bei Arbeitsbeginn mit seiner PIN-Nummer, gibt den aktuellen Witterungszustand ein und fährt los. Pausen, Ladetätigkeiten oder sonstige Standzeiten, die genau definiert sind, werden per Knopfdruck eingegeben. Das System im Fahrzeug holt sich die Salzmengen vom Bedienpult des Streuautomaten ab, verarbeitet sie und nimmt automatisch die Einstellungen am Streuteller vor. Parallel dazu wird exakt auch die Menge je Straße oder die genaue Streubreite erfasst und gespeichert. Alle Daten sind nach Übermittlung am PC verfügbar. Es ist möglich, die Daten auch per Internet abzurufen und in einem hauseigenen Winterdienstprogramm zu verarbeiten.

Die Integration in bereits bestehende Geschäftsprozesse und die Skalierbarkeit bei zusätzlichen Anforderungen sind zwei Merkmale dieses Systems. Der Datenaustausch wird nicht über ein eigenes Netzwerk, sondern über das Internet abgewickelt. (mobiworx, 2006)

### GPS (C&N)

Das „Gem-Track GPS“-System ist bereits seit 2003 erfolgreich im Einsatz. Es versteht sich als eine Anwendung für GPS-Aufzeichnungen, die ideal für größere und auch kleinere Gemeinden ist. Das System beschränkt sich dabei auf die wesentlichen Ausgabekomponenten eines Winterdienst-Einsatzes. Es zeichnet auf ob

- die Zündung aktiviert ist,
- der Schneepflug des Winterdienst-Fahrzeuges abgesenkt ist und
- das Streugerät für die abstumpfenden und auftauenden Streumittel aktiv geschaltet ist. (Oberegger, 2012)

In Kombination mit dem Datums- und Zeitstempel liefern diese Komponenten ein umfassendes Bild eines Winterdienst-Einsatzes, sodass die Gemeinde bei gerichtlichen Streitigkeiten glaubhaft abgesichert ist und auch eine lückenlose Dokumentation von Drittleistern eine adäquate Abrechnung mit den Gemeinden erlaubt. Es können jedoch auch andere Zustände im Fahrzeug mit aufgezeichnet werden. Da sich die aufgezeichneten Streckenzüge auch mit shape-Dateien des gesamten Straßennetzes leicht verschneiden lassen, ist es möglich, nur Räum- und Streuzeiten zu verrechnen, die auf den vom Winterdienstbetreiber verantwortlichen Strecken angefallen sind. (Oberegger, 2012)

Die aufgezeichneten Daten aller im Einsatz befindlichen Fahrzeuge werden zu einem zentralen Server der Firma C&N übermittelt. Sie können jederzeit über ein Web-Portal im Internet abgerufen werden. Somit liegt die gesamte Infrastruktur bei der Firma C&N und der Winterdienstbetreiber benötigt lediglich die Aufzeichnungsgeräte in den Fahrzeugen und einen Computer für den Internetzugriff. Die Daten können auf verschiedene Arten abgerufen werden. Einerseits werden die Fahrten mit allen erfassten Informationen einzeln angezeigt, andererseits ist es auch möglich die Daten gefiltert abzurufen, wenn z.B. nur jene Streckenzüge angezeigt werden sollen, auf denen gestreut wurde. Kumulierte Abfragen über mehrere Fahrzeuge sind ebenfalls möglich. Durch die Automatisierung entfällt das Führen eines handschriftlichen Fahrtenbuches zur Gänze. (Oberegger, 2012)

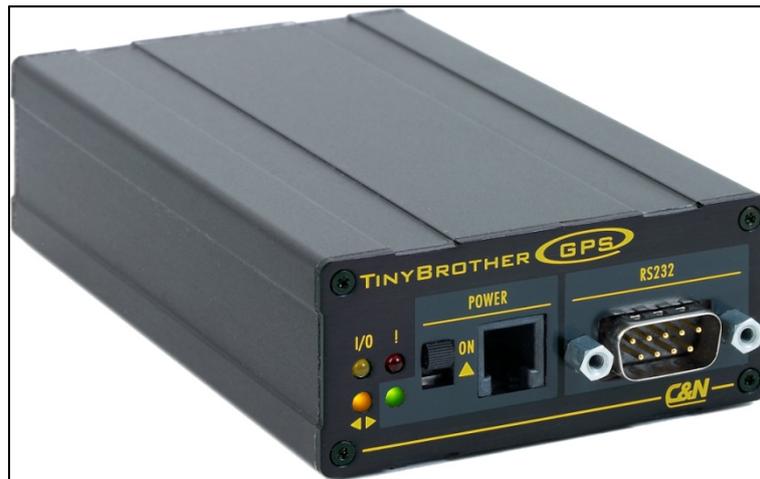


Abbildung 11: Steuergerät „Tiny Brother“ der Firma C&N

#### DNAS Auswertesoftware (info-tech solutions GmbH)

Die Software eignet sich sowohl für kleine Anwender als Einzelplatz-Version (DNAS 2000) als auch für größere Betriebe mit einer Client-Server-Version (DNAS 3). Eine hohe Performance bei großen Datenmengen und ein erweitertes statistisches Auswertetool erleichtern die Arbeit der Operatoren. Ein Merkmal dieses Systems ist, dass es geräteunabhängig arbeitet und somit in bestehende Systeme eingebunden werden kann. Neben Anwendungen bietet das System auch Ganzjahresauswertungen für etwa den Entsorgungs- bzw. Reinigungsdienst an. (info-tech solutions GmbH & Co. KG, 2012)

DNAS ist ein Softwarepaket für eine Tourenplanung und die Tourenvorgabe für die einzelnen Fahrzeuge mit Navigation. Es bietet außerdem Module zur Auswertung aller Fahrzeuge, Geräte und Materialien, des Personals, der benötigten Zeit, der Strecken und Touren und ermöglicht somit einen systematisch strukturierten Winterdienst. Durch Vergleich der protokollierten Daten und einer implementierten Kostenträgerauswertung wird eine Effizienzsteigerung des Winterdienstes ermöglicht. Das System ist mit verschiedenen Datenbanken kompatibel (Access, SQL, ORACLE) und kann somit leicht in bestehende Systeme eingebunden werden. Der Datentransfer erfolgt über Memory-Cards.

Die erforderlichen Eingaben werden durch die praxisbezogene Stammdatenvorgabe, automatische Personalidentifikation und automatische Gerätezuweisung erleichtert. (info-tech solutions GmbH & Co. KG, 2012)

Die Bordcomputer sind als zentrale Erfassungsstelle und Verbindungselektronik zwischen der Fahrzeugbordelektrik und der Elektrik der An- und Aufbaugeräte entwickelt. Unabhängig vom Hersteller, sind die Bordcomputer in der Lage, alle An- und Aufbauten zu erfassen und anzusteuern. Um diesem Anspruch zu genügen, ist sowohl die Hardware als auch die Firmware in aufwendigen Entwicklungsschritten als Spezialanwendung konzipiert worden und wird ständig den Umfeldbedingungen angepasst und erweitert. Der Einsatz in Spezialfahrzeugen weltweit, sowohl bei eisigen Temperaturen im Winter, als auch bei hochsommerlichen Temperaturen, wurde bereits getestet. (info-tech solutions GmbH & Co. KG, 2012)

Es wird auch Zubehör zu den Bordcomputern mit verschiedenen Sensoren angeboten, die das Messen und Anzeigen von Luft- und Bodentemperatur während der Fahrt ermöglichen. Die Anzeige der Messwerte ist über ein eigenes Gerätedisplay, sowie über die Auswertung eines Bordcomputers zeit-

und ortsbezogen möglich. Die automatische Erkennung von Personal und Gerätewechsel im Rahmen des Einsatzes sichert die korrekten Daten. Informationen des Fahrpersonals werden durch die Spracheingabe realisiert. Genaue Einsatzanweisungen im Fahrzeug werden als Sprachausgabe realisiert. Dadurch verliert der Fahrer den Blickkontakt zur Straße nicht. (info-tech solutions GmbH & Co. KG, 2012)

Für Tourenoptimierung und Flottenmanagement sind noch zahlreiche weitere Produkte verschiedener Unternehmen am Markt. Diese sollen in dieser Arbeit nicht näher behandelt werden, da sie zum Großteil aus der Abfallwirtschaft kommen und keine weiteren kombinierbaren Funktionalitäten für den Winterdienst aufweisen.



Abbildung 12: Hardware der Firma info-tech solutions GmbH (info-tech solutions GmbH & Co. KG, 2012)



### 3 Bestandsaufnahme Winterdienst Vorarlberg

Die Bestandsaufnahme des Winterdienstes in Vorarlberg erfolgte mittels Umfrage. Nach der Winterdienstsaison 2011/2012 erging ein Umfragebogen an alle 96 Gemeinden. Näheres zum Konzept der Umfrage, zur Auswertung und Schlussfolgerungen folgt in diesem Kapitel.

#### 3.1 Konzept der Umfrage „Winterdienst Vorarlberg“

Den Hauptteil dieses Kapitels bildet die Auswertung einer Umfrage, die an die Winterdienstverantwortlichen aller 96 Gemeinden in Vorarlberg erging.

Die Umfrage wurde als Online-Umfrage konzipiert, da mit dieser Methode vergleichsweise rasch eine systematisch aufgebaute Umfrage erstellt werden kann. Dies ist möglich, da vorgefertigte Layouts und Fragemöglichkeiten zur Verfügung stehen. Umfragen können auf diese Weise bausteinartig zusammengestellt werden. Eine Online-Umfrage bietet zusätzlich die Möglichkeit Einladungs-mails zu schreiben und je nach Antworten der Teilnehmer auch automatisch Erinnerungsmails auszusenden.

Für diese Umfrage wurde die Plattform „2ask“ gewählt, da bei dieser auch partiell ausgefüllte Fragebögen in die Auswertung mit einbezogen werden können. Ein weiterer Aspekt, der für diese Plattform sprach, ist die Möglichkeit bedingte Verläufe der Umfrage je nach Antworten zu implementieren. Dadurch wird es möglich, Folgefragen abhängig von Antworten der zuvor gestellten Fragen einzublenden oder nicht. Außerdem ist es den Befragten möglich das Fragebogenfenster (im Browser) zu schließen und an späteren Zeitpunkten die noch ausstehenden Antworten zu ergänzen. Diese Funktion ist bei dieser Umfrage äußerst wichtig, da auch Fahrzeug- und Gerätetypen-Bezeichnungen abgefragt werden und die meisten Befragten zur Besorgung dieser den Computer verlassen müssen.

Diese Fragen wurden an das Ende der Umfrage gestellt. Falls die Besorgung der Daten fehlschlägt oder der Befragte nach Schließen des Browsers das Interesse an der Umfrage verliert, können zumindest die vorher ausgefüllten Fragen ausgewertet werden.

Des Weiteren ist die Funktion der Erinnerungsmails komfortabel eingebettet. Ein Erinnerungsmail zu späterer Zeit kann den Befragten abermals zum Fortsetzen der Beantwortung motivieren. In diesem Fall ist ein Fortsetzen an der Stelle des letzten Abbruchs möglich.

Ein Fortschrittsbalken klärt die Befragten auf, an welcher Stelle sie sich bei der Beantwortung des Bogens befinden.

Der Befragungszeitraum erstreckte sich vom 04.03.2012 bis zum 07.04.2012.

#### Aufbau

Die Umfrage besteht aus 33 Fragen aufgeteilt auf 22 Seiten. Es werden verschiedene Themengebiete bezüglich des Winterdienstes erfragt. Diese sind nach der Reihenfolge im Umfragebogen aufgelistet:

- Allgemeine Daten zum Befragten (4 Fragen)
- Winterdienst-Management-System: Fragen zu einer zentralen Software (8 Fragen)
- Streuphilosophie: Fragen zu Art, Menge und Zustand der ausgebrachten Streumittel, zu Streuzeitpunkten und zu Entscheidungskriterien (8 Fragen)
- Organisationsstruktur der Winterdienstorganisationen (2 Fragen)
- Einfluss und Nutzung der Wetterdaten (3 Fragen)

- Statistische Aufzeichnungen: Fragen zu etwaigen Auswertungen (2 Fragen)
- Fahrzeuge und Aufbaugeräte (eigene und Dritteilester) (5 Fragen)
- Struktur des zu pflegenden Straßennetzes (1 Frage)

Bei der Auswahl der Fragen wurde ein Kompromiss zwischen einer detaillierten Bestandserhebung des Vorarlberger Winterdienstes und einer für die Befragten erträglichen Länge des Fragebogens gesucht.

Die Rücklaufquote der Antworten ist vergleichsweise hoch. Es haben von 96 befragten Gemeinden 25 den Fragebogen vollständig beantwortet. Das entspricht einer Rücklaufquote von 26%. Zehn weitere Fragebögen wurden als teilweise ausgefüllt in die Auswertung mit einbezogen. Aus dem Pretest lagen weitere 5 vollständig ausgefüllte Antwortbögen vor. Zwischen dem Pretest und der Umfrage liegt der Unterschied lediglich in der Reihenfolge der Fragestellung. Daher sind die Antworten des Pretests als vollwertige Antworten anzusehen. Es ergeben sich also 40 auswertbare Antwortbögen, 30 vollständig ausgefüllte (rund 31%) und 10 teilweise ausgefüllte (rund 10%). Nach Einladung aller 96 Gemeinden wurden in wöchentlichen Abständen 2 Erinnerungsmails ausgesendet. Der Autor erklärt sich die hohe Rücklaufquote einerseits aus dem Umstand, dass die Umfrage über die Bürgermeister an die Winterdienstverantwortlichen erging (die Bürgermeister sind weisungsbefugt) und andererseits, dass die Umfrage in der Arbeitszeit der Winterdienstverantwortlichen auszufüllen war. Die Erinnerungsmails haben nachweislich ebenso einen großen Einfluss auf die Rücklaufquote, da kurz nach jedem Erinnerungsmail jeweils mehrere Antworten von den Gemeinden einlangten.

In Tabelle 12 ist die Rücklaufquote einerseits für alle Gemeinden und für die jeweiligen Gemeindegruppen, wie sie in Tabelle 13 definiert sind, angegeben. Es fällt auf, dass die Rücklaufquoten in den Gruppen 1 und 2 nahezu ident sind. In Gruppe 3, also bei den kleineren Gemeinden, ist die Rücklaufquote geringer.

**Tabelle 12: Überblick über Rücklaufquote**

	Gesamt, n=96		Gruppe 1, n=20		Gruppe 2, n=43		Gruppe 3, n=33	
	vollst.	unvollst.	vollst.	unvollst.	vollst.	unvollst.	vollst.	unvollst.
absolut	30	10	7	3	15	7	8	0
relativ [%]	31,3	10,4	35,0	15,0	34,9	16,3	24,2	0,0

In der folgenden Abbildung ist der Rücklauf der Antwortbögen graphisch dargestellt. Die Abbildung enthält alle 96 Gemeinden. Jene die die Fragebögen vollständig ausgefüllt haben, sind grün dargestellt. Die Gemeinden, die die Umfrage nur teilweise beantwortet haben, sind gelb dargestellt. Alle anderen Gemeinden sind grau hinterlegt.

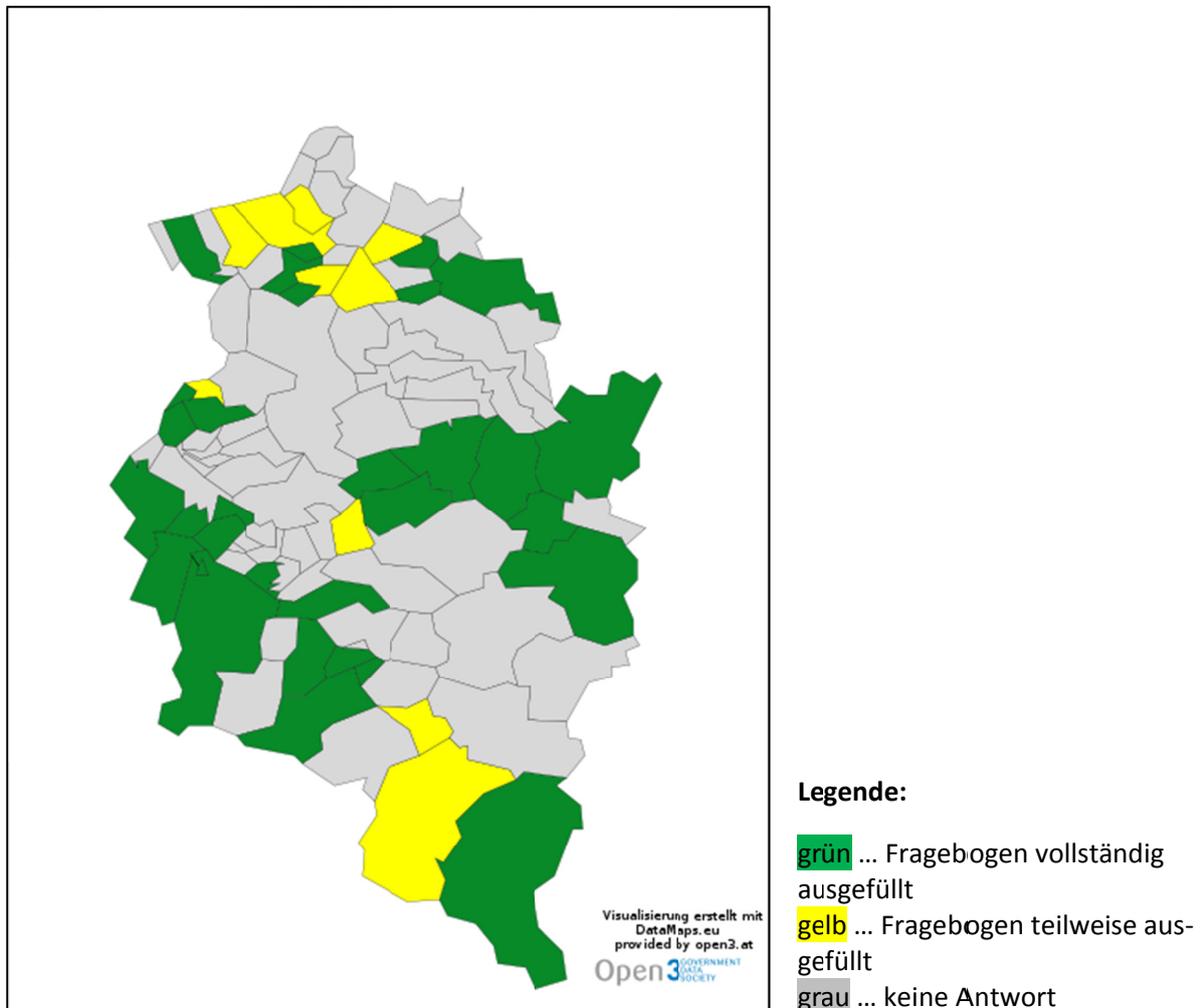


Abbildung 13: Geographische Lage der befragten Gemeinden

Geographisch gesehen ist der Rücklauf sehr ausgeglichen. Es sind Antworten aus den Grenzgebieten aller vier Verwaltungsbezirke und auch aus Gemeinden, die zentral in Vorarlberg gelegen sind, eingetroffen. Aus der Region Bodensee Alpenrhein sind südlich einige vollständige und nördlich überwiegend teilweise ausgefüllte Antworten eingegangen. Dazwischen gibt es zahlreiche Gemeinden die keine Antworten gesendet haben. Die antwortenden Gemeinden im Bregenzerwald, dem Kleinwalsertal und am Arlberg haben den Fragebogen überwiegend vollständig ausgefüllt. In der Alpenregion Bludenz haben die östlichen und westlichen Gemeinden den Fragebogen großteils vollständig ausgefüllt. Dazwischen gibt es Lücken. In Montafon gibt es Gemeinden mit vollständigen und unvollständigen Antworten.

### 3.2 Auswertung

Die Auswertung erfolgt angepasst an die Reihenfolge der Fragestellung in der Umfrage. Teilweise werden Fragen sinnvoll in Auswertungen kombiniert, indem geeignete Graphiken gewählt werden. Weiters werden die Antworten der Gemeinden unter dem Aspekt der Gemeindegrößen betrachtet. Als Indikator für die Gemeindegröße wird die Länge des Streckennetzes jeder Gemeinde herangezogen. Diese Größe hat neben anderen möglichen Indikatoren wie Fläche oder Einwohnerzahl die größte Relevanz.

Die Gemeinden werden für die Auswertung nach ihren Streckenlängen in drei Gruppen eingeteilt. Die Einteilung erfolgt wie in der folgenden Tabelle ersichtlich.

**Tabelle 13: Gruppeneinteilung der Vorarlberger Gemeinden**

Gruppe	Streckenlänge [km]
Gruppe 1, große Gemeinden	50-200
Gruppe 2, mittlere Gemeinden	20-49
Gruppe 3, kleine Gemeinden	4-19

Mit dieser Aufteilung entfallen zehn Gemeinden in die Gruppe 1, 22 Gemeinden in die Gruppe 2 und acht Gemeinden in die Gruppe 3.

In Abbildung 14 ist ein Überblick über die Streckennetzlängen der befragten Gemeinden gegeben. Die in den Gemeindegruppen gefärbten Balken zeigen die Streckenlängen der Gemeinden. Die grauen Balken beziehen sich auf das Verhältnis Einwohner (EW) zu Streckenkilometer (Berechnung:  $EW/km/10$ ).

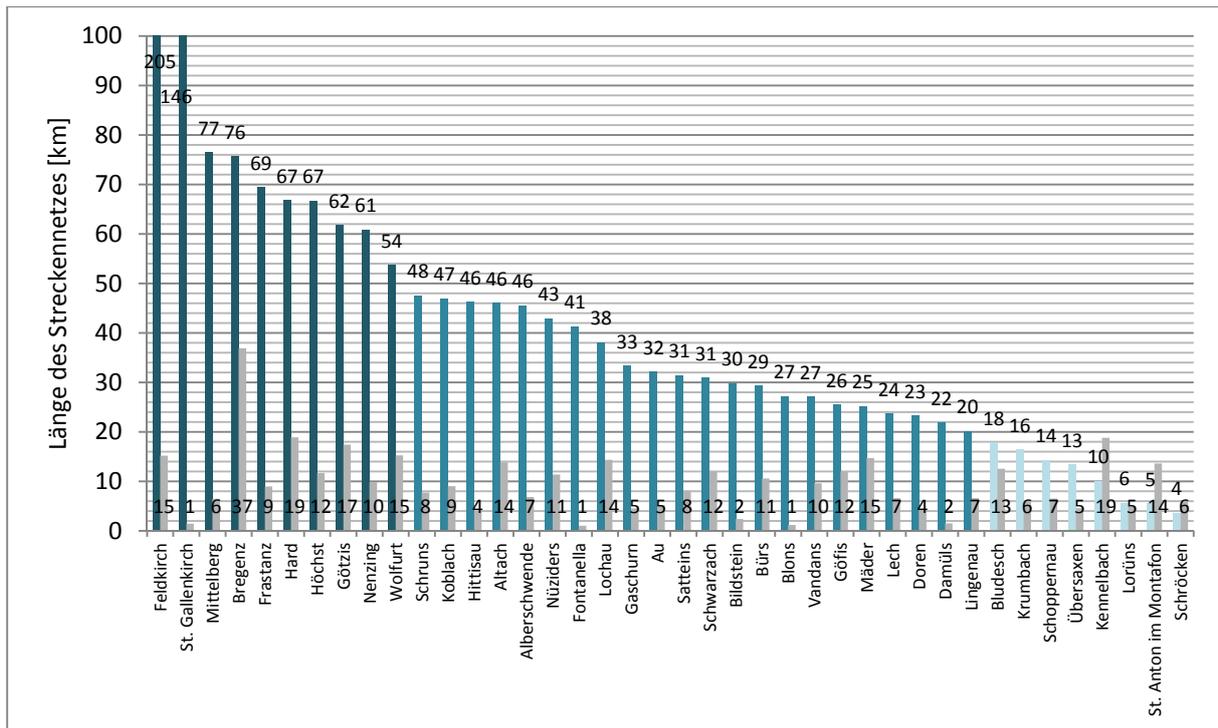


Abbildung 14: Längen der Streckennetze und Verhältnisse der Einwohner zur Streckenlänge der einzelnen Gemeinden

Die Daten für diese Streckenlängen stammen aus einem Export aus VoGIS (Vorarlberger Geographisches Informationssystem). Die Daten enthalten eine Liste der Ortsstraßen Vorarlbergs, die "amtlich" sind, d.h. eine Straßenkennzahl (SKZ) aufweisen, da sich eine Gebäudeadresse auf die Straße bezieht. In den Daten sind auch die höherrangigen Straßen inklusive Schnellstraßen und Autobahnen enthalten. In vielen Gemeinden Vorarlbergs gibt es Straßen mit SKZen, die Alpen oder Maiensäße (Sonderform der Alm) erschließen. Diese sind nur temporär bewohnt und werden naheliegender Weise nicht schneegeräumt, d.h., diese Längenangaben beziehen sich nicht auf die dem Winterdienst unterliegenden Strecken, sondern auf alle offiziellen Straßenzüge. Trotz dieses Umstandes sind die Längenangaben für die Einschätzung der Größe der Gemeinden heranzuziehen.

Zusätzlich zu den Streckenlängen ist in Abbildung 14 das Verhältnis von Einwohner zur Streckenlänge, in grauen Balken, angegeben. Die Einwohnerzahlen beziehen sich auf Angaben der Landesstelle für Statistik beim Amt der Vorarlberger Landesregierung mit Stand 30.09.2011. Es handelt sich hierbei jeweils ausschließlich um gemeldete Hauptwohnsitze. Dieses Verhältnis gibt die Einwohnerdichte bezogen auf die Streckenlängen an. Wenn man davon ausgeht, dass die Finanzierung der Gemeinden neben anderen Faktoren auch von der Einwohnerzahl abhängt, so ist es für die Gemeinden günstig, eine hohe Einwohnerdichte bezogen auf die Streckenlänge aufzuweisen. Die Kosten für den Winterdienst sind dann pro Einwohner verhältnismäßig gering. Wie in Abbildung 14 zu sehen, hat die Landeshauptstadt Bregenz den höchsten Wert (37). Bei den anderen Gemeinden liegt dieser Wert zwischen 1 und 19. In Tabelle 14 sind die wichtigsten statistischen Kenngrößen für die Verhältnisse in den Gemeinden, aufgeteilt in die Gruppen, gegeben.

Tabelle 14: Statistische Kenngrößen des Einwohner/Streckenlängen-Verhältnisses

	Gesamt, n=40	Gruppe 1, n=10	Gruppe 2, n=22	Gruppe 3, n=8
Min	1	1	1	5
Max	37	37	15	19
Median	9	13	7	6
Mittelwert	10	14	8	9

Im Folgenden werden die Fragen in der Reihenfolge der Umfrage beschrieben und die Antworten ausgewertet. Der Original-Fragebogen befindet sich im Anhang C: Fragebogen Winterdienst.

#### Durch wen erfolgte die Beantwortung der Fragebögen?

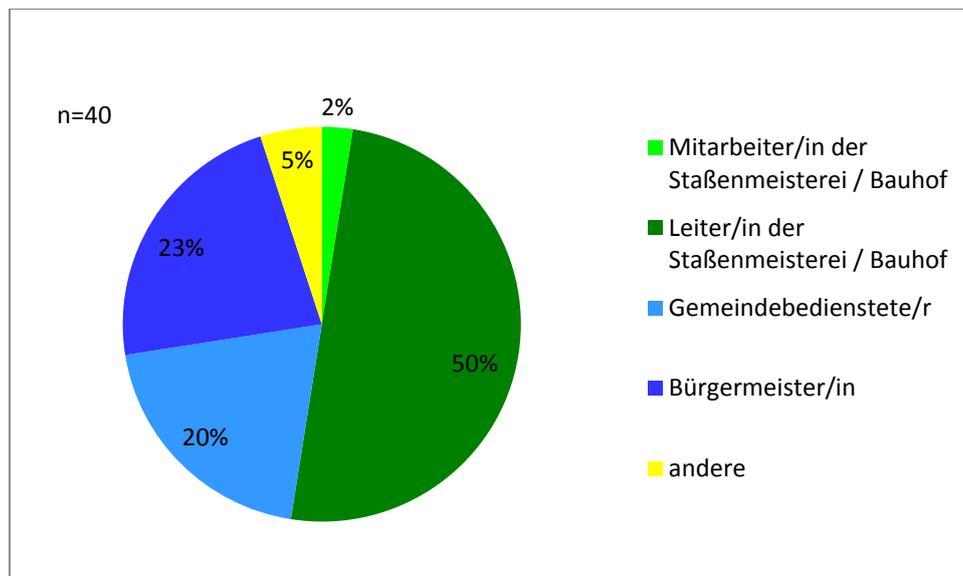


Abbildung 15: Position der Befragten innerhalb der Gemeinden

Die Gesamtanzahl der ausgewerteten Fragebögen beträgt 40. Davon werden fünf Antwortbögen aus dem Pretest und weitere 25 aus der Hauptumfrage herangezogen. Des Weiteren werden 10 unvollständig ausgefüllte Antwortbögen betrachtet, bei denen die Befragten eine variierende Anzahl von Antworten gegeben haben, bevor sie sich entschlossen, die Beantwortung abzubrechen. Daher unterscheiden sich auch die einzelnen Antwortmengen bei den verschiedenen Fragen in der Auswertung.

**Gibt es in der Gemeinde eine zentrale Software für die Winterdienstorganisation (Planung, automatische Protokollierung, ...)?**

Ein Winterdienst-Management-System erleichtert den Gemeinden die Organisation des Winterdienstes, indem das Programm je nach Automatisierungsgrad verschiedene Aufgaben übernimmt. Übliche Funktionen sind unter anderem:

- das automatische Sammeln von Räum- und Streuberichten durch Funktechnologien sowie das Archivieren dieser;
- Berechnung von optimierten Routen für einzelne Winterdienstfahrzeuge;
- Rohstoff- und Gerätemanagement

**Tabelle 15: Verwendung von Winterdienst-Management-Systemen in den Gemeinden**

<b>Winterdienst-Management-System (n=40)</b>		
Ja	3	7,5%
Nein	37	92,5%

Nur knapp 8% der Befragten verwenden eine Software zur Unterstützung der Planung und Durchführung des Winterdienstes. Dies sind drei Gemeinden. Dabei nutzt eine Gemeinde die Software des Herstellers und eine Gemeinde nutzt eine Software von einem anderen Anbieter. Diese Gemeinde gab den Namen und Hersteller der Software bekannt.

Daten zur verwendeten Software:

- Hersteller: C&N
- Produkt: Gem-Track GPS

Die dritte Gemeinde machte keine Angaben welche Software verwendet wird.

Es handelt sich um Gemeinden aus der Gruppe 2, also mittelgroße Gemeinden. Wider Erwarten betreiben die 14 größeren befragten Gemeinden kein Winterdienst-Management-System. Je größer die Gemeinde ist, in der ein WMS angewendet wird, desto mehr Variationsmöglichkeiten gibt es in puncto Mitarbeitereinsatz, Fahrzeug- und Gerätezuteilung, Routenwahl, etc. Größeren Gemeinden ist dringend zu empfehlen, die Vorteile eines WMS zu nutzen. Es können Räum- und Streuberichte gänzlich automatisiert erstellt werden. Je größer die Fahrzeugflotte ist, desto mehr Arbeitsstunden werden durch ein WMS eingespart. Die Qualität und Vollständigkeit der Berichte wird automatisch angehoben. Des Weiteren finden automatisiert erstellte Berichte größere Akzeptanz als Beweismittel für gerichtliche Streitigkeiten. (FGSV, 2010)

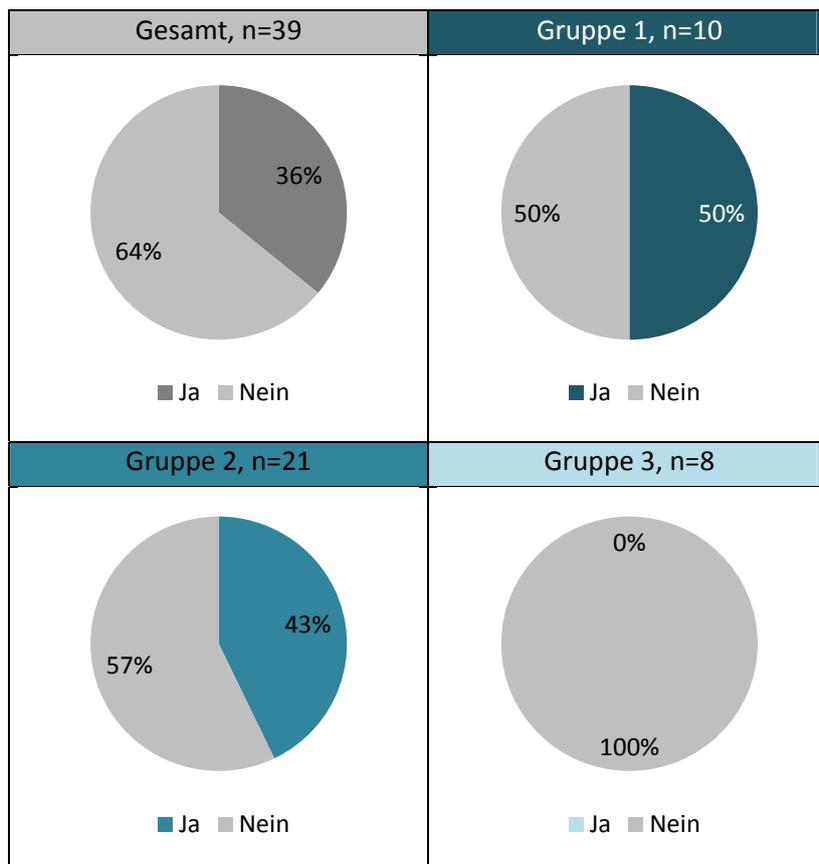
<b>Gibt es derzeit laufende Evaluierungen / Bewertungen der Ergebnisse des Winterdienstes?</b>
--

Rund 36% der befragten Gemeinden evaluieren ihre Tätigkeiten im Bereich Winterdienst. Die Verteilung der aufzeichnenden Gemeinden auf die drei Gruppen stellt sich in Abbildung 16 dar.

**Tabelle 16: Evaluierung des Winterdienstes in den Gemeinden**

	Gesamt, n=39	Gruppe 1, n=10	Gruppe 2, n=21	Gruppe 3, n=8
Ja	14	5	9	0
Nein	25	5	12	8

Wie auch zu erwarten ist, evaluieren die größeren Gemeinden verstärkt ihren Winterdienst, im Gegensatz zu den kleineren Gemeinden. In Gruppe 1 zeichnen fünf von zehn Gemeinden (50%) die Eckdaten ihres Winterdienstes auf. In Gruppe 2 ist es ein geringfügig niedrigerer Prozentsatz, neun aus 21 Gemeinden (43%). In der dritten Gruppe gibt es generell keine Evaluierungen.



**Abbildung 16: Verteilung der evaluierenden Gemeinden auf die drei Gruppen**

Eine verstärkte Aufzeichnung und Evaluierung des Winterdienstes in den Gemeinden ermöglicht direkte Vergleiche zwischen den Saisonen innerhalb einer Gemeinde. Mit einer Gewichtung der Ergebnisse nach Niederschlagsstunden oder Niederschlagsmengen ist eine Einschätzung in Bezug auf die Effizienz des betriebenen Winterdienstes möglich. (FGSV, 2010) Finden die Aufzeichnungen der Gemeinden auf einer gemeinsamen Basis statt, ist es denkbar, auch Gemeinden miteinander zu vergleichen. Dabei muss jedoch auf viele verschiedene Faktoren, wie Gemeindegröße, Höhenlage der Gemeinde, Netzstruktur, Einsatzmittel und andere, achtgegeben werden.

Die verwendeten Evaluierungsgrößen werden in der folgenden Frage behandelt.

### Welche Evaluierungsgrößen werden angewendet?

Diese Frage wurde von 13 Gemeinden beantwortet – bis auf eine Gemeinde all jene, die eine periodische Evaluierung ihres Winterdienstes durchführen. Der Salzverbrauch ist naturgemäß die am meisten beachtete Größe bei der Evaluierung. Über 84% der evaluierenden Gemeinden ziehen neben anderen auch diese Größe für die Evaluierung heran. Eine Gemeinde der Gruppe 2 verlässt sich ausschließlich auf die Auswertung des Salzverbrauches. Neben dem Salzverbrauch ist auch der Splittverbrauch vor allem für die Gemeinden aus Gruppe 1 wichtig. Knapp 54% der 13 Gemeinden, die diese Frage beantworteten, werten den Splittverbrauch aus. Etwas weniger interessiert sind die Gemeinden an den Unfallzahlen. Diese werden von rund 38% der Gemeinden ausgewertet. Der Soleverbrauch wird von einer Gemeinde evaluiert. Der Personalaufwand wird von zwei Gemeinden aus Gruppe 1, die Winterdiensttage, also Tage an denen ein Winterdienst durchgeführt wird und die Gesamtkosten werden jeweils von einer Gemeinde der Gruppe 1 ausgewertet.

Tabelle 17: Evaluierungsgrößen in den einzelnen Gemeinden

	Gesamt, n=13	Gruppe 1, n=5		Gruppe 2, n=8	
	abs. / rel.	Ja	Nein	Ja	Nein
Salzverbrauch	11 / 84,6%	5	0	6	2
Splittverbrauch	7 / 53,8%	4	1	3	5
Unfallzahlen	5 / 38,5%	2	3	3	5
Soleverbrauch	1 / 7,7%	1	4		
Personalaufwand	2 / 15,4%	2	3		
Winterdiensttage	1 / 7,7%	1	4		
Gesamtkosten	1 / 7,7%	1	4		

**Werden ausschließlich Splitt und Salz (NaCl) verwendet oder gibt es auch alternative, neue Technologien im Einsatz?**

Neben den üblichen Streumitteln Splitt, Natriumchlorid und Calciumchlorid gibt es zahlreiche mehr oder weniger experimentelle Alternativen, die sich bis dato nicht durchgesetzt haben. Sie weisen vereinzelt Vorteile, wie eine hohe Umweltverträglichkeit oder Feinstaubbindung und andere auf. Sie haben die üblichen Streumittel jedoch nicht im Kosten/Nutzen-Verhältnis übertroffen.

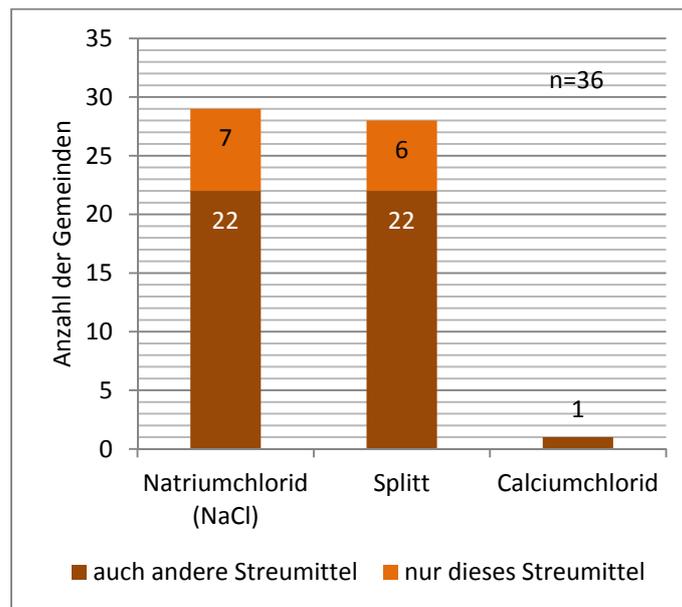


Abbildung 17: Verwendete Streumittelarten und -kombinationen in den Gemeinden

In den 36 für diese Frage erfolgreich befragten Gemeinden werden ausschließlich Natriumchlorid, Calciumchlorid und Splitt im Winterdienst ausgebracht. Eine Gemeinde bringt das NaCl in Form einer Sole aus. Lediglich eine Gemeinde zieht auch das Calciumchlorid als Taumittel heran, diese verzichtet im Gegenzug auf NaCl und Splitt. 29 der befragten Gemeinden (80%) verwenden NaCl als Taumittel, 7 (19%) verlassen sich ausschließlich darauf. 28 der Gemeinden (78%) verwenden Splitt im Winterdienst, 6 (17%) verwenden ausschließlich Splitt, also keine auftauenden Streumittel. Andere Streumittel, die ebenfalls abgefragt wurden (Magnesiumchlorid, Ureum, Ammoniumsulfat, Kaliumcarbonat, Natriumformiat, Kalium- und Natriumacetat, CMA, Ethylenglykol und Safecote), werden in keiner Gemeinde für den Winterdienst herangezogen.

Tabelle 18: NaCl, Splitt und CaCl<sub>2</sub> in deren Verwendungskombinationen in den drei Gemeindegruppen

	Gesamt, n=36			Gruppe 1, n=9			Gruppe 2, n=19			Gruppe 3, n=8		
NaCl	22	7	7	8	1	0	8	5	6	6	1	1
Splitt	22	6	8	8	0	1	8	5	6	6	1	1
CaCl <sub>2</sub>	1	0	35	0	0	9	0	1	18	0	0	8

Legende:	■ auch andere Streumittel
	■ nur dieses Streumittel
	■ nicht verwendet

Tabelle 18 und Abbildung 18 zeigen neben den Verwendungsgewohnheiten der gesamten erfolgreich befragten Gemeinden auch eine Differenzierung in die drei festgelegten Gemeindegruppen. Daraus geht hervor, dass in den großen Gemeinden (Gruppe 1) größtenteils (acht von neun Gemeinden) Wert auf eine Kombination aus NaCl und Splitt legen. Das entspricht 89% der Gemeinden aus Gruppe 1. Lediglich eine der großen Gemeinden verlässt sich nur auf NaCl.

Bei den mittleren Gemeinden (Gruppe 2) ist der Anteil der Gemeinden, die sich auf ein Streumittel verlassen, größer. Jeweils fünf Gemeinden (26% der Gruppe 2) streuen nur mit einem Streumittel, entweder NaCl oder Splitt. Eine weitere Gemeinde streut ausschließlich Calciumchlorid, ein Streumittel das eigentlich als Substitut für NaCl bei sehr niedrigen Temperaturen gilt. Aufgrund der erschwerten Handhabung durch verschiedene Eigenschaften des CaCl<sub>2</sub> (siehe Kapitel 2.3) sollte der Einsatz dieses Streumittels minimiert werden. Lediglich acht Gemeinden (42%) ziehen NaCl und Splitt zur Glättebekämpfung im Winterdienst heran.

Drei Viertel der kleineren Gemeinden (Gruppe 3) bedienen sich ebenfalls einer Kombination der beiden Streumittel. Jeweils eine Gemeinde streut nur NaCl bzw. Splitt.

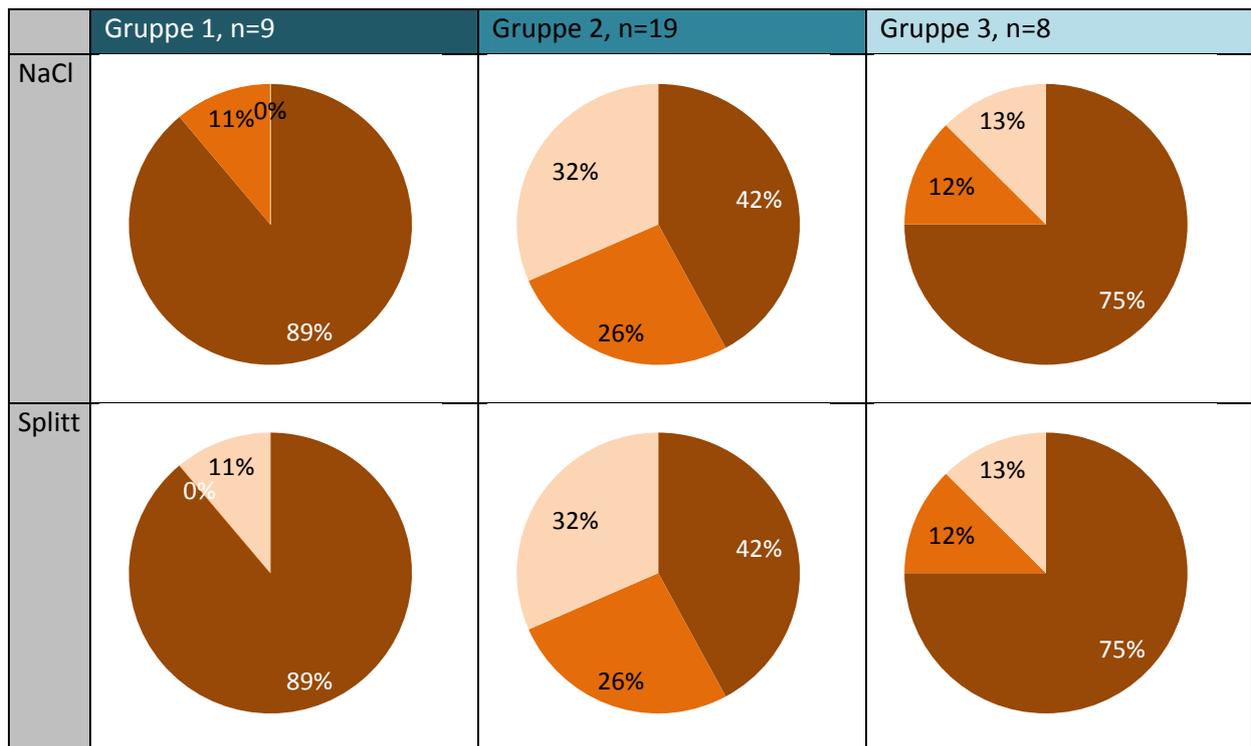
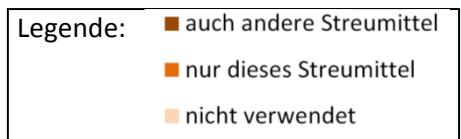


Abbildung 18: NaCl und Splitt in deren Verwendungskombinationen in den drei Gemeindegruppen



<b>Nach welchen Kriterien wird entschieden, was / wann gestreut wird?</b>
---

Die Kriterien nach denen der Zeitpunkt der Streuung und die Art des Streumittels ausgewählt werden entscheiden über den Erfolg oder Misserfolg eines Winterdienstes. Daher ist besonderer Wert auf die Auswahl und Reihenfolge dieser Kriterien zu achten. Die wesentlichen Kriterien, die es zu beachten gilt, sind in der Tabelle 19 zu sehen. Zudem wird in der Tabelle auch unterschieden, welche Gemeinden nur ein Kriterium verwenden und welche eine Kombination von Kriterien zur Abschätzung heranziehen. Eine Auswertung nach den definierten Gemeindegruppen ist im rechten Teil der Tabelle zu sehen.

**Tabelle 19: Streukriterien mit deren Kombination und Einzelanwendung und Gruppeneinteilung**

	Gesamt n=36	auch andere Kriterien	nur dieses Kriterium	Gruppe 1 n=9	Gruppe 2 n=19	Gruppe 3 n=8
Temperatur	25	16	9	5	14	6
Schneehöhe	16	11	3	5	8	3
Straßenkategorie	10	8	2	7	2	1
DTV	5	4	1	2	2	1
Straßensteigung	1	1	0	1	0	0
Vorgabe Politik	1	0	1	0	1	0
Erfahrung	1	0	1	0	0	1
zul. Geschwindigk.	0	0	0	0	0	0

Die Frage der Streukriterien wurde ebenfalls von 36 Gemeinden beantwortet. Aus Tabelle 19 und Abbildung 19 geht hervor, dass die Umgebungstemperatur für diese Stichprobe das wichtigste Streukriterium ist. Sie wird von 25 Gemeinden (69%) herangezogen, um zu entscheiden ob und was gestreut wird. 9 Gemeinden (25%) verlassen sich sogar ausschließlich auf diese Größe. Nach der Temperatur gilt in dieser Stichprobe die Schneehöhe als wichtigstes Kriterium. Sie wird jedoch von wesentlich weniger Gemeinden betrachtet (16 Gemeinden oder 44%). Nur drei Gemeinden verlassen sich ausschließlich auf die Schneehöhe. Die weniger beachteten Streukriterien sind die Straßenkategorie und die Anzahl der Fahrzeuge, die eine Strecke befahren (DTV). Zehn bzw. fünf Gemeinden ziehen diese Größen als Kriterien, ob oder was gestreut wird, heran. Das sind 28% bzw. 14% der Stichprobe. Die Straßensteigung, Vorgaben aus der Politik und Erfahrung sind weitere Kriterien, die jedoch für jeweils nur eine der Gemeinde gelten. Wider Erwarten ist die zulässige Geschwindigkeit für keine der Gemeinden, die auf die Frage geantwortet haben, ein Entscheidungskriterium.

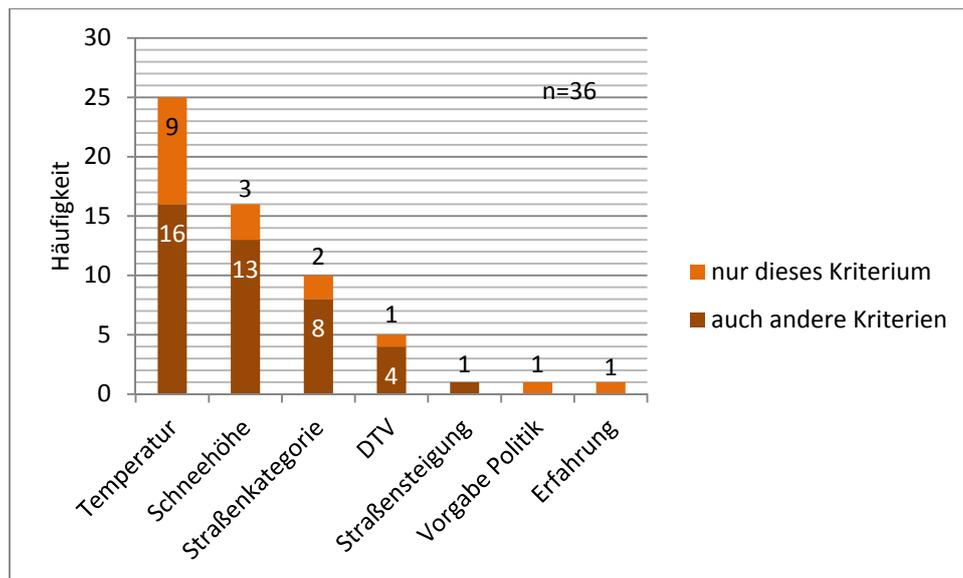


Abbildung 19: Häufigkeitsverteilung der Streukriterien nach Kombination und Einzelanwendung

In Abbildung 20 ist zu sehen, dass bei den größeren Gemeinden die Temperatur und die Schneehöhe gleich wichtig sind. Sie werden jeweils von fünf Gemeinden (56% der Gruppe 1) als Streukriterium herangezogen. Für die Gruppe 1 ist jedoch die Straßenkategorie die wichtigste Größe. Sieben Gemeinden (78%) entscheiden je nach Straßenkategorie ob und was gestreut werden soll. Der DTV und die Straßensteigung spielen keine große Rolle bei der Entscheidung.

Im Gegensatz zur Gruppe 1 ist bei den mittleren (Gruppe 2) und den kleineren Gemeinden (Gruppe 3) die Temperatur das wichtigste Streukriterium. Sie wird von 14 Gemeinden (74%) in Gruppe 2 und von sechs Gemeinden (67%) in Gruppe 3 als Kriterium verwendet. Die Schneehöhe wird mit acht Gemeinden (42%) in Gruppe 2 und drei Gemeinden (38%) in Gruppe 3 deutlich weniger strapaziert. Der DTV und die anderen angeführten Streukriterien spielen kaum eine Rolle.

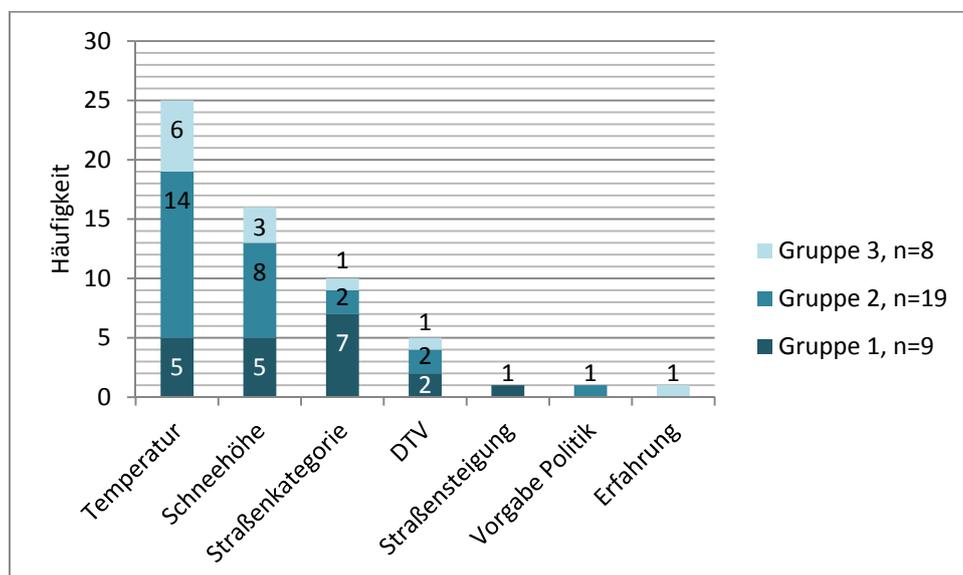


Abbildung 20: Häufigkeitsverteilung der Streukriterien nach Gruppeneinteilung

**Welche Philosophie wird bezüglich der Streumengen vertreten?**

**Wenn Sie genau nach bestimmten Richtlinien streuen, welche sind das?**

Die Streumengen gehören zu den großen Kostentreibern bei den Betriebskosten. Durch einen effizienten Einsatz, können wesentliche Einsparungen erzielt werden. Als positive Nebeneffekte sind die Schonung der näheren und weiteren Umwelt und die verringerte Salzarmut bei Engpässen zu nennen. (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1990)

Dies ist eine qualitative Frage. Es sind keine Grenzwerte vorgegeben worden. Die Gemeinden wählten die Antworten passend zu ihren Argumenten bzw. passend zu der Streuphilosophie in der jeweiligen Gemeinde.

**Tabelle 20: Streuphilosophie in den Gemeinden – qualitativ**

	Gesamt, n=36	Gruppe 1, n=9	Gruppe 2, n=19	Gruppe 3, n=8
eher weniger streuen	23	4	12	7
eher mehr streuen	8	3	4	1
genau nach Richtlinie	5	2	3	0

Die Streumengen in den Gemeinden sind, wie in Tabelle 20 und Abbildung 21 zu sehen ist, in den verschiedenen Gemeindegruppen sehr unterschiedlich. Insgesamt haben 36 Gemeinden diese Frage beantwortet, wobei der Großteil aus verschiedenen Gründen eher weniger Streumittel ausbringt (23 Gemeinden, 64%). Acht Gemeinden (22%) bringen eher mehr aus. Der kleinste Anteil ist jener mit den Gemeinden, die genau nach Richtlinie streuen (5 Gemeinden, 14%).

Es ist zu erkennen, dass der relative Anteil an dem nach einer bestimmten Richtlinie gestreut wird, in der Gruppe 1 am größten ist. Dieser Anteil wird geringer, je kleiner die Gemeinden sind. In Gruppe 3 gibt es keine Gemeinde die nach Richtlinie streut. Es ist außerdem festzustellen, dass in allen Gemeindegruppen der Anteil der „eher weniger streuenden“ Gemeinden am größten ist.

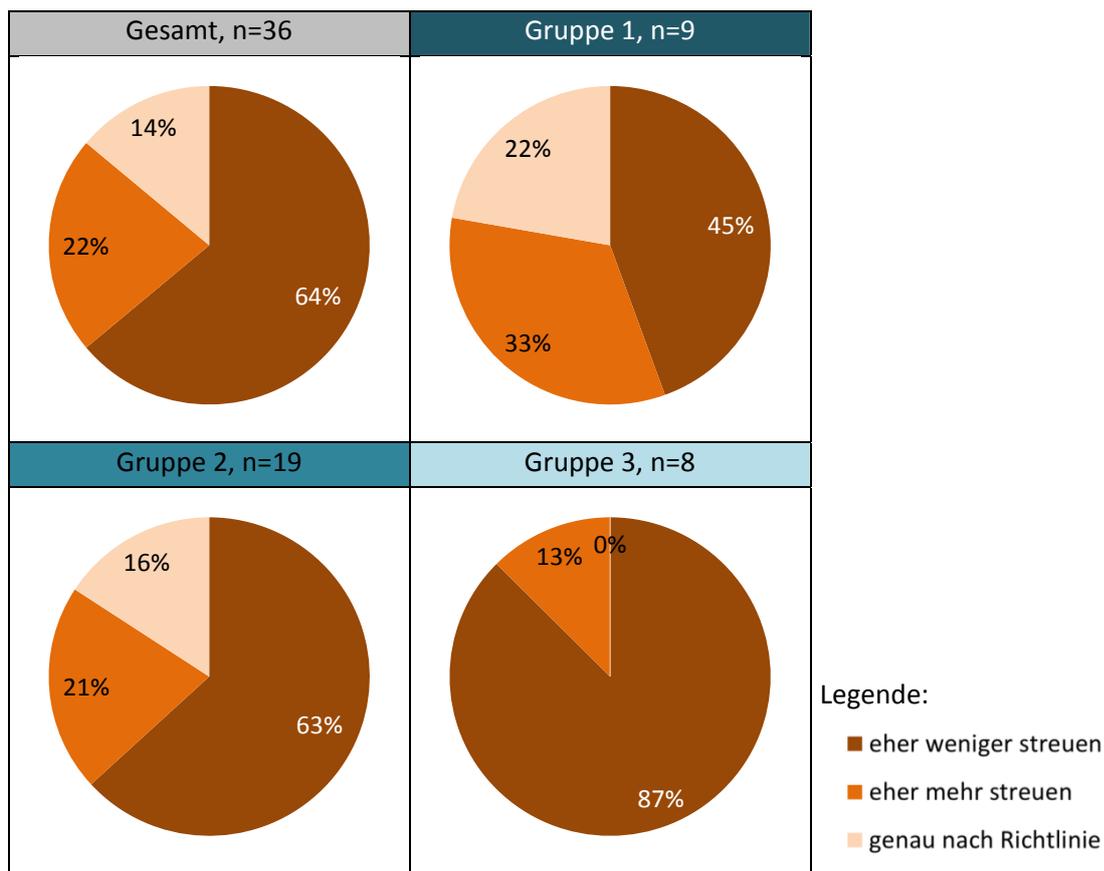


Abbildung 21: Streuphilosophie in den Gemeinden – qualitativ

Gesetzliche Verpflichtungen, nach welchen Richtlinien gestreut werden muss, gibt es in Österreich nicht. Die Winterdienstrichtlinie RVS 12.04.12 geht hingegen konkreter auf die praktische Umsetzung des Winterdienstes ein. Auch wenn für Gemeinden keine gesetzliche Verpflichtung besteht, diese Richtlinie anzuwenden, ist davon auszugehen, dass dieses Regelwerk in Haftungsfragen als Grundlage zur Überprüfung der Zumutbarkeit der gesetzten Maßnahmen der Gemeinden herangezogen wird. Es ist den Gemeinden nicht zu empfehlen, ihren Winterdienst ohne geeignete Richtlinien durchzuführen. Sofern eine Gemeinde keine eigenen geeigneten Richtlinien erstellt, ist es daher zweckmäßig, die von der FSV ausgearbeiteten Richtlinien per Gemeinderatsbeschluss freiwillig anzuwenden. (Hatbauer, 2012)

Gemeinden, die genau nach Richtlinien streuen gaben zwei verschiedene Richtlinien an, Einerseits die RVS 13.41 (aktuelle Version: 12.04.12 aus dem Jahr 2010) und andererseits „Interne Richtlinien“, die nicht weiter spezifiziert wurden.

### Warum verfolgt die Gemeinde diese Streuphilosophie?

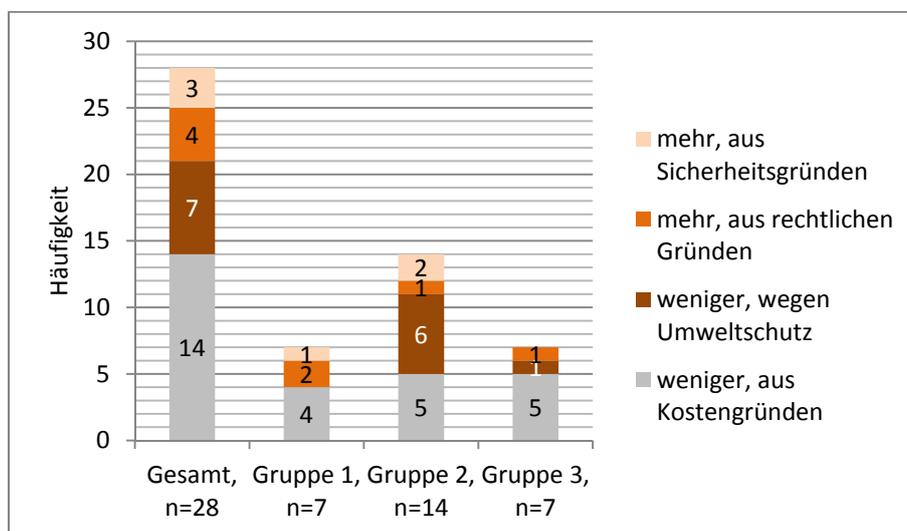
Als Gründe für die Streuphilosophien in den Gemeinden waren vier zur Auswahl vorgegeben. Jeweils zwei für eine Philosophie mit geringeren Streumengen und zwei für eine Philosophie mit größeren Streumengen. Die Möglichkeit eigene Motivationsgründe einzutragen wurde von den Befragten nicht genutzt. Die vorgeschlagenen Gründe lauten:

- Eher weniger streuen, aus Kostengründen.
- Eher weniger streuen, aufgrund des Umweltschutzes.
- Eher mehr streuen, zur eigenen rechtlichen Absicherung.
- Eher mehr streuen, für hohe Sicherheit der Verkehrsteilnehmer/innen.

**Tabelle 21: Gründe für die Streuphilosophien in den Gemeinden, gesamt und nach Gruppen**

	Gesamt, n=28	Gruppe 1, n=7	Gruppe 2, n=14	Gruppe 3, n=7
weniger, aus Kostengründen	14	4	5	5
weniger, wegen Umweltschutz	7	0	6	1
mehr, aus rechtlichen Gründen	4	2	1	1
mehr, aus Sicherheitsgründen	3	1	2	0

Grundsätzlich fällt auf, dass die meisten Gemeinden (14 Gemeinden, 50%) aus Kostengründen eher weniger Streumittel ausbringen. Weitere 7 Gemeinden (25%) streuen aus Umweltschutzgründen eher weniger. Insgesamt wird von 21 Gemeinden (75%) eine Streuphilosophie gepflegt, die ein sparsames Streuen impliziert. Weiters ist zu erkennen, dass der Umweltschutz in der Gruppe 1 keine Rolle spielt, dieser Gedanke wird eher von den mittleren und kleinen Gemeinden getragen. Ansonsten ist die relative Verteilung der vier vorgegebenen Motivationsgründe annähernd gleich unter den drei Gruppen verteilt.



**Abbildung 22: Gründe für die Streuphilosophien in den Gemeinden, gesamt und nach Gruppen**

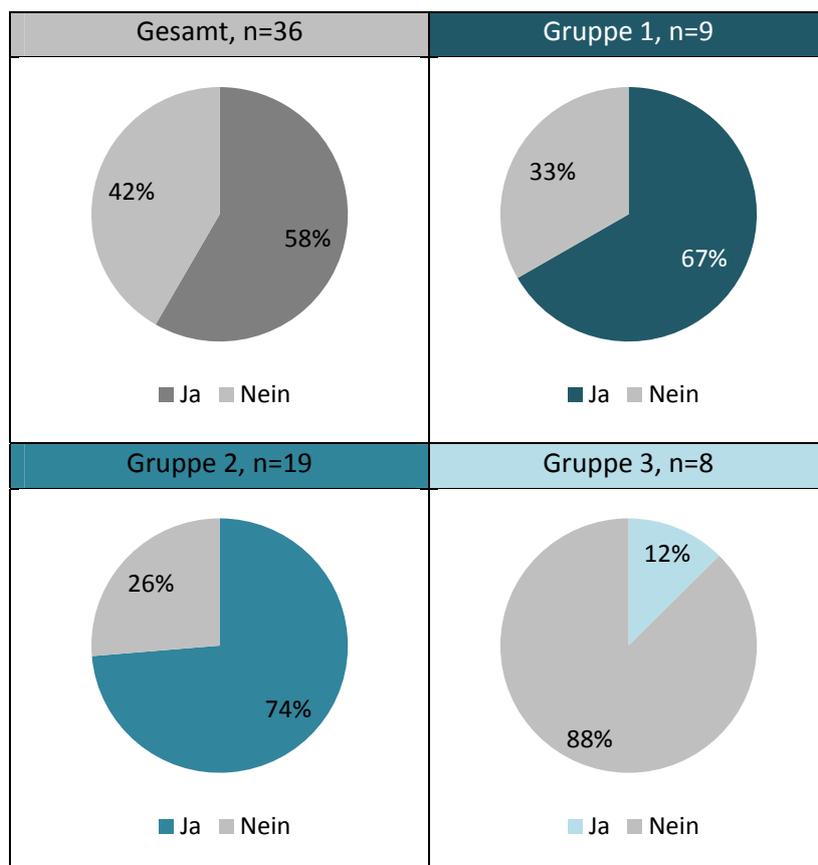
### Kommt in Ihrer Gemeinde die Präventivstreuung zur Anwendung?

Die Präventivstreuung zum richtigen Zeitpunkt und in der richtigen Konzentration ist ein sehr effektives Mittel zur Reduktion des Streumittelverbrauchs (siehe Kapitel 2.3). Grundsätzlich streuen unter den erfolgreich befragten Gemeinden 21 von 36 präventiv, das entspricht 58%.

**Tabelle 22: Präventivstreuung in den Gemeinden, gesamt und nach Gruppen**

	Gesamt, n=36	Gruppe 1, n=9	Gruppe 2, n=19	Gruppe 3, n=8
Ja	21	6	14	1
Nein	15	3	5	7

Die größeren Gemeinden streuen, wie in Abbildung 23 zu sehen ist, zu einem noch höheren Prozentsatz vor einem Niederschlagsereignis. Sechs von neun Gemeinden (67%) dieser Gruppe verfolgen diese sparsame Technik. Bei den mittleren Gemeinden, aus Gruppe 2, streuen sogar 74% präventiv. In Gruppe 3 haben nur 12% der Gemeinden das präventive Streuen für sich entdeckt.



**Abbildung 23: Präventivstreuung in den Gemeinden , gesamt und nach Gruppen**

Der Umstand, dass das präventive Streuen bei 42% der erfolgreich befragten Gemeinden in Vorarlberg nicht etabliert ist, birgt ein großes Optimierungspotential. Vor allem bei den großen Gemeinden, bei denen bisher 33% auf die Präventivstreuung verzichten, können große Einsparungen erzielt werden, wenn diese technologisch korrekt eingeführt würde. (siehe Kapitel 2.8)

**Welchen Feuchtegehalt weisen die Salze auf, wenn sie ausgebracht werden?**

Für diese Frage waren drei Antwortmöglichkeiten vorgegeben, nämlich Trockensalz, Feuchtsalz und Sole. Wie aus Tabelle 23 hervorgeht, wird in allen Gemeindegruppen vorwiegend Trockensalz ausgebracht. In der Gruppe 1 bringen 100% der erfolgreich befragten Gemeinden Trockensalz aus, in der Gruppe 2 sind dies 17 von 19 Gemeinden, also 90% und in der dritten Gruppe sechs aus acht Gemeinden (75%). Insgesamt verwenden nur fünf bzw. sechs Gemeinden Feuchtsalz bzw. Sole für die Glättebekämpfung. Das sind 14% bzw. 17%.

**Tabelle 23: Feuchtegehalt der auftauenden Streumittel in Kombinationen und Einzelanwendungen**

	Gesamt, n=36	Gruppe 1, n=9	Gruppe 2, n=19	Gruppe 3, n=8
	in Kombinationen, Mehrfachnennung möglich			
Trockensalz	32	9	17	6
Feuchtsalz	5	1	2	2
Sole	6	4	2	0
	Einzelanwendungen			
nur Trockensalz	27	5	16	6
nur Feuchtsalz	3	0	1	2
nur Sole	1	0	1	0

In Abbildung 24 sind die in den Gruppen angewandten Feuchtegrade von Salz zu sehen. Dabei wird für jeden Feuchtegrad die Anzahl der Gemeinden angegeben, in denen dieser verwendet wird. Da die Gemeinden teilweise mit mehreren Feuchtegraden arbeiten, enthalten die Säulen im linken Diagramm eine größere Häufigkeit, als Gemeinden in der jeweiligen Gruppe sind. Zudem sieht man die Häufigkeit der Gemeinden, die ausschließlich auf einen Feuchtegrad bei der Glättebekämpfung setzen. Die Abbildung zeigt, dass sich in Gruppe 1 fünf Gemeinden (56%) ausschließlich auf Trockensalz verlassen. Es gibt in dieser Gruppe keine Gemeinde, die nur auf Feuchtsalz oder Sole setzt. In Gruppe 2 sind es 16 von 19 Gemeinden, die nur Trockensalz verwenden, also 84%. Nur jeweils eine Gemeinde setzt nur auf Feuchtsalz oder Sole. Gruppe 3 ist ähnlich auf Trockensalz fixiert, 6 aus 8 Gemeinden (75%) meiden andere Feuchtegrade. Allein zwei Gemeinden verwenden nur Feuchtsalz.

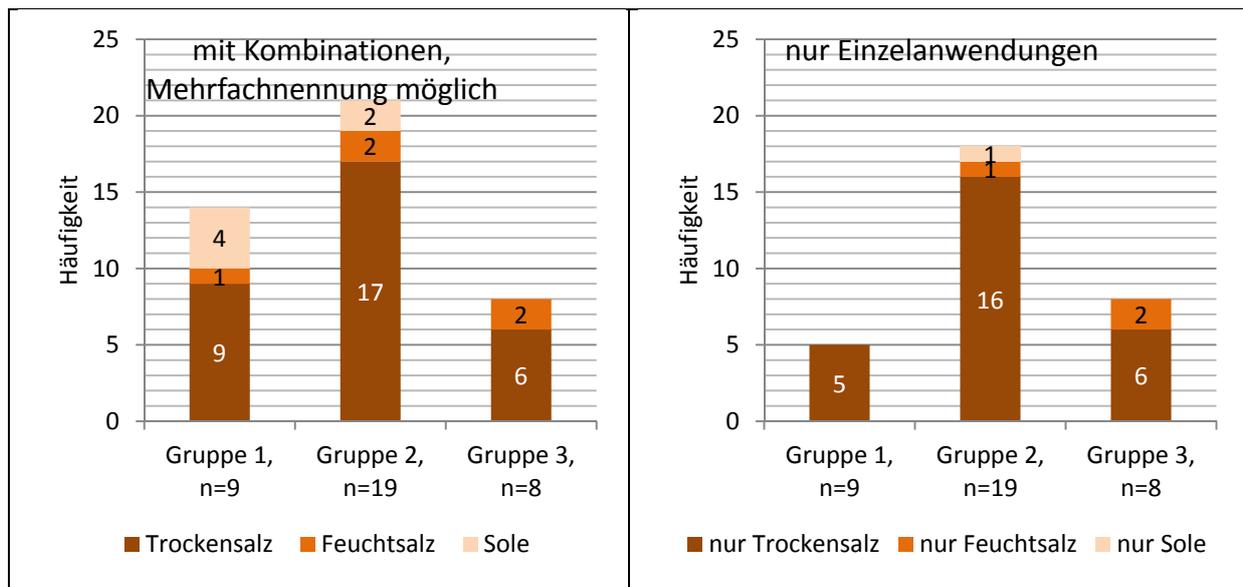


Abbildung 24: Häufigkeiten des Feuchtegehaltes der auftauenden Streumittel in Kombinationen und Einzelanwendungen

Die reine Ausbringung von Trockensalz entspricht nicht dem Stand der Technik. Die Tatsache, dass ungeachtet der Gruppeneinteilung sehr viele Gemeinden nur Trockensalz ausbringen ist ein vorhandenes Defizit und birgt großes Verbesserungspotential in puncto Streumittleinsparungen. Mit einer Feuchtsalzausbringung nach aktuellem Standard können beträchtliche Mengen Streumittel eingespart werden (siehe Kapitel 2.3.4). Das hat positive Auswirkungen auf das Budget, die Effizienz des Winterdienstes und die nähere und weitere Umwelt. Außerdem werden

- Verwehungsverluste verringert,
- die Taugeschwindigkeit wird erhöht und
- die Fahrzeuggeschwindigkeiten und Streubreiten werden erhöht.

Eventuell sind von manchen Gemeinden Investitionen für die Einführung der Feuchtsalztechnik zu tätigen. Die Hürde, solche Investitionen auch in Angriff zu nehmen, sollte unter Beachtung der Tatsache, dass sich diese Geräte in wenigen Jahren amortisieren, nicht unüberwindbar hoch sein. Nach Meinung des Autors besteht in diesem Aspekt das größte Optimierungspotential für den Winterdienst in Vorarlberg, vorausgesetzt das Umfrageergebnis ist repräsentativ für alle Gemeinden in Vorarlberg. (siehe Kapitel 2.3.4)

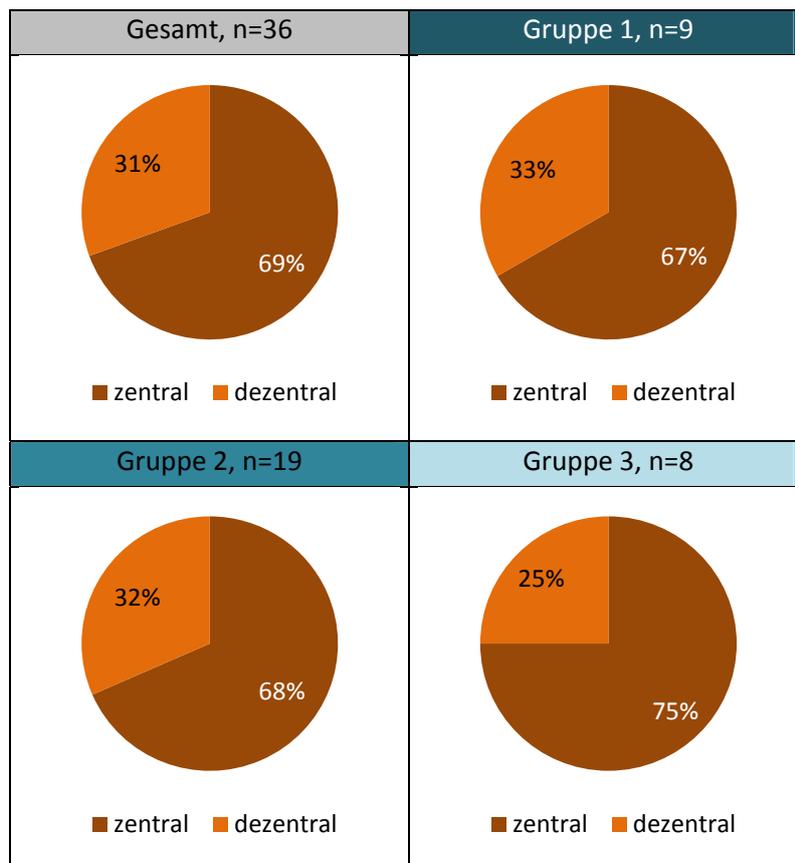
### Wo sind die Winterdienst-Fahrzeuge stationiert?

Bei dieser Frage wurde eruiert, ob die Fahrzeuge der Gemeinden in einem Depot oder an mehreren Orten stationiert sind. Dies hat Auswirkungen auf die Routenoptimierung und den Personaleinsatz.

**Tabelle 24: Stationierung der Fahrzeuge in den Gemeinden nach Gruppen**

	Gesamt, n=36	Gruppe 1, n=9	Gruppe 2, n=19	Gruppe 3, n=8
zentral	25	6	13	6
dezentral	11	3	6	2

Die Auswertung dieser Frage ergab, dass insgesamt 25 der 36 erfolgreich befragten Gemeinden (69%) die Fahrzeuge an einem Stützpunkt stationieren. Dieser Anteil gilt im Wesentlichen auch für die Gemeinden der Gruppen 1 und 2. In der dritten Gruppe ist der Anteil der zentral stationierenden Gemeinden erwartungsgemäß höher. Bei sechs von acht Gemeinden sind die Fahrzeuge zentral organisiert, die entspricht 75% der Gruppe 3.



**Abbildung 25: Stationierung der Fahrzeuge in den Gemeinden nach Gruppen**

Pauschal lässt sich keine Aussage darüber treffen, ob eine zentrale oder dezentrale Stationierung der Fahrzeuge für alle Gemeinden das effizientere Modell ist. Vielmehr muss jede Gemeinde für sich entscheiden, wo die vorhandenen Fahrzeuge am besten untergebracht sind. Dabei spielen Aspekte wie die Netzstruktur, die Lage der vorhandenen Fahrzeugdepots, die Lage der vorhandenen Streumittellager sowie die Höhendifferenzen innerhalb der Gemeinde eine wichtige Rolle. Tendenziell lässt sich jedoch feststellen, dass, je größer die Netzstruktur einer Gemeinde ist, desto wichtiger wird eine dezentrale Anordnung der Fahrzeugdepots.

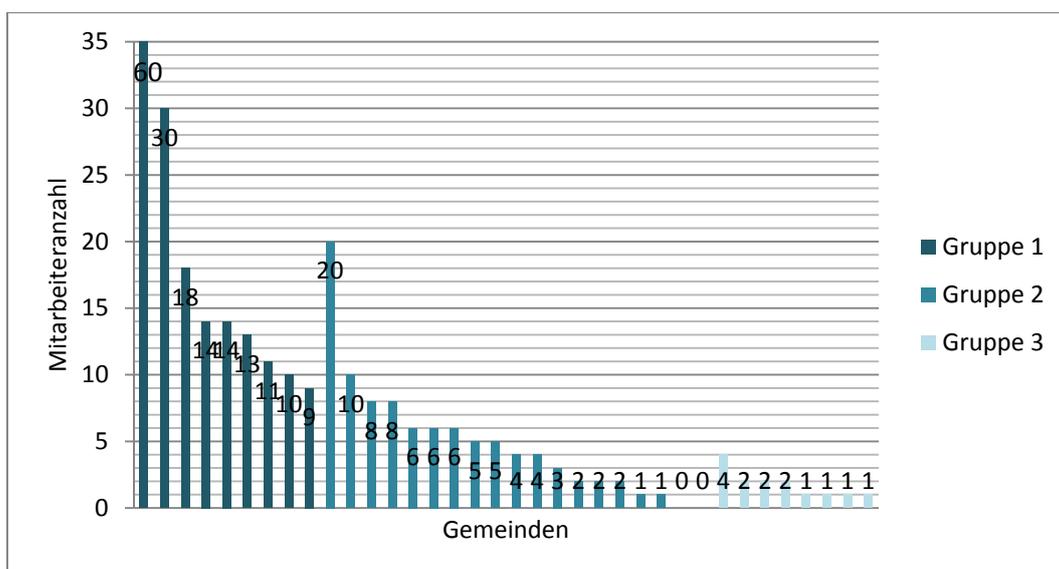
### Wie viele MitarbeiterInnen sind in Ihrer Gemeinde im Winterdienst beschäftigt?

Bei den erfolgreich befragten Gemeinden streuen die Mitarbeiterzahlen zwischen 0 und 60 Mitarbeiter. Tabelle 25 zeigt, dass nur drei Gemeinden angegeben haben, über 19 Mitarbeiter zu beschäftigen, und zwar 20, 30 und 60 Mitarbeiter. Die Gemeinden mit 30 und 60 Mitarbeitern gehören zur Gruppe 1, jene mit 20 Mitarbeitern gehört zur Gruppe 2. Knapp 80% der befragten Gemeinden haben zehn Mitarbeiter oder weniger.

**Tabelle 25: Anzahl der Mitarbeiter in den Gemeinden**

Häufigkeiten der Mitarbeiteranzahl in den Gemeinden	
Mitarbeiteranzahl	0 1 2 3 4 5 6 8 9 10 11 13 14 18 20 30 60
Häufigkeit	2 6 6 1 3 2 3 2 1 2 1 1 2 1 1 1 1

Die Abbildung 26 zeigt die Mitarbeiter je Gemeinde, sortiert nach den Gruppen und Anzahl der Mitarbeiter. Erwartungsgemäß haben Gemeinden mit einem längeren Streckennetz auch mehr Mitarbeiter im Winterdienstbetrieb. Jedoch gibt es an den Grenzen der Gruppen auch Inkonsistenzen.



**Abbildung 26: Alle Gemeinden mit Überblick über die Mitarbeiteranzahl**

In Abbildung 27 ist ein Überblick über die Gemeinden, sortiert nach der Streckenlänge der Gemeinden zu sehen. Wie zu Beginn dieses Kapitels beschrieben, ist diese Streckenlänge nicht zwingend ident mit jener Streckenlänge auf dem ein Winterdienst betrieben wird. Da nur schwer eine Tendenz zu erkennen ist, wird darauf verzichtet eine Trendlinie in der Abbildung darzustellen. Es ist jedoch deutlich erkennbar, dass in den Gemeinden der Gruppe 1 die Mehrheit der Mitarbeiter beschäftigt ist und in Gruppe 2 tendenziell mehr Mitarbeitern vorhanden sind als in den Gemeinden der Gruppe 3.

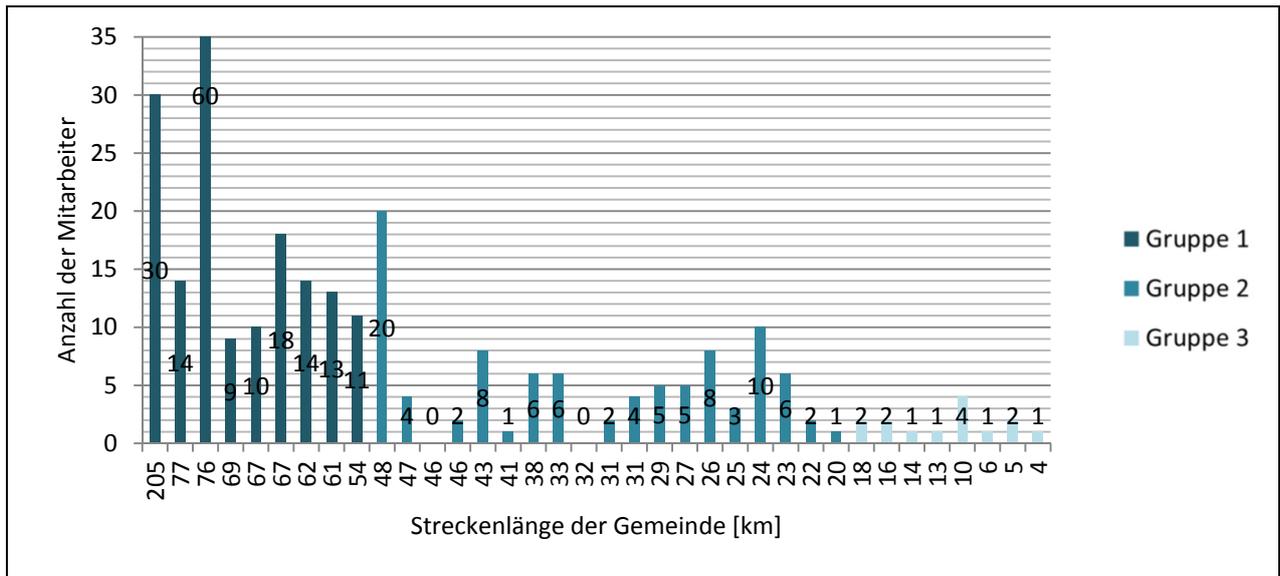


Abbildung 27: Überblick über Mitarbeiter nach Streckenlänge der Gemeinden

Es fällt auf, dass zwischen Gemeinden mit ähnlich langen Streckennetzen die Mitarbeiteranzahl stark variiert, vor allem in der 2. Gruppe. Dies kann daran liegen, dass es bereits Winterdienstverbände zwischen den Gemeinden gibt, bei denen manche Gemeinden den Winterdienst für Nachbargemeinden erledigen. Dies wurde in der Umfrage nicht genauer abgefragt.

Ein weiterer möglicher Grund für diese Differenzen kann in der zu geringen Eindeutigkeit der Frage liegen. Es besteht die Möglichkeit, dass die Befragten nur die eigenen Mitarbeiter angegeben oder auch Dritteiler hinzugezählt haben.

**Werden in der Gemeinde Wetterprognosen für den Winterdienst herangezogen?****Welche Wetterdienste werden hierfür abgerufen?****In welchen Intervallen werden diese aktualisiert und abgerufen?**

Die erste Frage beantworteten 36 Gemeinden. Wie in Tabelle 26 zu sehen ist, verwenden von den erfolgreich befragten Gemeinden 23 (64%) einen Wetterdienst zur Verbesserung ihres Winterdienstes. Größere Gemeinden aus der Gruppe 1 legen erwartungsgemäß den größten Wert auf Wetterprognosen. Sieben von neun Gemeinden (78%) rufen regelmäßig Informationen ab. Aus der 2. Gruppe verwenden 12 von 19 Gemeinden (63%) die Wetterdienste. Am geringsten ist der relative Anteil der Gemeinden, die regelmäßig Wetterdienste abrufen, bei den kleineren Gemeinden. Der Anteil bei der Gruppe 3 beträgt 50%, das sind vier aus acht Gemeinden.

**Tabelle 26: Gemeinden mit Wetterprognosen nach Gruppen**

	Gesamt, n=36	Gruppe 1, n=9	Gruppe 2, n=19	Gruppe 3, n=8
Ja	23	7	12	4
nein	13	2	7	4

Der am häufigsten verwendete Wetterdienst ist ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik). Die Gemeinden nutzen diesen zu 70%, um eine Verbesserung ihrer eigenen Leistungen zu erreichen. Weitere gruppenspezifische Nutzung dieses Dienstes sind der Tabelle 27 zu entnehmen.

**Tabelle 27: Verwendung von ZAMG nach Gruppen**

	Gesamt, n=23	Gruppe 1, n=7	Gruppe 2, n=12	Gruppe 3, n=4
ZAMG	16	5	8	3

Außer den zwei genannten Wetterdiensten werden zahlreiche weitere von den verschiedenen Gemeinden genutzt. Darunter sind folgende Webseiten zu nennen:

- [wetter.at](http://wetter.at)
- [wetterring.at](http://wetterring.at) (Vorarlberger Wetterring)
- [vol.at](http://vol.at) (Vorarlberg Online)
- [meteo.ch](http://meteo.ch) (Schweizer Wetterportal)
- [ubimet.com](http://ubimet.com) (Wetterdienstleister)
- [nzz.ch](http://nzz.ch) (Neue Züricher Zeitung)

Bei den Abrufintervallen der Wetterprognosen variieren die Werte zwischen laufenden Abfragen bzw. Benachrichtigungen bei Änderungen bis hin zu Abfragen im Tagesrhythmus. Ein gewichtiger Teil der Gemeinden, 7 von 22 (32%), gibt an, überhaupt nur nach Bedarf Wetterabfragen durchzuführen. Weitere Details sind der Tabelle 28 zu entnehmen.

**Tabelle 28: Abrufintervalle von Wetterprognosen durch die Gemeinden**

Intervall	ständig / 1h	2h	3h	4h	5h	12h	24h	nach Bedarf
Häufigkeit	3	1	2	1	1	3	4	7

Dichte Abfrageintervalle in Kombination mit einer technologisch korrekten Präventivstreuung ergeben ein großes Optimierungspotential (siehe Kapitel 2.4). Wie oben beschrieben verzichten derzeit 42% der erfolgreich befragten 36 Gemeinden und 33% der Gruppe 1 auf die Präventivstreuung. Für diese Gemeinden ergibt sich das größte Optimierungspotential. Jedoch auch die Gemeinden, die diese bereits betreiben, können durch intensive Wetterdienstabfragen die Effizienz ihrer Präventivstreuung steigern, indem sie den Beginn eines Niederschlagsereignisses besser abschätzen können.

**Gibt es statistische Aufzeichnungen über den Winterdienst (Auswertung der Protokolle und anderer Aufzeichnungen)?**

**Was wird ausgewertet?**

Statistische Aufzeichnung strategisch wichtiger Daten wie einzelne Kosten- und Aufwandsfaktoren in Kombination mit Rahmenbedingungen wie Niederschlag, Temperatur, Länge der zu Räumenden Strecke, etc. sind die Basis einer Effizienzsteigerung und wichtig für jede kostenbewusste Gemeinde.

**Tabelle 29: Statistische Aufzeichnungen in den Gemeinden nach Gruppen**

	Gesamt, n=36	Gruppe 1, n=9	Gruppe 2, n=19	Gruppe 3, n=8
Ja	14	4	9	1
Nein	22	5	10	7

In Tabelle 29 und Abbildung 28 ist zu sehen, dass 14 von 36 erfolgreich befragten Gemeinden (39%) solche Aufzeichnungen vornehmen. Bei den Gruppen 1 und 2 ist der Anteil der aufzeichnenden Gemeinden mit 44% bzw. 47% annähernd gleich. Kleinere Gemeinden zeichnen erwartungsgemäß weniger auf, und zwar 12% der Gruppe 3.

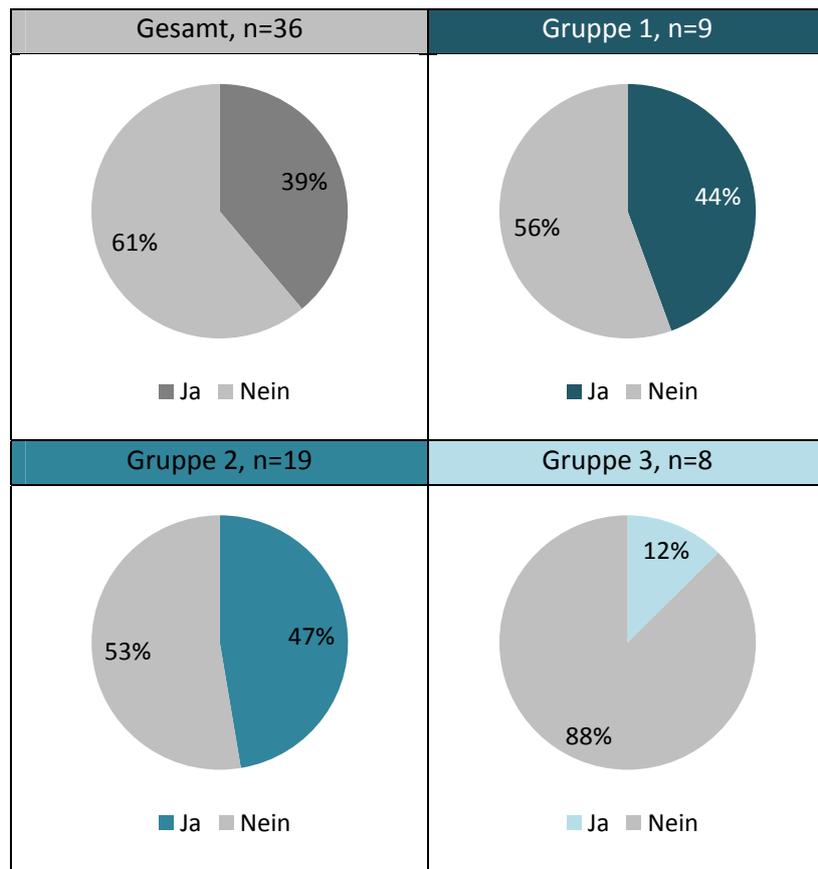


Abbildung 28: Statistische Aufzeichnungen in den Gemeinden nach Gruppen

Tabelle 30 zeigt die verschiedenen, von den Gemeinden aufgezeichneten, Daten. Vorgeschlagene Antworten waren „Verbrauch von Splitt und Salz“ und „Einsatztage des Winterdienstes“. „Kosten“ und „Personalaufwand“ wurden von den Befragten ergänzt. Diese Frage beantworteten 13 Gemeinden. Insgesamt werden die Einsatztage am häufigsten ausgewertet, nämlich von 11 Gemeinden (85%). Der Verbrauch von Streumitteln ist für 9 Gemeinden (69%) interessant für ihre Statistik. Kosten und Personalaufwand werden nur vereinzelt dokumentiert.

Tabelle 30: Aufzeichnungsdaten der Gemeinden in Gruppen

	Gesamt, n=13	Gruppe 1, n=4	Gruppe 2, n=8	Gruppe 3, n=1
Verbrauch von Splitt und Salz	9	4	4	1
Einsatztage des Winterdienstes	11	3	8	0
Kosten	2	1	1	0
Personalaufwand	1	0	1	0

Durch die eher geringe Zahl an Gemeinden (39% insgesamt, 44% in Gruppe 1 und 47% in Gruppe 2), die statistische Aufzeichnungen betreiben ist in diesem Punkt Optimierungspotential gegeben. Durch Aufzeichnungen von Streumengen in Kombination mit der Winterdienststrategie (präventive oder kurative Streuung; Trockensalz – Feuchtsalz – Sole, etc.) kann die Effizienz verschiedener Strategien

geprüft und verglichen werden. Zusätzliche Erkenntnisse bringen Vergleiche der Kosten und Aufwände. Bei gemeinsamer Betrachtung der Ergebnisse mehrerer Gemeinden können Erkenntnisse bestätigt oder noch genauer spezifiziert werden. Auf diese Weise wird mit wachsendem Erkenntnisstand der Winterdienst in den davon profitierenden Gemeinden periodisch optimiert.

### Welche Drittleister (Frächter) helfen der Gemeinde den Winterdienst durchzuführen?

In Vorarlberg, wie auch in den anderen Bundesländern, leisten nicht nur die Gemeinden selbst den Winterdienst. Es werden Drittleister herangezogen, die die Gemeinden beim Winterdienst unterstützen. Diese fallen allgemein unter den Begriff „Frächter“. Üblicherweise werden Frächter zu Spitzenzeiten herangezogen, wenn die eigene Mannschaft die Schneemassen nicht mehr bewältigen kann. Es gibt jedoch auch Gemeinden, die den Winterdienst zur Gänze auslagern.

In Tabelle 31 sind die Branchen des Kerngeschäfts der Drittleister angegeben, die bei den erfolgreich befragten Gemeinden unter Vertrag stehen, Winterdienst zu leisten.

**Tabelle 31: Drittleister in den Gemeinden nach Gruppen , Mehrfachnennung möglich**

	Gesamt, n=23	Gruppe 1, n=6	Gruppe 2, n=14	Gruppe 3, n=3
Landwirte	21	7	11	3
Frächter	18	5	11	2
Bauunternehmer	12	4	5	3
Transportunternehmen	11	6	5	
Private	3		3	
Maschinenring	2	1	1	
Sonstige	11	6	4	1

In der Tabelle 31 lautet die zweite Kategorie „Frächter“. Wie oben bereits beschrieben, ist dies ein Sammelbegriff für Drittleister und nicht mit Transportunternehmen zu verwechseln. Diese sind extra ausgewiesen. Da zehn befragte Gemeinden, trotz spezifischer Fragestellung, nur den Sammelbegriff angegeben haben, ist dieser in der Tabelle angeführt.

Jede Gemeinde kann mehrere Drittleister pro Kategorie angeben (Mehrfachnennung), daher ist aus der Tabelle die Gesamtanzahl der Drittleister herauszulesen, nicht jedoch wie viele Gemeinden eine bestimmte Drittleisterkategorie beschäftigen.

Es ist zu sehen, dass Landwirte den größten Anteil an Drittleistern im Winterdienst der erfolgreich befragten Gemeinden belegen. Weitere wichtige Branchen, die im Winterdienst tätig sind, sind laut dieser Auswertung Bauunternehmungen und die Transportunternehmungen.

Wenige Fragen aus dem Fragebogen (siehe Anhang C: Fragebogen Winterdienst) finden sich nicht in der Auswertung. Diese wurden in zu geringer Zahl beantwortet oder die Antworten sind zu ungenau oder widersprüchlich.

### 3.3 Zusammenfassung und Fazit

#### Allgemeine Daten zu den befragten Gemeinden

Der Fragebogen erging an alle 96 Gemeinden in Vorarlberg. Insgesamt gingen 30 vollständig und zehn unvollständig ausgefüllte Fragebögen ein. Die Rücklaufquote beträgt 41%. In Kapitel 3.1 werden verschiedene Gründe für diese hohe Rücklaufquote angegeben.

Die Antworten stammen aus allen vier Verwaltungsbezirken, von Gemeinden zentral in Vorarlberg und auch aus Grenzgemeinden (siehe Abbildung 13). Daher ist der Rücklauf geographisch gesehen sehr ausgeglichen.

Die Gemeinden wurden in drei Gruppen aufgeteilt, in kleine, mittlere und große Gemeinden, um eine differenzierte Auswertung zu ermöglichen.

#### Winterdienst-Management-System: Fragen zu einer zentralen Software

Aus der Befragung geht hervor, dass die 14 größeren befragten Gemeinden kein Winterdienst-Management-System betreiben. Dabei steht fest, je größer die Gemeinde ist, in der ein WMS angewendet wird, desto größer ist das Optimierungspotential, da es mehr Variationsmöglichkeiten gibt, den Mitarbeiterinsatz, die Fahrzeug- und Gerätezuteilung, die Routenwahl und andere Aspekte zu steuern.

#### Streuphilosophie: Fragen zu Art, Menge und Zustand der ausgebrachten Streumittel, zu Streuzeitpunkten und zu Entscheidungskriterien

Für den Winterdienstbetrieb werden von den befragten Vorarlberger Gemeinden ausschließlich Splitt, Natriumchlorid und Calciumchlorid verwendet. Alternative Streumittel, wie Magnesiumchlorid, Ureum, Ammoniumsulfat, Kaliumcarbonat, Natriumformiat, Kalium- und Natriumacetat, CMA, Ethylenglykol und Safecote werden in keiner Gemeinde für den Winterdienst herangezogen. Eine Gemeinde bringt das NaCl in Form einer Sole aus.

Lediglich eine Gemeinde zieht auch das Calciumchlorid als Taumittel heran. Diese Gemeinde verwendet ausschließlich das nicht unproblematische Streumittel. Aufgrund der höheren Kosten und der aufwendigeren Handhabung, im Gegensatz zu NaCl, sollte der Einsatz dieses Streumittels minimiert werden. (siehe Kapitel 2.3.1)

80% der befragten Gemeinden verwenden NaCl als Taumittel, 19% verlassen sich ausschließlich darauf. 78% der Gemeinden verwenden Splitt im Winterdienst, 17% verwenden ausschließlich Splitt, also keine auftauenden Streumittel.

Aus der Umfrage geht hervor, dass die Umgebungstemperatur das wichtigste Streukriterium ist. Sie wird von 69% der befragten Gemeinden herangezogen, um eine Streufahrt auszulösen. 25% dieser verlassen sich ausschließlich auf diese Größe. Nach der Temperatur gilt die Schneehöhe als wichtigstes Kriterium. Die Straßenkategorie und der DTV finden als Streukriterium weniger Beachtung. Die

zulässige Geschwindigkeit findet bei keiner der Gemeinden, die auf die Frage geantwortet haben, eine Verwendung als Entscheidungskriterium.

Die Tendenz der Streumengen ist in den verschiedenen Gemeindegruppen sehr unterschiedlich. 64% der befragten Gemeinden bringen aus verschiedenen Gründen eher weniger Streumittel aus. 22% bringen eher mehr aus. Der kleinste Anteil ist jener mit den Gemeinden, die genau nach Richtlinie streuen (14%). Der relative Anteil der Gemeinden, die nach einer bestimmten Richtlinie streuen, ist in der Gruppe 1 am größten. Dieser Anteil wird geringer, je kleiner die Gemeinden sind.

Grundsätzlich fällt auf, dass die Hälfte der Gemeinden, die die Streumengen ihrer Streuphilosophie anpassen, aus Kostengründen eher weniger streuen. Aus Umweltschutzgründen streuen weitere 25% eher weniger. Es betreiben demnach drei Viertel der erfolgreich befragten Gemeinden einen eher sparsamen Umgang mit Streumitteln im Winterdienst. Der Umweltschutzgedanke spielt nur in den mittleren bis kleineren Gemeinden eine Rolle. Die Gemeinden, die eher mehr streuen, verfolgen ihre Philosophie aus zwei Gründen. Einerseits steht dahinter ein Sicherheitsgedanke. Die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer soll auf diese Weise erhöht werden. Andererseits sehen diese Gemeinden eine erhöhte rechtliche Absicherung in größeren Streumengen.

Der Streuzeitpunkt ist ein weiterer wichtiger Aspekt. Es gibt im Wesentlichen die Unterscheidung zwischen präventivem Streuen und kurativem Streuen (siehe Kapitel 2.4). Das präventive Streuen ist bei 42% der erfolgreich befragten Gemeinden nicht etabliert. Dies birgt ein beträchtliches Optimierungspotential (Hanke, 2010). Vor allem die großen Gemeinden, die zu 33% keinen Wert auf die Präventivstreuung legen, würden von dieser Technik im Winterdienst profitieren.

Bei der richtigen Dosierung des Feuchtegehalts der ausgebrachten auftauenden Streumittel ist durch verschiedene Effekte ebenfalls ein Einsparpotential gegeben (siehe Kapitel 2.3.4). Die reine Ausbringung von Trockensalz entspricht nicht dem Stand der Technik.

Da ein großer Anteil der erfolgreich befragten Gemeinden nur Trockensalz ausbringt, ist ein großes Verbesserungspotential in puncto Streumittelleinsparungen gegeben. Nach Meinung des Autors besteht in diesem Aspekt das größte Optimierungspotential für den Winterdienst in Vorarlberg, vorausgesetzt das Umfrageergebnis ist repräsentativ für alle Gemeinden in Vorarlberg.

### Organisationsstruktur der Winterdienstbetreiber

Pauschal ist eine Aussage darüber, ob eine zentrale oder dezentrale Stationierung der Fahrzeuge für alle Gemeinden das effizientere Modell ist, nicht möglich. Dies ist abhängig von Rahmenbedingungen wie der Lage der Fahrzeugdepots, die Lage der Streumittellager und der Netzstruktur.

Laut Umfrage ist der derzeitige Stand, dass 69% aller erfolgreich befragten Gemeinden ihre Fahrzeuge zentral an einem Stützpunkt stationieren. Für Gruppe 1 und 2 trifft dieser Anteil im Wesentlichen ebenfalls zu. Bei den kleineren Gemeinden ist der Anteil der im Winterdienst zentral organisierten Gemeinden noch größer.

Bei den erfolgreich befragten Gemeinden streuen die Mitarbeiterzahlen zwischen 0 und 60 Mitarbeiter. Lediglich drei Gemeinden haben angegeben, über 19 Mitarbeiter zu beschäftigen. Der Anteil der Gemeinden, die zehn oder weniger Mitarbeiter beschäftigen, liegt im Verhältnis zur Gesamtstichprobe bei knapp 80%.

#### Einfluss und Nutzung der Wetterdaten

Von den erfolgreich befragten Gemeinden verwenden 64% einen Wetterdienst. Die Gemeinden aus der Gruppe 1 versuchen zu 78% mit Hilfe eines Wetterdienstes ihren Winterdienst zu verbessern. In den Gruppen 2 und 3 ist der Anteil der Gemeinden, die einen Wetterdienst beanspruchen, geringer. Der am häufigsten verwendete Wetterdienst ist ZAMG. Dieser Wetterdienst wird von 70% der befragten Gemeinden herangezogen.

Besonders in Kombination mit einer Präventivstreuung können dichte Abfrageintervalle ein großes Optimierungspotential ergeben (siehe Kapitel 2.4). Wie bereits erläutert, verzichten derzeit 42% aller erfolgreich befragten Gemeinden und 33% der Gruppe 1 auf die Präventivstreuung. Diese größeren Gemeinden haben aufgrund ihrer Rahmenbedingungen den größten Optimierungsspielraum.

#### Statistische Aufzeichnungen: Fragen zu etwaigen Auswertungen

Die Aufzeichnung von Daten des Winterdienstes ermöglicht Vergleiche zwischen den Saisonen innerhalb einer Gemeinde, unter Berücksichtigung von Rahmenbedingungen wie Niederschlagsdauer, Niederschlagsmenge und anderen. Dadurch sind Rückschlüsse möglich, ob sich der Winterdienst im Gegensatz zur Vergangenheit optimiert hat. Haben Aufzeichnungen mehrerer Gemeinden eine gemeinsame Basis, ist es denkbar, auch Gemeinden miteinander zu vergleichen. Dabei müssen andere Aspekte, wie die oben genannten, beachtet werden. Unter anderem sind die Gemeindegröße, die Höhenlage der zu vergleichenden Gemeinden, die Netzstruktur und die Art der Einsatzmittel zu nennen.

Laut Umfrage ist der Salzverbrauch die am meisten beachtete Größe bei der Evaluierung. Über 84% der evaluierenden Gemeinden ziehen neben anderen auch diese Größe heran. Neben dem Salzverbrauch ist auch der Splittverbrauch für 54% der Gemeinden wichtig.

Die Unfallzahlen sind für die Gemeinden und deren Statistik weniger wichtig, als die ersten beiden Evaluierungsgrößen.

Da nur unter 40% der erfolgreich befragten Gemeinden statistische Aufzeichnungen betreiben, ist in diesem Punkt Optimierungspotential gegeben.

### Drittleister

In Vorarlberg leisten nicht nur die Gemeinden selbst den Winterdienst. Sie engagieren Drittleister, die sie unterstützen. Diese werden entweder nur zur Abdeckung von Spitzenlasten herangezogen, oder sie übernehmen, meist in kleineren Gemeinden, den Winterdienst zur Gänze.

Laut Umfrage stellen die regionalen Landwirte den größten Anteil an Drittleistern der erfolgreich befragten Gemeinden im Winterdienst. Weitere, für die Gemeinden wichtige Branchen, sind Bauunternehmungen und Transportunternehmungen.



## 4 Ausbringung von Streumitteln

Der Winterdienst zeichnet sich durch einen hohen gesamtwirtschaftlichen Nutzen aus. Um diesen so weit wie möglich zu steigern, gilt es, den Winterdienst angepasst und strategisch durchzuführen und neue Erkenntnisse sowie Technologien zu integrieren. Im Laufe der Zeit wurden bereits mehrere große Innovationen wie Streuautomaten, Feuchtsalzstreuung und andere neu eingeführt, die sich nach einer Anschaffung binnen kürzester Zeit amortisieren. Weiters gilt im Bereich Streumittelverbrauch, so viel wie nötig, jedoch so wenig wie möglich zu streuen. Dieser Ansatz schlägt im ökonomischen sowie im ökologischen Sinn positiv zu Buche, da durch Streumittelleinsparungen einerseits Kosten minimiert werden und andererseits die Umweltbelastungen ebenso gering bleiben. (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (DE), 2004)

Wesentliche Grundsätze für den Winterdienst sind in den folgenden Punkten zusammengefasst.

1. Nutzung und Auswertung sämtlicher verfügbarer Informationen über Wetterentwicklung oder Fahrbahnzustände, insbesondere Wettermeldungen im Rahmen von SWIS, sowie der Daten der Glättemeldeanlagen im eigenen und benachbarten Netz; intensive Beobachtung und Auswertung des Wettergeschehens und der Fahrbahnzustände.
2. Schnee sollte möglichst mechanisch von der Straße geräumt werden.
3. Anwendung von Salzen mit hoher Tauwirksamkeit.
4. Konsequente Anwendung von Feuchtsalztechnologie.
5. Frühzeitiger Winterdiensteinsatz und zeitnahes vorbeugendes Streuen bei Vorhersage entsprechender Wetterereignisse.
6. Optimierte Einsatzplanung, um angepasst und schnell reagieren zu können.
7. Ständig angepasste Streumengen in Abhängigkeit von vorhandenen Schnee-/ Eisschichten, dem Wetter und der kleinklimatischen Situation. Entsprechende Ausstattungen im Fahrzeug, wie Außenthermometer und von der Fahrbahntemperatur abhängige automatische Streumengensteuerung können hier Verbesserungen bringen.
8. Wege- und fahrbahnbreitenabhängige Dosierung der Streumittel.
9. Regelmäßige Kontrolle und Justierung der Streugeräte auf Streumenge und Streubild.
10. Kontrolle der von den Bedienern im Einsatz gewählten Einstellungen und Streumengen, sowie regelmäßige Auswertung der Winterdiensteinsätze. (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (DE), 2004)

Diese Zusammenfassung spiegelt die Erkenntnisse aus den vorigen Kapiteln wider. Sie gibt einen guten Eindruck, auf welche unterschiedlichen Aspekte während einer Einsatzplanung zu achten ist. Die Auflistung gilt in dieser Form nicht für jeden Winterdienstbetreiber, sondern je nach Größe und Ausstattungsgrad sind die Punkte zu berücksichtigen, die auch erfüllbar sind.

In diesem Kapitel werden Empfehlungen verschiedener Richtlinien und Forschungsergebnisse dargestellt. In Österreich leistet die RVS dazu einen wichtigen Beitrag. Die zahlreichen Aufgaben des Winterdienstes werden in der RVS in verschiedenen Abschnitten behandelt. Diese Abschnitte greifen thematisch stark ineinander und sind daher als gegenseitig ergänzend zu verstehen. Die RVS 12.04.15 „Minimierung von Umweltauswirkungen beim Einsatz von Streumittel im Winterdienst“ beinhaltet beispielsweise im Wesentlichen Empfehlungen zur Reduktion der Belastung der näheren und weiteren Umwelt. Der Großteil dieser Empfehlungen bringt jedoch auch Verbesserungen bei den Betriebskosten und ist somit auch ökonomisch sinnvoll. Diese Empfehlungen sind bereits bei der Einsatzplanung und auch bei langfristigen Planungen, wie Fuhrparkerweiterung und anderen, zu berücksichtigen, um den Winterdienstbetrieb an die neuesten Erkenntnisse anzupassen.

Die RVS sieht weiters eine differenzierte Methode der Streckenbetreuung im Winterdienst, je nach der Art und Verkehrsbedeutung der Strecken, vor. Diese manifestiert sich in der Einteilung der Strecken nach Winterdienstkategorien.

#### Winterdienstkategorien nach RVS 12.04.12

Die ordnungsgemäße Ausführung des Winterdienstes hängt von verschiedenen Faktoren ab. Im Anforderungsniveau für den Winterdienst (siehe Anhang A1: Anforderungsniveau Winterdienst, Bundes- und Landesstraßen, Winterdienstkategorien A – D und RVS 12.04.12, letztgültige Fassung) sind grundsätzliche Regeln für Streumittelarten und -mengen, Ausfahrzeitpunkte und verschiedene andere Parameter festgelegt. Diese Regeln gelten als Mindestanforderung für die Gemeinden, um rechtlich abgesichert zu sein. (FSV, 2010)

Die wesentlichen Ziele dieses Anforderungsniveaus sind: (FSV, 2010)

- Die Befahrbarkeit des öffentlichen Straßennetzes soll auch nach größeren Neuschneefällen und Schneeverwehungen gewährleistet sein.
- Die Behinderung bei Benützung winterlicher Straßen ist zur Erleichterung des Fahrzeugverkehrs entsprechend der Winterdienstkategorien gering zu halten.
- Die Verkehrssicherheit ist trotz der unvermeidlich auftretenden winterlichen Fahrbahnverhältnisse durch Schneeräum- und Streudienst zu fördern.
- In der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung sind vor allem folgende Kosten und Wirkungen zu berücksichtigen:
  - Direkte Betriebskosten des Winterdienstes für Streumittel, Fahrzeuge, Personal und Fremdeinsätze usw.;
  - Veränderte Betriebskosten für die Verkehrsteilnehmer durch die Vermeidung von Staus, Einsparung von Kraftstoff und Zeitgewinn durch höhere Reisegeschwindigkeiten;
  - Einsparungen durch Unfallkosten und Unfallfolgekosten;
  - Vermeidung von Produktionsausfällen in der Wirtschaft;
  - Umweltbelastungen

### Einteilung der Strecken in die Winterdienstkategorien

In der RVS 12.04.12 aus dem Jahr 1993 wurden lediglich drei Betreuungsarten unterschieden, die eine Abstufung der Bedeutung der Strecken und damit ein individuelles Räumverhalten für verschiedene Strecken zuließen. Die Einteilung basierte auf dem DTV und dem Lkw-Anteil. (FSV, 1993)

Der maßgebliche Einfluss für die Zuordnung der Winterdienstkategorien in der aktuellen RVS 12.04.12 ist die Verkehrsstärke (JDTV). Neben dem JDTV sind auch noch der durchschnittliche Tagesverkehr (DTV) in den Wintermonaten (Anfang November bis Ende März), der Lkw-Anteil, der ÖPNV, der Tourismus, das Gebiet (Ortsgebiet oder Freiland), behördliche Anordnungen und weitere für die Zuordnung der Winterdienstkategorie verantwortlich. Demnach kann die Winterdienstkategorie auch von der durch den JDTV empfohlenen abweichen. (FSV, 2010)

Für Bundes- und Landesstraßen reicht die Einteilung der Winterdienstkategorien von A bis D und sind wie folgt gegliedert:

- Autobahnen, Schnellstraßen und deren Netzschluss
- Landesstraßen mit überörtlicher Verkehrsbedeutung oder mit einem JDTV > 5.000 Kfz/24h
- Landesstraßen mit einer Verkehrsstärke von  $1000 < \text{JDTV} < 5.000$  Kfz/24h
- Landesstraßen mit einer Verkehrsstärke von  $\text{JDTV} < 1.000$  Kfz/24h (FSV, 2010)

Für den urbanen Bereich reichen die Winterdienstkategorien von P1 bis P7 und werden wie folgt eingeteilt:

- Innerstädtische Hauptverkehrsstraßen, Einfahrtstraßen, Straßen mit Linienverkehr / Straßenbahn, Zufahrten zu öffentlichen Krankenhäusern und Feuerwachen
- Straßen mit untergeordneter Verkehrsbedeutung, Zubringerstraßen in Siedlungs- und Gewerbegebiete, Bergstraßen
- Straßen mit untergeordneter Verkehrsbedeutung, Gemeindestraßen mit ländlichem Charakter (Güter- und Verbindungswege, Zufahrtsstraßen etc.)
- Getrennt geführte Radwege als Verbindung von Ortsteilen bzw. mit Bedeutung für den Berufsverkehr / Schulverkehr
- Getrennt geführte Radwege als Verbindung mit einer örtlichen Erschließungsfunktion bzw. Freizeitverkehr
- Ausgewiesene Gehwege, Fußgängerzonen, Einkaufsstraßen, Schulwege, Wege im Bereich von Krankenhäusern u.ä. Einrichtungen, Haltestellen von öffentlichen Verkehrsmitteln, soweit diese im Aufgabenbereich der Kommune liegen
- Parkplätze, Abstellflächen, Parkwege, sonstige Verkehrsflächen (FSV, 2010)

Da die in den verschiedenen Winterdienstkategorien beschriebenen Maßnahmen einen Mindeststandard darstellen, ist es ratsam den Winterdienst zu intensivieren, um durch eine gründlichere Betreuung der Strecken die oben genannten Ziele noch besser zu erfüllen.

## 4.1 Empfehlungen für abstumpfende Streumittel

Aufgrund der höheren Feinstaubentwicklung bei Verwendung von abstumpfenden Streumitteln wird vor allem im innerstädtischen Bereich und auf Straßen mit höherem DTV-Wert (> 3000 Kfz/24h) der Einsatz von auftauenden Streumitteln empfohlen. Der Einsatz von Feuchtsalz ist dem Einsatz von Trockensalz vorzuziehen (siehe auch Kapitel 2.3.4). Wenn jedoch abstumpfende Streumittel eingesetzt werden ist aus lufthygienischer Sicht die Verwendung von Basalt bzw. basaltvergleichbare Hartgesteine (nicht quarzhaltige) und Dolomit empfohlen (siehe auch Kapitel 2.2.1). Der Einsatz quarzhaltiger abstumpfender Streumittel (z.B. Quarzsplitt und gegebenenfalls Recycling-Material) ist nicht zulässig. (FSV, 2008)

Gemische von abstumpfenden mit auftauenden Streumitteln sind nur in Sonderfällen zu verwenden (siehe Kapitel 2.4). Des Weiteren sollen ausgebrachte Streumittelmengen in den Einsatzberichten nachvollziehbar aufgezeichnet sein (siehe Kapitel 2.7). Die Transportwege für die Zulieferung der Streumittel sollen möglichst kurz gehalten werden, da auf diesem Wege Kosten und negative Umweltauswirkungen gemindert werden können. Auch die Reinigung insbesondere jener Straßen, welche mit abstumpfenden Streumitteln behandelt werden, wird in städtischen Bereichen auch in den Wintermonaten empfohlen (z.B. auch durch den vermehrten Einsatz von Solekehrmaschinen). Die Benützung von Frontsprühanlagen bei Kehrfahrzeugen wird empfohlen. Weiters soll das Kehren an trockenen Tagen im Februar und März ohne Frontsprühanlagen vor allem im Siedlungsraum eingeschränkt werden, um die in diesen Monaten häufigen Feinstaubspitzen zu reduzieren. (FSV, 2008)

## 4.2 Empfehlungen für auftauende Streumittel

Das Tauen von Schnee und Eis mittels auftauender Streumittel ist nur in einem gewissen Schwankungsbereich der Streudichten effizient möglich. Die Minimalstreumenge liegt bei  $5 \text{ g/m}^2$ , alles darunter ist nicht wirksam und aufgrund der Geräte- und Personalkosten unwirtschaftlich. Die empfohlene Maximalstreumenge liegt bei  $40 \text{ g/m}^2$ . Dabei ist darauf zu achten, dass nur so viel Salz ausgebracht werden soll, wie tatsächlich notwendig ist, mehr kann unter Umständen auch zu Glatteisbildung führen. Die Streumenge beim vorbeugenden Aufbringen von auftauenden Streumitteln sollte  $5 \text{ g/m}^2$  (bezogen auf NaCl) nicht überschreiten. Bei der Verwendung von auftauenden Streumitteln wird empfohlen, dass der Anteil an unlöslichen Rückständen möglichst gering ist, jedenfalls aber nicht mehr als 2,5% beträgt (beim Hersteller zu erfragen). Wichtig ist auch, dass die ausgebrachten Streumittelmengen in den Einsatzberichten nachvollziehbar aufgezeichnet sind. Um kosten- und umweltbewusst zu wirtschaften ist es ebenfalls von Bedeutung, dass die Transportwege für die Zulieferung der Streumittel möglichst kurz gehalten werden. (FSV, 2008)

Bei der Verwendung von auftauenden Streumitteln können selbst bei der Maximalstreumenge von  $40 \text{ g/m}^2$  nur begrenzte Mengen an Schnee getaut werden. Bei einer Fahrbahntemperatur von  $-1,5^\circ\text{C}$  kann beispielsweise max. 1 cm Schnee im Streuumschleiflauf getaut werden. Liegt die Schneefallmenge darüber, kann eine schneefreie Fahrbahn über die Dauer eines Streuumschleiflaufs bei anhaltenden Schneefällen in der Regel nicht erzielt werden. In diesen Fällen kann durch Räumen und Ausbringen einer geringen Streumenge von  $10 - 15 \text{ g/m}^2$  ein Anfrieren des Schnees an der Fahrbahn verhindert werden, wodurch eine spätere Räumung erleichtert wird. Festgefahrener Schnee bzw. Eis auf der

Fahrbahn kann durch Ausbringen von Streusalz nicht ausreichend schnell entfernt werden. Die Beseitigung muss daher zusätzlich mechanisch erfolgen. (Neuhold, et al., 2011)

Untersuchungen zur Liegedauer von Salz auf Fahrbahnen haben gezeigt, dass auch jene von Feuchtsalz äußerst beschränkt ist. Vor allem die Feststoffanteile werden binnen kürzester Zeit aus den Rollspuren geschleudert und verlieren so ihre Wirksamkeit. Eine vorbeugende Streuung muss somit, vor allem bei trockenen Fahrbahnen, so kurzfristig wie möglich vor der zu erwartenden Glätte stattfinden. Dabei gilt: je kurzfristiger, desto wirksamer. Die effektivste Methode in Bezug auf Dauer der Haftung des Streumittels auf der Fahrbahn und eingesetzter Menge des Streumittels ist die Ausbringung einer Salzsole. Diese haftet deutlich länger auf der Fahrbahn und ist durch ihre geringe Konzentration streumittelsparend. Aufgrund des Verdünnungseffekts bei Tauen von Schnee und Eis ist diese Ausbringungsform nur für das Verhindern von Eis- und Reifglätte effektiv. Bei zu starker Verdünnung durch Niederschlag verliert die Sole ihre Tauwirkung. (Hanke, 2012)

Neue Tests in der Forschung haben gezeigt, dass die Feuchtsalzstreuung bei sehr geringen Streudichten und höheren Fahrgeschwindigkeiten an ihre Grenzen stößt. Das heißt im Detail, dass bei Fahrgeschwindigkeiten von über 60 km/h kein gleichmäßiges Streubild mehr erzeugt werden kann. Bei Streuung von weniger als 10 g/m<sup>2</sup> ist ein gleichmäßiges Verteilen des Streuguts ebenfalls nicht realisierbar. Beim vorbeugenden Streuen (auf Autobahnen) sind jedoch Geschwindigkeiten über 60 km/h interessant, sodass das Streufahrzeug den Verkehr nicht behindert. Ebenso sind sehr geringe Streumengen für präventive Streumaßnahmen ideal. Diese Herausforderungen sind nur mit Hilfe der „Flüssigstreuung“ (Soleausbringung) in den Griff zu bekommen. Es können auf diese Weise, auch bei schneller Fahrt, Mengen bis herab zu 10 ml/m<sup>2</sup> gleichmäßig ausgebracht werden. Dies entspricht etwa 2 g/m<sup>2</sup> Salz. Bei Temperaturen unter -6 °C ist jedoch Feuchtsalz anzuwenden, da aufgrund des zu niedrigen Salzgehaltes in der Sole die Gefahr des Überfrierens besteht. (Hanke, 2012)

Der mit Abstand größte Salzverbrauch im Winterdienst ist während Schneefällen. Es stellt sich die Frage, ob in diesen Situationen die Ausbringmengen von Salz reduziert werden können, ohne die Qualität des Winterdienstes wesentlich zu beeinflussen. Aus Erfahrung ist bekannt, dass vorbeugendes Streuen und Streuen während des Niederschlags ein Festbacken des Schnees auf der Fahrbahn erschwert und so das Räumen erleichtert. Es ist daher Fakt, dass ein Streuen zu diesen Zeitpunkten sinnvoll ist. Die Ausbringung des Streumittels muss dabei nicht mit maximaler Streudichte erfolgen. Eine geringere Streudichte setzt jedoch auch voraus, dass das Räumen intensiviert wird und eine abschließende Räumung umgehend nach Niederschlagsende zu erfolgen hat. So kann ein Festfahren des Schnees verhindert und erschwerte Räumbedingungen umgangen werden. (Hanke, 2012)

Die RVS 12.04.12 sieht in diesem Fall eine Streumenge von 5 bis 20 g/m<sup>2</sup> vor. (FSV, 2010)

### 4.3 Empfehlungen für den Räum- und Streuablauf

Auf Grund der Schädigungen der Baumbestände in den 1970er Jahren wurde das vormals angewandte präventive Streuen nach und nach aufgegeben. Die Streuung, die zu diesen Baumschädigungen führte, war aufgrund von schlechten Wetter- und Straßenzustandsprognosen und aufgrund von nicht wegabhängigen Streumethoden in hohem Maße überdosiert. Weiters wurde damals das Salz noch in konzentrierter, trockener Form ausgebracht. Dies führte zu Schädigungen der Vegetation an Fahrbahnrandern. Bei sehr hoher Wahrscheinlichkeit von Glättebildung ist die präventive Streuung jedoch die beste Methode. Dies ist aus mehreren Gründen der Fall. Zum einen wird Glätte von vornherein verhindert. Dies vermeidet Unfälle und daraus resultierende Staus. Zum anderen ist das Winter-

dienstfahrzeug auf nicht vereisten Fahrbahnen weitaus sicherer unterwegs. Ein weiterer Vorteil ist, dass zum Verhindern von Glätte deutlich weniger Salz benötigt wird als zum Auftauen schon vorhandener Eisschichten. Somit ist die präventive Streuung aus ökologischer und ökonomischer Sicht die beste Variante. (Hanke, 2012)

Vorbeugendes Streuen kann nicht das einzige Mittel gegen Winterdienstprobleme sein, aber vor allem bei Eisglätte (überfrierender Nässe), Reifglätte, bei Eisregen und je nach Situation auch vor Schneefall ist das präventive Streuen das Mittel der Wahl. Die RVS 12.04.12 geht dabei von einer Streumenge zwischen 5 und 15 g/m<sup>2</sup> bei nasser Fahrbahn aus. (FSV, 2010)

Die Streufahrten sind zeitlich so zu legen, dass die Strecke schon vor Beginn eines Niederschlagsereignisses ausreichend gestreut wurde. Neuhold empfiehlt eine Streumenge von ca. 5 - 10 g/m<sup>2</sup> und zwar maximal ein bis zwei Stunden vor Niederschlag. (Neuhold, et al., 2011)

#### **4.4 Empfehlungen für die Städte und Gemeinden in Vorarlberg**

Grundsätzlich soll jede Stadt und jede Gemeinde den Gedanken zur Optimierung pflegen. Der Grad der angestrebten Optimierung hängt nicht zuletzt von den finanziellen Mitteln ab. Es sind für gewisse Optimierungsschritte Investitionskosten einzuplanen, die aufgrund von Anschaffungen neuer Fahrzeuge oder neuer Fahrzeugtechnik entstehen. Auch die Etablierung eines Winterdienst-Management-Systems birgt offene und auch versteckte, nicht zur Gänze planbare Kosten. Diese anfänglichen Kosten amortisieren sich jedoch kurz- bzw. mittelfristig (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1990). Aufgrund optimierter Abläufe werden kostenintensive Ressourcen wie Fahrkilometer, Streumittel und Arbeitsstunden minimiert. Wichtige Nebeneffekte dieser Optimierung sind die erhöhte Sicherheit für Verkehrsteilnehmer und der Mitarbeiter des Winterdienstes und die geringeren Umweltbelastungen. Angrenzende Vegetation, Gewässer und Tiere werden durch geringere Streumengen weniger negativ beeinflusst. Die Feinstaubbelastung sinkt ebenfalls, wenn die Einführung von Methoden, die dem Stand der Technik entsprechen, gelingt. (Popper, 1998) und (FSV, 2008)

Frei von Investitionskosten ist eine Angleichung der bestehenden Winterdienstpraxis an Empfehlungen der FSV und anderen Einrichtungen, die den Stand der Technik im Winterdienst dokumentieren und weiter vorantreiben. Die konsequente Umsetzung des „Anforderungsniveaus Winterdienst für den urbanen Bereich“ (siehe Anhang A2: Anforderungsniveau Winterdienst, urbaner Bereich, Winterdienstkategorien P1 bis P7), in Kombination mit den aktuellen Streutabellen (siehe Kapitel 2.3), ist jeder Gemeinde und jeder Stadt zu empfehlen. Daraus ergibt sich nicht nur ein standardisierter Ablauf für einen effizienten Winterdienst, sondern, bei entsprechend durchgängiger Dokumentation, auch gleichzeitig eine rechtliche Absicherung gegenüber verunfallten Verkehrsteilnehmern, die die Unfallursache in unzureichend betreuten Strecken sehen und dies auch zur Anzeige bringen. Gemeinden und Städten, die auch Landesstraßen winterdienstlich mitbetreuen, ist zusätzlich das „Anforderungsniveau Winterdienst für Bundes- und Landesstraßen“ zu empfehlen.

Weitere allgemeingültige Empfehlungen sind dem Kapitel 6 „Zusammenfassung & Fazit“ zu entnehmen.

## 5 Einsatzplanung

Ein straff organisierter Winterdienstbetrieb, der eine rasche Reaktionsfähigkeit und eine ressourcen- und umweltschonende Abwicklung erlaubt, setzt eine gute Organisation voraus. Ein wesentlicher Teil dieser Organisation findet in der Einsatzplanung statt. Diese regelt den Streumiteleinsatz, die Dringlichkeiten und die Routen der Einsatzfahrzeuge. Weiters ist die Sicherstellung des Einsatzablaufs wichtig. Dafür sind gute Wetterbeobachtungen, Fahrerschulungen, Einsatzkontrollen und Einsatzprotokollierung notwendig. (Durth, et al., 2004)

Zur Einsatzplanung sind Dringlichkeitspläne, Bereitschaftspläne und Räum- und Streupläne notwendig. Diese können neben dem Straßenwinterdienst auch für Rad- und Fußwege, Bushaltestellen und Parkplätze erstellt werden. Für unterschiedliche Einsatzfälle und Wetterlagen können verschiedene Varianten dieser erstellt werden. Dies ist dann sinnvoll, wenn der entsprechende Einsatzfall periodisch wiederkehrt. Beispiele hierfür sind Nachteinsatzpläne oder Einsatzpläne für das Streuen von Gefahrenquellen. (Durth, et al., 2004)

- **Dringlichkeitspläne**  
Diese Pläne teilen das Netz in Dringlichkeitsstufen ein und sie geben Auskunft über die Festlegung, wo welche Streumittel eingesetzt werden.
- **Bereitschaftspläne**  
Sie regeln, zu welchen Zeiten Winterdiensteinsätze durchgeführt werden und legen tageweise oder wochenweise fest, welches Personal zu welchen Zeiten Ruf- oder Arbeitsbereitschaft hat. Zusätzlich können zum Personal die Fahrzeuge eingeteilt werden.
- **Räumpläne/Streupläne**  
Diese Pläne teilen das Straßennetz in verschiedene geeignete Routen auf und regeln, welche Fahrzeuge die Routen bedienen. (Durth, et al., 2004)

### 5.1 Dringlichkeitsreihung

Bei Auftreten von Schnee- und Eisglätte ist es in einem großen Streckennetz nicht möglich, alle Strecken gleichzeitig wirtschaftlich zu bedienen. In der Regel werden bestimmte Umlaufzeiten vorgesehen, innerhalb derer das gesamte Streckennetz geräumt bzw. gestreut wird. Während eines Umlaufes werden die Strecken mit hoher Verkehrsbedeutung bzw. mit besonderer Verkehrsgefährdung bevorzugt bedient. Dies macht eine Dringlichkeitsreihung der Strecken notwendig. Dazu muss das zu betreuende Straßennetz entsprechend seiner verkehrlichen Bedeutung sowie der Notwendigkeit eines Winterdiensteinsatzes in Dringlichkeitsstufen oder Kategorien eingeteilt werden, nach denen sich die zeitliche Abstufung des Winterdiensteinsatzes richtet. (Durth, et al., 2004)

Im kommunalen Bereich wird die Dringlichkeitsreihung (auch Winterdienstplan oder Winterdienst-Rahmenplan genannt) von den Straßenmeistereien oder vom Tiefbauamt aufgestellt. Diese Pläne sind mit den anderen städtischen Institutionen, wie Verkehrsbetriebe, Polizei, Feuerwehr, etc. abzustimmen. Für die Dringlichkeit eines Straßenabschnitts sind sowohl innerorts als auch außerorts die folgenden Punkte maßgebend:

- Straßenfunktion
- Verkehrsbelastung (DTV)
- Besondere Gefahrenpunkte und
- Besondere Verkehre. (Durth, et al., 2004)

Siehe dazu auch Anhang A1: Anforderungsniveau Winterdienst, Bundes- und Landesstraßen, Winterdienstkategorien A – D" und Anhang A2: Anforderungsniveau Winterdienst, urbaner Bereich, Winterdienstkategorien P1 bis P7".

Die Straßenfunktion ist das wichtigste Kriterium und daher zur ersten Einteilung aller Strecken in eine Kategorie geeignet. Außerorts wird diese Einteilung in der Regel entsprechend der Klassifizierung vorgenommen (Landesstraße B, Landesstraße L). Innerorts ist folgende Einstufung zu empfehlen:

1. Klassifizierte Straßen (Landesstraßen B+L)
  - Durchgangsstraßen
  - Hauptverkehrsstraßen
  - Gemeindeverbindungsstraßen
2. Hauptsammelstraßen
  - Sammelstraßen
3. Anliegerstraßen
  - Wohnstraßen

Stufe1 kann gegebenenfalls nach der Bedeutung in zwei Stufen unterteilt werden. Die Verkehrsbelastung muss in der Regel bei der Dringlichkeitsbewertung nicht gesondert berücksichtigt werden, da sie meist durch die Straßenfunktion miterfasst ist. Es ist lediglich zu prüfen, ob besonders ausgeprägte Verkehrsbelastungen eine Auf- oder Abwertung der entsprechenden Strecke erfordern. Besondere Verkehre auf bestimmten Streckenabschnitten können deren Dringlichkeit unabhängig von der Straßenfunktion und der Verkehrsbelastung erhöhen. Zum Beispiel sind Strecken mit ÖPNV innerorts vorrangig zu bedienen und daher grundsätzlich in die Stufe 1 zu heben. Lediglich bei einer sehr niedrigen oder unregelmäßigen Frequenz sind diese Strecken in Stufe 2 einzuordnen. (Durth, et al., 2004)

Zufahrten zu Krankenhäusern, Feuerwachen oder Polizeistationen, die häufig von Einsatzfahrzeugen befahren werden, sollten erforderlichenfalls ebenfalls aufgestuft werden. Diese Strecken gehören mindestens der Stufe 2 an. Gleiches gilt für die Zufahrt zu Industriegebieten. (Durth, et al., 2004)

Besondere Gefahrenstellen für den Winterdienst sind Strecken, bei denen auf Grund der örtlichen Straßengestaltung oder klimatischer Besonderheiten im Winter eine spezielle Gefährdung oder Beeinträchtigung des Verkehrs gegeben ist. Sie sind daher frühzeitig zu bedienen. In erster Linie sind das Steigungsstrecken, die eine bestimmte kritische Grenze für die Längsneigung übersteigen. Diese sind gegebenenfalls aufzustufen oder sogar grundsätzlich in die Stufe 1 einzuordnen. Weitere besondere Gefahrenpunkte sind Punkte mit örtlich begrenzter Glättebildung, wie Brücken, Wald- und

Schattenstrecken. Liegen an einer Strecke besondere Gefahrenpunkte und besondere Verkehre, so kann Aufstufung über zwei Stufen erfolgen. (Durth, et al., 2004)

Bei der Dringlichkeitsreihung wird üblicherweise so vorgegangen, dass entsprechend der Straßenfunktion die Einteilung in drei oder mehr Stufen erfolgt und anschließend die drei übrigen Kriterien nur zur Auf- oder Abwertung der Strecken herangezogen werden. Alternativ kann die Bewertung auch mittels eines Punktesystems vorgenommen werden, bei dem jeder Streckenabschnitt in jedem der vier Kriterien je nach Dringlichkeit eine Punktzahl zwischen 0 und 10 Punkten erhält. Abschließend werden dann die Punkte der vier Kriterien addiert, wobei auch eine unterschiedliche Gewichtung der Kriterien möglich ist. Dieses Verfahren erlaubt eine differenziertere Bewertung und ist etwas transparenter, führt jedoch zu ähnlichen Ergebnissen. Für die Einteilung der Außerortsstraßen bezüglich des zu leistenden Winterdienstes hat die FSV das sogenannte „Anforderungsniveau Winterdienst“ herausgegeben (siehe Anhang A1: Anforderungsniveau Winterdienst, Bundes- und Landesstraßen, Winterdienstkategorien A – D“). Für die Innerortsstraßen ist das entsprechende Pendant im Anhang A2: Anforderungsniveau Winterdienst, urbaner Bereich, Winterdienstkategorien P1 bis P7“ zu finden. (Durth, et al., 2004)

## 5.2 Routenoptimierung für Räum- und Streupläne

Grundsätzlich müssen bei der Routenoptimierung zwei verschiedene Problemstellungen unterschieden werden, und zwar die knotenorientierten Probleme und die kantenorientierten Probleme. Dies sind Aufgabenstellungen der Graphentheorie, einem Teilgebiet der Mathematik. Ein knotenorientiertes Problem liegt vor, wenn alle Knoten oder Stützpunkte in einem Streckennetz einmal angefahren werden sollen. Dieses Problem hat zum Beispiel ein Händler, der an verschiedenen Stützpunkten seine Produkte zum Verkauf anbietet. Angenommen die Reihenfolge ist unerheblich, sucht sich der Händler intuitiv die Route, die am schnellsten abzufahren ist oder die kürzeste Länge hat. Das Problem wird in der Mathematik Travelling-Salesman Problem genannt.

Dem Winterdienst liegt eine ähnliche theoretische Aufgabe zu Grunde, und zwar ein kantenorientiertes Problem. Es müssen alle (oder ein Teil) Streckenzüge in einem Streckennetz genau einmal durchfahren werden. Es dürfen dabei keine Strecken ausgelassen werden. Werden dabei Strecken doppelt oder sogar mehrfach befahren, nennt man diese Leerwege. Die Leerwege mindern die Effizienz des Winterdienstes. Leerwege entstehen an Stichstraßen oder wenn es nicht möglich ist, eine Route als Ring zu definieren.

Das mathematische Problem, das hierbei gelöst werden muss, wird Chinese-Postman-Problem (Briefträgerproblem) genannt, wenn alle Strecken befahren werden müssen. Wenn nicht zwingend alle Kanten der Strecken abzufahren sind, spricht man vom Rural-Postman-Problem. Ein Briefträger hat eine ähnliche Aufgabe wie der Winterdienst, wenn man annimmt, dass er stets beide Straßenseiten gleichzeitig zustellt.

Rural-Postman-Probleme können algorithmisch nicht exakt gelöst werden. Es gibt jedoch heuristische Verfahren, durch die eine Lösung angenähert werden kann.

Der Winterdienst wird stets nach dem Maximalprinzip betrieben. Es soll mit den gegebenen Mitteln das Maximum an Ergebnis erreicht werden. Das heißt, dass Räum- und Streupläne aufgestellt werden müssen, die

- alle Besonderheiten des Streckennetzes berücksichtigen;
- die zur Verfügung stehenden Fahrzeuge entsprechend ihrer Möglichkeiten und Eigenschaften optimal einsetzen;
- Leer- und Nachladewege minimieren, so dass die Kosten niedrig sind;
- eine möglichst schnelle Bedienung aller wichtigen Strecken sicherstellen (Erfüllung der Dringlichkeiten nach Kategorienstufen);
- die Einsatzzeiten der Fahrzeuge minimieren und möglichst gleichmäßig aufteilen. (Durth, et al., 2004)

Schon aus der Umfrage wird deutlich, dass eine Vielzahl an Randbedingungen für die Einsatzplanung und damit auch für die Routenoptimierung beachtet werden müssen. Diese Randbedingungen, die stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängig sind, verkomplizieren eine Routenoptimierung stark. Die Erfüllung dieser Vorgaben muss soweit wie möglich eingehalten werden, denn eine Planung bei der nur einige oder sogar keine Bedingungen eingehalten werden, führt zu Plänen, die in der Praxis nicht oder nur bedingt umgesetzt werden können. Der erste Schritt in der Routenoptimierung muss daher in der systematischen Erfassung der Vorgaben und Randbedingungen bestehen. Anschließend müssen diese strukturiert und übersichtlich dargestellt werden. Nur so können sie in den Routenplanungsablauf integriert werden. (Durth, et al., 1989)

Zwar kann und soll die Improvisation vor Ort (bei Besonderheiten, Staus, Unfälle usw.) nicht ganz ersetzt werden, die Vorgabe optimierter Fahrtrouten kann die Improvisation jedoch auf das notwendige Mindestmaß beschränken und die Anzahl der Leerkilometer minimieren. Dazu müssen eine Vielzahl von Vorgaben und Randbedingungen beachtet werden, die wie folgt eingeteilt werden können:

- **Netzvorgaben**  
alle Vorgaben, die aus der Struktur und den Besonderheiten des Straßennetzes resultieren  
z.B.
  - besondere Strecken (sehr enge Strecken wie Altstadt, Strecken mit großer Steigung, Dringlichkeiten,...)
- **Verkehrsvorgaben**  
alle Vorgaben, die sich aufgrund des Straßenverkehrs und der wirtschaftlichen Verkehrsabwicklung ergeben  
z.B.
  - Zeiten der Verkehrsspitzen der einzelnen Strecken
- **Betriebsvorgaben**  
alle Vorgaben, die aus den jeweiligen Einsatzorganisationen, Fahrzeugen, Stützpunkten und anderen Besonderheiten resultieren  
z.B.
  - Reichweite der Fahrzeuge
  - Anzahl und Lage der Streumittelager
  - Lage des/der Fahrzeugdepots (Durth, et al., 1989)

### Beschreibung der Vorgaben

Es empfiehlt sich, wie oben bereits beschrieben, eine systematische Zusammenstellung als Grundlage der Einsatzplanung.

Netzvorgaben sind alle Vorgaben, die aus dem im Winterdienst zu betreuenden Straßennetz, dessen Struktur und Besonderheiten entstehen, also

- das Straßennetz selbst, mit den Längen und Breiten (Anzahl Spuren) der Abschnitte;
- Streugrenzen zu anderen Baulastträgern (Städte, Gemeinden, Länder) oder Nachbarmeistereien;
- Straßen mit Richtungstrennung, bei denen jede Fahrbahn getrennt geräumt und gestreut werden muss und nicht an allen Stellen Linksabbiegen und Wenden möglich ist;
- Einbahnstraßen und deren Fahrtrichtung;
- Abbiegemöglichkeiten bzw. Abbiegegebote an Knotenpunkten;
- Wendemöglichkeiten für die Winterdienstfahrzeuge. (Durth, et al., 2004)

Verkehrsvorgaben sind in erster Linie die beschriebenen Dringlichkeitsstufen im Streckennetz. Weiterhin ist aus verkehrlichen Gründen zu beachten, dass durchgehende Hauptstraßenzüge möglichst auch durchgehend geräumt und gestreut werden, um keine künstlichen Streugrenzen entstehen zu lassen. (Durth, et al., 2004)

Die Betriebsvorgaben beeinflussen entscheidend die Räum- und Streupläne. Sie sind allerdings auch, relativ gesehen, am einfachsten veränderbar, sodass durch eine Veränderung der Ausstattung auch die Einsatzpläne weiter optimiert werden können. Im Einzelnen sind

- die Fahrzeugausstattung mit Anzahl der Fahrzeuge, Art der Fahrzeuge (Größe), Streugutkapazität, Art des Streugerätes, Art des Schneepfluges,
- die Fahrzeugrestriktionen im Netz, d.h. bestimmte Fahrzeuge können nicht auf bestimmten Strecken eingesetzt werden (z.B. enge Altstadtgebiete oder wohnberuhigte Bereiche, große Steigungen, Brücken, Abschnitte mit geringer Tragfähigkeit),
- der Standort des Bauhofes bzw. der Meisterei und weiterer Streugutlager im Netz,
- die Stationierung der Fahrzeuge und
- Streumittelanwendung im Netz

zu nennen. (Durth, et al., 2004)

Manche dieser Nebenbedingungen können automatisiert beachtet werden, andere müssen manuell versorgt werden. Netz- und Verkehrsvorgaben sind im Normalfall vorgegeben und somit überwiegend konstant. Die Betriebsvorgaben hingegen sind in einem gewissen Rahmen veränderbar. Sie sind für den derzeitigen Stand einer Winterdienstorganisation zu erfassen und können in der Folge als Optimierungsrahmen herangezogen werden. (Durth, et al., 1989)

Räum- und Streupläne sollen nicht nur das Einsatzgebiet für jedes Fahrzeug, sondern dessen genaue Fahrtroute und Fahrtrihenfolge vorgeben, da nur so eine optimierte Route sichergestellt ist. Zur Aufstellung der Räum- und Streupläne empfiehlt sich eine systematische Vorgehensweise, die das komplexe Routenplanungsproblem in überschaubare Teilschritte zerlegt (siehe Abbildung 29). Dabei

ist es sinnvoll, die Streckennetze in grafischer Form von Knoten und Kanten zu abstrahieren und in diese vereinfachten Darstellungen jeweils alle Vorgaben einzutragen. (Durth, et al., 2004)

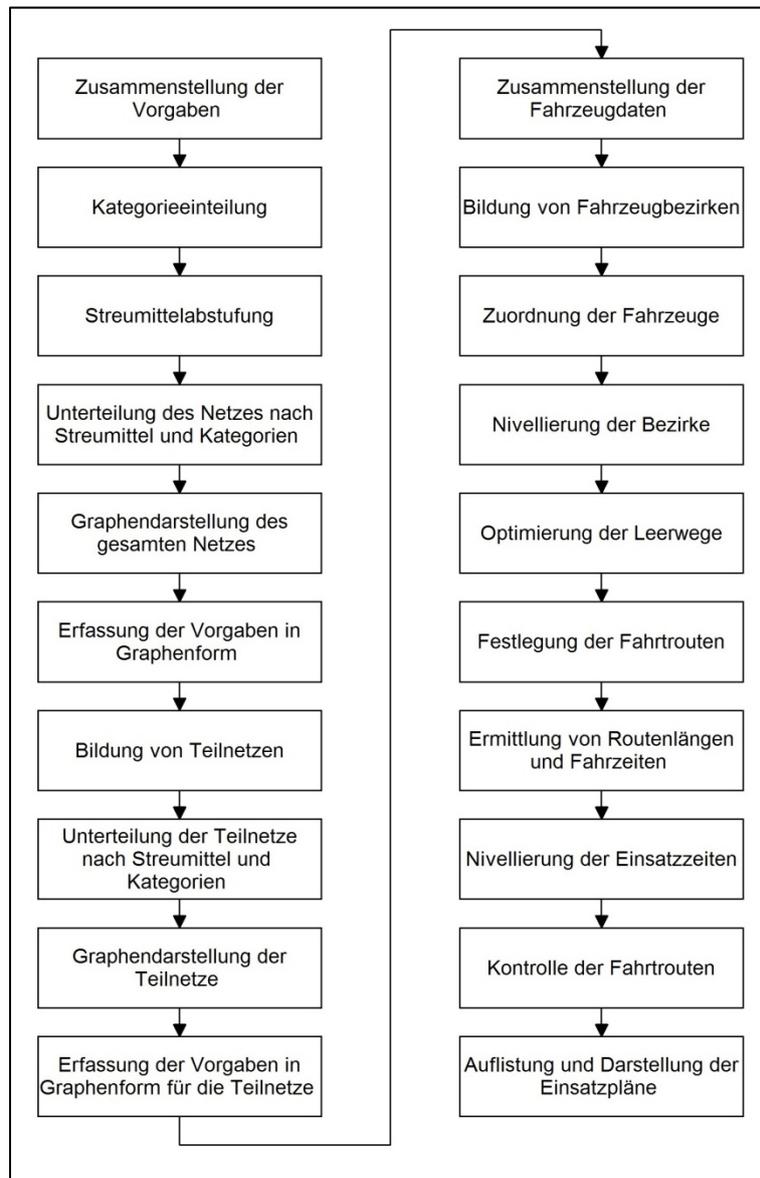


Abbildung 29: Ablaufschema für die systematische Routenplanung (Durth, et al., 1989)

Die systematische Erfassung aller Vorgaben und die Einsatzplanung ist nach diesem Verfahren nicht nur dafür geeignet komplett neue Einsatzpläne zu erarbeiten, sie sollte vielmehr auch dafür verwendet werden, die vorhandenen Pläne zu überprüfen und zu optimieren. Vor allem kann im Zuge einer systematischen Routenplanung auch die vorhandene Fahrzeugausstattung kritisch überprüft und somit eine Optimierung erreicht werden, z.B. hinsichtlich der Anzahl und Art der eingesetzten Fahrzeuge, der Art und Kapazität der Streugeräte oder der Einrichtung zusätzlicher Stützpunkte. Entsprechende EDV-Programme zur Optimierung der Räum- und Streupläne für den Einsatz in Straßenmeistereien oder im kommunalen Bereich wurden in den letzten Jahren anwendungsreif entwickelt (siehe Kapitel 2.8). (Durth, et al., 2004)

Von einzelnen spezialisierten Ingenieurbüros wird heute die Optimierung der Einsatzpläne mittels EDV als Serviceleistung angeboten. Dabei ist im Rahmen einer umfassenden Winterdienstoptimierung über die reine Einsatzplanung hinaus auch eine komplette Winterdienstberatung möglich. Wichtige Themen dabei sind die Kategorieeinteilung, Streumittelanwendung, Ausstattung, Fahrzeugeinsatz und Personalschulungen. In den vergangenen Jahren wurden in zahlreichen Straßen- und Autobahnmeistereien sowie in verschiedenen Städten die Räum- und Streupläne mittels EDV optimiert. Die dabei erreichten Einsparungen an Leerwegen und damit auch Kosten rechtfertigen in jedem Fall den Aufwand. (Durth, et al., 2004)

#### Aktualisierung von Räum- und Streuplänen

Die Überprüfung der Einsatzpläne sollte vor allem hinsichtlich folgender Punkte erfolgen:

- Welche Erfahrungen wurden im letzten Winter gemacht? Was hat gut funktioniert, was weniger gut? Welche Veränderungen sind hieraus für die Einsatzplanung abzuleiten? (siehe hierzu auch Kapitel 2.8)
- Welche Veränderungen gibt es im Streckennetz, das zu betreuen ist? (z.B. Sperrungen, Einbahnstraßen-Regelungen, Umbau von Straßen, neue Netzgrenzen)
- Gibt es Veränderungen in der Dringlichkeit der Straßen (z.B. Verkehrsverlagerungen, Buslinien, Industrieansiedelungen) oder in der Streumittelanwendung?
- Gibt es Veränderungen im Fuhrpark? (neue Fahrzeuge, veränderte Kapazitäten, neue Streuverfahren) (Durth, et al., 2004)

Bei größeren Veränderungen empfiehlt sich eine systematische Überprüfung oder gar eine Neuaufstellung der Einsatzpläne, falls alle Einsatzrouten betroffen sind. Auch bei neuen Streumittelanwendungen oder neuen Fahrzeugen empfiehlt es sich, die Pläne komplett zu überarbeiten, um die gewünschten Effekte auch in die Einsatzpraxis umzusetzen. Da die praktischen Erfahrungen unmittelbar in die Einsatzplanung einfließen sollten, empfiehlt sich bei der jährlichen Fortentwicklung der Einsatzpläne eine enge Abstimmung zwischen dem Disponenten, der die Einsatzpläne aufstellt und den Einsatzleitern. Die Aufstellung der neuen Einsatzpläne sollte so erfolgen, dass sie vor der ersten Glätteperiode bereits überprüft und abgestimmt sind, d.h. sie sollten spätestens zum 15. Oktober vorliegen. Den einzelnen Räum- und Streurouten und auch den einzelnen Kolonnen sollten möglichst feste Fahrzeuge zugeordnet sein und jedem Fahrzeug wiederum die entsprechenden Anbaugeräte (Schneepflug, Streugeräte). (Durth, et al., 2004)

#### Routenoptimierung in Vorarlberg

In Vorarlberg gibt es eine Reihe sehr kleiner Gemeinden (Gemeindegrößen entsprechend der Gruppe 3 in Kapitel 3), die nur eine geringe Anzahl an Streckenkilometern beinhalten. In Abbildung 30 sind diese in hellem blau dargestellt. Es können Synergien genutzt werden, wenn die verhältnismäßig kleinen Gemeinden ein gemeinsames Winterdienstmanagement betreiben. Dies bietet sich ebenfalls für Gemeinden mit einer Streckenlänge wie Gruppe 2 an. Eine weitere Möglichkeit ist, dass Gemeinden mit Streckenlängen wie die Gruppen 2 und 3 von Gemeinden mit Streckenlängen wie die Gruppe 1 mitbetreut werden, falls diese ein systematisch aufgebautes Winterdienstmanagement betreiben. Diese Betreuung kann sich rein auf der organisatorischen Ebene bewegen, d.h. die Fahrzeuge

mehrerer Gemeinden werden in einer Leitzentrale organisiert, verbleiben jedoch in den Heimatgemeinden und wechseln nur Gemeindegrenzen, wenn dies für gemeindeübergreifend optimierte Routen notwendig ist. Die Kosten für die Winterdienstorganisation können von den Gemeinden solidarisch aliquot getragen werden.

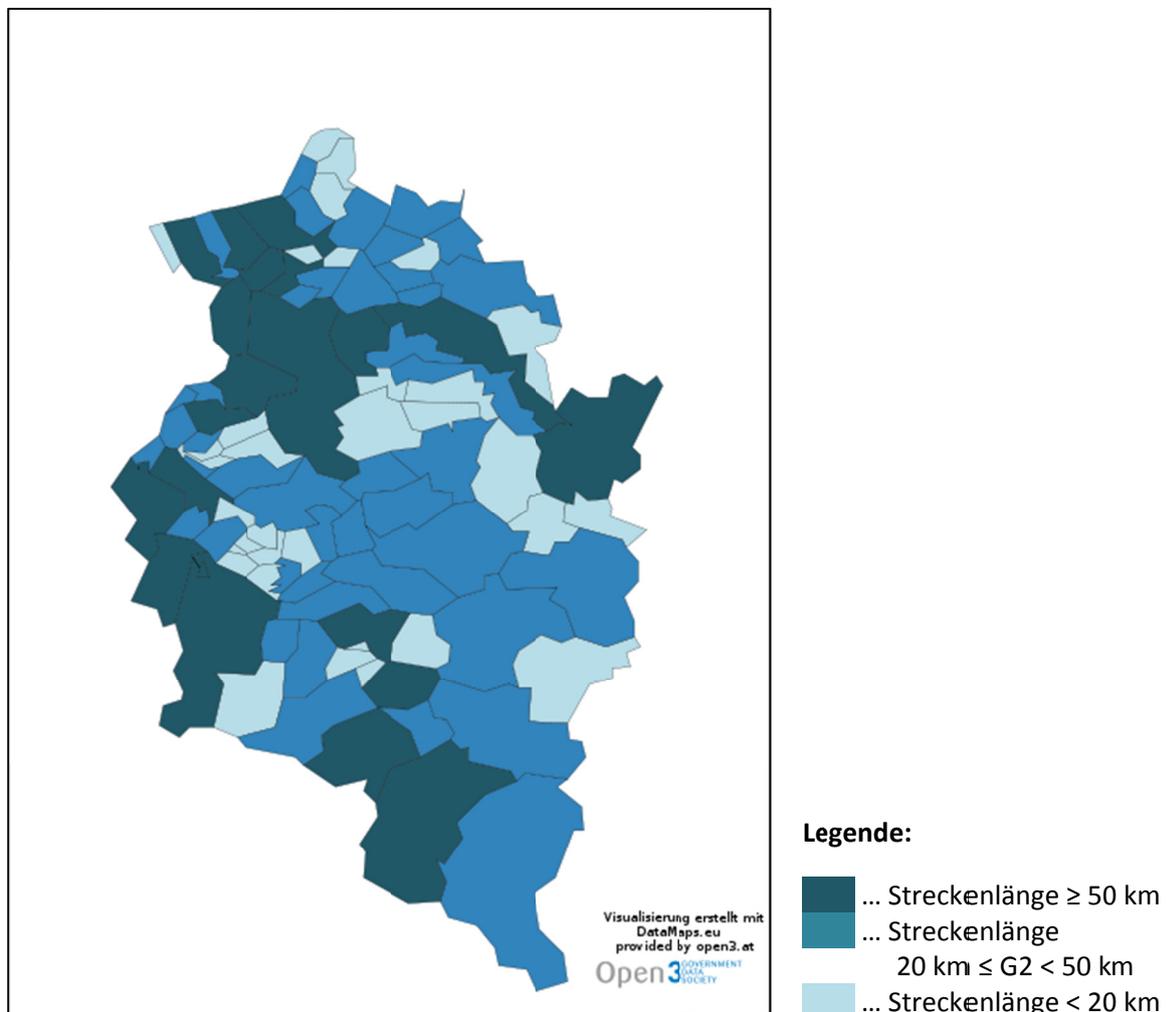


Abbildung 30: Geographische Lage der Gemeindegruppen nach Streckenkilometer

Eine weiterführende Beschreibung der Nutzung von Winterdienst-Management-Systemen und automatisierter Routenoptimierung ist in den Kapiteln 3 und 6 zu finden.

## 6 Zusammenfassung & Fazit

In dieser Arbeit wird der aktuelle Stand der Technik im Winterdienst mit der derzeitigen Praxis in den Vorarlberger Gemeinden verglichen. Es werden daraus Optimierungspotentiale identifiziert und Verbesserungsmöglichkeiten angegeben. Dabei wird auf eine gesamtheitliche Betrachtung Wert gelegt, sodass nicht einzelne Aspekte auf Kosten anderer verbessert werden. Es ist wichtig, den Winterdienst als Ganzes für die Gemeinden zu optimieren.

Es werden die Themen Streumittel, Fahrzeugausstattung, Streuverhalten, Wetterinformationen, Protokollierung, Automatisierung, Routenoptimierung und Einsatzplanung behandelt.

Der Stand der Technik wird anhand einer Literaturrecherche und einer Produktrecherche erhoben. Um die aktuelle Praxis in den Gemeinden in Vorarlberg zu eruieren, wurde eine Online-Umfrage konzipiert und durchgeführt. Alle 96 Gemeinden Vorarlbergs wurden befragt, wobei eine Rücklaufquote von 40% zu erzielen war.

Unter dem Begriff „Differenzierter Winterdienst“ finden sich alle Ziele der einzelnen Parteien wieder, die vom Winterdienst betroffen sind. Es gilt, die größtmögliche Verkehrssicherheit bei wirtschaftlich durchgeführten Maßnahmen zu erreichen und dabei dem Umweltschutz Sorge zu tragen. Grundsätzlich sind hierfür die zur Verfügung stehenden Maßnahmen, Schneeräumung und Streuung von abstumpfenden und auftauenden Streumitteln, in sinnvoller Art und Weise zu kombinieren.

Für ein rasches Reaktionsvermögen der Winterdienstbetreibenden sind detailliert durchgeplante Einsatzpläne von großer Wichtigkeit. In diesen Einsatzplänen sind neben den Räumzeiten auch die Wertigkeiten der Strecken relativ zueinander festgelegt. Somit steht fest, in welcher Reihenfolge die Strecken betreut werden. Diese Reihung ist abhängig von verschiedenen Faktoren, wie der Straßenfunktion (überregionale oder regionale Bedeutung), der Verkehrsbelastung, besonderen Gefahrenstellen (Brücken, Wald- und Schattenstrecken) und besonderen Verkehren (Einsatzverkehre, Industrierieverkehre, ...). Weiters ist in den Einsatzplänen festgeschrieben, welche Maßnahmen auf den jeweiligen Strecken zu setzen sind. Abhängig von der Witterung und der oben genannten Reihung sind die für jede Strecke zu setzenden Maßnahmen festgelegt.

Die Einsatzpläne umfassen auch die Bereitschaftspläne, in denen die Arbeits- und Rufbereitschaft der Mitarbeiter geregelt ist. Zudem sind die Räum- und Streupläne für das jeweilige Gebiet ebenfalls genau festgelegt. Unter Berücksichtigung von örtlichen Gegebenheiten und den zur Verfügung stehenden Fahrzeugen und Geräten sind detaillierte Räum- und Streupläne zu erarbeiten. Darin ist nicht nur das Einsatzgebiet der Fahrzeuge festgelegt, sondern im Optimalfall auch die genauen Routen. Durch laufende Anpassungen dieser Routen an sich ändernde Gegebenheiten kann der Winterdienst wirtschaftlicher gestaltet werden.

Die zur Verfügung stehende Palette an Streumitteln wächst, besonders bei den auftauenden Streumitteln. Ein in jeder Situation optimal wirkendes Streumittel gibt es jedoch nicht. Daher ist es wichtig, die Verwendung der Streumittel den gegebenen Witterungsverhältnissen und den Gegebenheiten jedes Streckennetzabschnittes anzupassen. Grundsätzlich werden die Streumittel in abstumpfende

und auftauende unterschieden. Abstumpfende Streumittel bestehen im Wesentlichen aus möglichst abriebfestem Gestein, in Korngrößen zwischen 1 bis 12 mm, je nach Anwendungsfall. Aufgrund der Tatsache, dass dieses Streumittel relativ rasch aus der Fahrspur der Fahrzeuge getragen wird und auch keine Tauwirkung hat, spielt es eine eher untergeordnete Rolle. Es findet Anwendung bei Strecken mit geringer Verkehrsbedeutung, geringen Verkehrsstärken, auf Geh- und Radwegen und auf Plätzen.

Bei den auftauenden Streumitteln stellen sich die Argumente für die einzelnen Streumittelarten differenzierter dar. Chemische Zusammensetzung, Feuchtegehalt, Korngrößen, Reinheit und andere Aspekte sind für die Wahl des „richtigen“ Streumittels entscheidend. Als konventionelle Streumittel werden Natriumchlorid (NaCl) und Calciumchlorid (CaCl<sub>2</sub>) bezeichnet. Dies sind die meist verwendeten Streumittel. Auch in den befragten Vorarlberger Gemeinden werden neben Splitt nur NaCl und CaCl<sub>2</sub> verwendet. Andere auftauende Streumittel weisen im Vergleich zu NaCl Eigenschaften wie bessere Umweltverträglichkeit, niedrigere eutektische Punkte, schnellere Löslichkeit in Wasser und geringere Korrosionswirkung auf. Jedoch stehen diese Vorteile immer mit Nachteilen dieser Streumittel im Kompromiss. Vor allem die durchwegs erhöhten Kosten für diese alternativen Streumittel haben dazu geführt, dass NaCl nach wie vor das am meisten verwendete Streumittel ist.

In den befragten Vorarlberger Gemeinden werden, wie oben erwähnt, nur NaCl und CaCl<sub>2</sub> als auftauende Streumittel verwendet. 80% der befragten Gemeinden verwenden NaCl und 78% der befragten Gemeinden verwenden abstumpfende Streumittel. Darunter sind Gemeinden, die ausschließlich eines der beiden auf den Straßen ausbringen, der Großteil verwendet jedoch beide, je nach Gelegenheit.

Kombinationen aus abstumpfenden und auftauenden Streumitteln auf einer Strecke sind in keinem Fall zu empfehlen. Diese Kombinationen führen unweigerlich zu Überdosierungen der auftauenden Streumittel und sind daher unwirtschaftlich.

Neben den chemischen Eigenschaften ist der Feuchtegehalt der auftauenden Streumittel von entscheidender Bedeutung. Wurde zu Beginn der Salzstreuung noch ausschließlich Trockensalz ausgebracht, ist die Methode heute nicht mehr Stand der Technik. Durch eine Anfeuchtung der Streumittel konnte der Winterdienst wesentlich effizienter gestaltet werden. Die verbrauchten Mengen an Streumitteln, bezogen auf die betreute Verkehrsfläche, wurden deutlich reduziert. Aufgrund der Anfeuchtung sind die Verwehungsverluste durch Wind oder vorbeifahrende Fahrzeuge reduziert, da das Streumittel besser auf der Fahrbahn haftet. Ein weiterer Effekt ist, dass bei Feuchtsalzstreuung die Fahrgeschwindigkeiten bei Streufahrten von 40 km/h auf 60-70 km/h erhöht werden können, ohne Einbußen beim Streubild zu erleiden. Dies erhöht die Wirtschaftlichkeit des Winterdienstes. Zudem wird dadurch die Sicherheit der Winterdienstmitarbeiter und auch die der Verkehrsteilnehmer erhöht, da Streufahrzeuge mit höheren Geschwindigkeiten besser im Verkehr „mitschwimmen“ können. Des Weiteren ist Feuchtsalz teilweise schon in Lösung mit Wasser, im Gegensatz zu Trockensalz. Da NaCl die Tauwirkung erst entfalten kann, wenn es in Lösung gegangen ist, ist bei Feuchtsalz eine schnellere Tauwirkung als bei Trockensalz gegeben. Dieser Umstand erhöht die Reaktionsgeschwindigkeit des Winterdienstes und die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer. Bei Trockensalz wird die geringere Taugeschwindigkeit mit erhöhten Streumengen kompensiert. Da aufgrund der schnelleren Tauwirkung des Feuchtsalzes weniger Streumittel ausgebracht werden, steigt die Wirtschaftlichkeit weiter.

In den befragten Gemeinden wird zum Großteil nur Trockensalz gestreut. Nur fünf der 36 erfolgreich befragten Gemeinden verwenden Feuchtsalz. Nach Meinung des Autors entsteht durch diesen Umstand das größte Optimierungspotential des Winterdienstes der Vorarlberger Gemeinden, vorausgesetzt das Ergebnis der Umfrage ist statistisch repräsentativ.

Auftauende Streumittel werden auch als Sole ausgebracht. Das Streumittel ist bereits vor der Ausbringung vollständig in Lösung. Die Soleausbringung wird dort angewendet, wo Streumethoden ihre Grenzen erreichen: bei hohen Geschwindigkeiten und vor allem bei sehr geringen Streumengen. Das Ausbringen einer Sole mit einer Dichte von 10 ml/m<sup>2</sup> entspricht einer Streuung von 2 g/m<sup>2</sup>. Bei diesen geringen Mengen ist es ausschließlich mit Solesprühgeräten möglich, ein gleichmäßiges Streubild zu erreichen. Die Soleausbringung ist bei Glätteformen, die keinen Niederschlag beinhalten, anzuwenden. Dies ist beispielsweise die Reifglätte. Die sehr dünne, jedoch nicht minder gefährliche Eisschicht der Reifglätte ist ideal mit einem Solefilm zu tauen. Bei größeren Niederschlagsmengen läuft der Solefilm Gefahr, zu stark verdünnt zu werden und zu überfrieren. Bei sehr niedrigen Temperaturen besteht diese Gefahr ebenfalls. Daher ist bei Niederschlag und sehr tiefen Temperaturen eine Feuchtsalzstreuung der Soleausbringung vorzuziehen. Die Solestreuung ist bei knapp 17% der erfolgreich befragten Gemeinden etabliert.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Streuzeitpunkt. Zu Beginn des Winterdienstes wurde ausschließlich nach einem Niederschlagsereignis gestreut. Der aktuelle Stand der Technik besagt, dass die Präventivstreuung, also die Streuung vor Niederschlägen ebenfalls geboten ist. Mit der Präventivstreuung ist es möglich, je nach Situation, 30-70% der Streumenge einzusparen. Dies liegt daran, dass weniger Taumittel benötigt wird, um Wasser vor dem Gefrieren zu schützen, als bereits entstandenes Eis zu tauen. Hinzu kommt, dass bei vereisten Fahrbahnen Gefahr im Verzug besteht und die Winterdienstleister mehr Taumittel ausbringen als notwendig wäre, wenn die Zeitkoordinate für den Tauvorgang als beliebig lang angenommen wird. Es ist wichtig das Eis rasch zu tauen, um die geforderte Verkehrssicherheit wieder herzustellen, deshalb wird übermäßig viel gestreut. Des Weiteren geht mit übermäßigem Streuen auch ein vermehrtes Wegschleudern des Streumittels einher.

Der anzustrebende Zeitpunkt für die präventive Streuung ist, so nahe wie möglich am Niederschlagsereignis anzusetzen. So wird die Austragungsmenge des Streumittels durch Wind und Fahrzeuge minimiert, bis der Niederschlag eintritt. Um diesen Zeitpunkt so exakt wie möglich prognostizieren zu können, sind genaue Informationen der Wetterentwicklungen notwendig.

Von den erfolgreich befragten Gemeinden streuen lediglich 58% auch präventiv. Aufgrund der ausgedehnten Streckenlängen besteht besonders bei den größeren Gemeinden Optimierungspotential. Diese betreiben zu 67% Präventivstreuung. Die Gruppe der kleineren Gemeinden verwendet lediglich zu 12% die Präventivstreuung als Maßnahme gegen winterliche Glätte, daher besteht auch für diese Gruppe ein großes Potential zur Optimierung und damit zur Kosteneinsparungen.

Um einen effizienten Winterdienst betreiben zu können ist es demnach wichtig, laufend mit Wetterinformationen versorgt zu sein. Vor allem die Informationen, wann Ereignisse wie Niederschlag, Erreichen des Gefrierpunktes und andere eintreten, sind wichtig. Wetterinformationsplattformen bieten hierfür ein Benachrichtigungsservice per Mobiltelefon oder per E-Mail an.

64% der erfolgreich befragten Gemeinden verwenden einen Wetterdienst. In Kombination mit der Präventivstreuung bergen Wetterabfragen, mit ausreichend dichten Abfrageintervallen, ein großes Optimierungspotential.

Ein wichtiges Thema im Zuge des Winterdienstes, nicht nur für Vorarlberg, ist die Protokollierung der Einsatzfahrten. Es muss jede Räum- oder Streufahrt dokumentiert werden. Dies hat drei wesentliche Gründe. Erstens ist es wichtig intern, besonders jedoch bei Einsatz von Dritteleistern, die Leistungen exakt verrechnen zu können. Zweitens kommt es in unregelmäßigen Abständen zu Beschwerden durch Verkehrsteilnehmer, die durchaus in gerichtlichen Streitigkeiten münden können. Um die eigene Leistung glaubhaft beweisen zu können, ist es wichtig die Einsätze dokumentiert und die Dokumentationen sorgfältig archiviert zu haben. Nur durch lückenlose Aufzeichnungen können Verurteilungen abgewendet werden. Drittens sollen Effizienzsteigerungen erreicht werden, indem Aufzeichnungen in internen Statistiken weiterverarbeitet werden und mit Aufzeichnungen aus anderen Perioden, unter Berücksichtigung der Randbedingungen, verglichen werden. Dadurch können effiziente Methoden identifiziert und für die Zukunft optimiert werden. Unwirtschaftliche Abläufe werden in diesem Prozess verworfen oder umstrukturiert. Weiters ist es denkbar, wenn für mehrere Gemeinden die gleichen Erhebungsregeln zu Grunde liegen, Gemeinden miteinander zu vergleichen, immer unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen.

40% der erfolgreich befragten Gemeinden nutzen die Einsatzprotokolle der Räum- und Streufahrten für statistische Zwecke. Die dabei am meisten beachtete Evaluierungsgröße ist der Salzverbrauch. Rund 84% der aufzeichnenden Gemeinden verwenden diese Größe. Der Splittverbrauch ist für 54% dieser Gemeinden von Interesse.

Winterdienst-Management-Systeme umfassen neben der automatisierten Protokollierung noch weitere Funktionen, die die Betreiber bei der Organisation des Winterdienstes unterstützen. Dazu gehört die Sammlung von Daten von verschiedenen Quellen wie Fahrzeugen, Glättemeldeanlagen, Wetterstationen und die daraus abgeleitete automatische Einsatzauslösung. Weiters werden die wichtigsten Daten für die Einsatzleiter übersichtlich dargestellt. Winterdienst-Management-Systeme gehören zum Stand der Technik. Größeren Winterdienstbetreibern ist dringend zu empfehlen, diese zu etablieren und somit auch viele Arbeitsstunden für Protokollierungen und Abrechnungen einzusparen.

Lediglich 8% der befragten Gemeinden verwenden eine Software zur Unterstützung der Organisation des Winterdienstes. Die größeren 14 der erfolgreich befragten Gemeinden betreiben kein Winterdienst-Management-System. Aufgrund der größeren Mitarbeiteranzahl von bis zu 60 Mitarbeitern im Winterdienst, ist es wichtig, die Vorteile eines Winterdienst-Management-Systems zu nutzen. Automatisierte Anpassung des Einsatzes des Personals und der Fahrzeuge und Geräte bringen große Kosteneinsparungen mit sich. Weiters bringen die automatische Protokollierung und die softwarebasierte Routenoptimierung ein hohes Einsparungspotential.

Abschließend wird festgehalten, dass nicht nur die Winterdienstbetreiber allein für einen reibungslosen und sicheren Straßenverkehr im Winter verantwortlich sind. Einen wesentlichen Beitrag dazu leisten die Verkehrsteilnehmer, indem sie ihr Fahrverhalten an die erschwerten Bedingungen im Winter anpassen. Es ist zu prüfen, durch welche Öffentlichkeitsarbeit und Nutzung der Medien wie

Fernsehen, Radio, Presse, Internet und andere ein angepasstes Verhalten bei den Verkehrsteilnehmern erreicht werden kann. Dabei ist es wichtig, dass diese Öffentlichkeitsarbeit nicht reglementierend sondern erläuternd erscheint und verständnisaufbauend wirkt. Beispiele für Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit sind Plakataktionen in den Gemeinden, Reportagen im Regionalfernsehen und Warnungen im Radio kurz vor extremen Winterverhältnissen (Cypra, et al., 2006). Neben dem Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer ist jedoch auch die Ausrüstung der Fahrzeuge von entscheidender Bedeutung. Besonders die Bereifung der Fahrzeuge, die im Winter unterwegs sind, ist oft entscheidend, ob Bremswege in Ausnahmesituationen ausreichend kurz sind.

## 7 Literaturverzeichnis

- aebi Schmidt, Verfügbar unter: <http://www.aebi-schmidt.at/de/produkte/290/297>, [Datum des Zugriffs: 20.04.2012]
- aebi Schmidt, Verfügbar unter: <http://www.aebi-schmidt.at/de/produkte/292>, [Datum des Zugriffs: 20.04.2012]
- aebi Schmidt, Verfügbar unter: <http://www.aebi-schmidt.at/de/produkte/glaettebekaempfung/182>, [Datum des Zugriffs: 20.04.2012]
- Hiesl, F. (2012): *Aktuelles zum Winterdienst 2011/2012*, Amt der OÖ Landesregierung, Pressekonferenz.
- AkzoNobel Industrial Chemicals B.V. (2011): *Vision zum Thema Winterdienst*, Amersfoort, NL
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 18C (2006): *Winterdienstleitfaden - Wege zur Feinstaubreduktion bei der Straßenstreuung*, Graz
- Boschung, Verfügbar unter: <http://www.boschung.com/index.php?id=369&L=1%27%2560%28%255B%257B%255E~>, [Datum des Zugriffs: 20.04.2012]
- Boschung, Verfügbar unter: <http://www.boschung.com/index.php?id=252>, [Datum des Zugriffs: 20.04.2012]
- Boschung, Verfügbar unter: <http://www.boschung.com/index.php?id=274>, [Datum des Zugriffs: 20.04.2012]
- Boschung, Verfügbar unter: <http://www.boschung.com/index.php?id=364&L=2%27%2560%28%255B%257B%255E~>, [Datum des Zugriffs: 20.04.2012]
- Boschung, Verfügbar unter: <http://www.boschung.com/index.php?id=368&L=1%27%2560%28%255B%257B%255E~>, [Datum des Zugriffs: 20.04.2012]
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (1990): *Reduzierter Einsatz von Auftaumitteln im Winterdienst*, Bonn-Bad Godesberg
- Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (DE) (2004): *Maßnahmenkatalog zur Verbesserung der wirtschaftlichkeit des Straßenbetriebsdienstes*
- C&N (2012), Verfügbar unter: [http://www.c-n.at/pr\\_gps.php](http://www.c-n.at/pr_gps.php) [Datum des Zugriffs: 20.04.2012]
- Cypra, T., Roos, R., Zimmermann, M. (2006): *Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen*, Bremerhaven
- de Groot, R. (2008): *Gladheid voorspellen, voorkomen, bestrijden*, CROW
- Durth, W., Hanke, H. (2004): *Handbuch Straßenwinterdienst*. Saarbrücken, Kirschbaum Verlag
- Durth, W. und Hanke, H. (1986): *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik - Entwicklung einer Anleitung zur Aufstellung optimierter Räum- und Streupläne im Straßenwinterdienst*, Bonn
- Durth, W. und Hanke, H. (1989): *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik - Optimierung der Einsatzplanung für den Straßenwinterdienst in Städten und Gemeinden*, Bonn
- Eder (2012), <http://www.eder-kommunal.de/opencms/de/content/angebote/Schuerfleistenaktion.html> [Datum des Zugriffs: 28.04.2012]
- Endrulat, T., Hagedorn, R. (2012): *Neuerungen und Weiterentwicklung des deutschen Straßenzustands- und Wetter-Informationen-System SWIS*, Zeitschrift: Straßenverkehrstechnik

- FGSV (2010): *Merkblatt für den Winterdienst auf Straßen, Köln*
- FGSV (2011): *Praktische Empfehlungen für ein effektives Räumen und Streuen im Straßenwinterdienst, Köln*
- FSV (2010): RVS 12.04.12, Wien
- FSV (2008): RVS 12.04.15, Wien
- FSV (1993): RVS 13.41, Wien
- Gartiser, S., Reuther, R., Gensch, C.O. (2003): *Machbarkeitsstudie zur Formulierung von Anforderungen für ein neues Umweltzeichen für Enteisungsmittel für Straßen und Wege, in Anlehnung an DIN EN ISO 14024, Umweltbundesamt Berlin*
- Hanke, H. (2010): *Die Streutechnik der Zukunft: Wirkungsoptimierung und Qualitätssicherung. strasse und verkehr, S. 18-24.*
- Hanke, H. (2012): *Ein Quantensprung in der Streutechnik - Neue Empfehlungen für den praktischen Winterdienst. Zeitschrift Straßenverkehrstechnik (1, 2012), S. 49-53.*
- Hatbauer, J. (2012): *Rechtliche und organisatorische Rahmenbedingungen eines qualitätsgesicherten Winterdienstes in den Vorarlberger Gemeinden, Graz*
- Hoffmann, M., Blab, R., Nutz, P. (2010): *Optimierung der Feuchtsalzstreuung, unveröffentlichter Zwischenbericht, Forschungsauftrag der Länder, ASFINAG und BMVIT, Wien*
- Holldorb, C. (2007), [http://fs000014.host.inode.at/astrad/ASTRAD2007\\_11\\_HOLLDORB.pdf](http://fs000014.host.inode.at/astrad/ASTRAD2007_11_HOLLDORB.pdf) [Datum des Zugriffs: 25.04.2012]
- info-tech solutions GmbH & Co. KG (2012): [http://www.info-tech.biz/de/infotech\\_home.php](http://www.info-tech.biz/de/infotech_home.php) [Datum des Zugriffs: 25.04.2012]
- Kainz, M., Peintner, A., Stark, S. (2010): *Heißes Thema Eis und Schnee, St. Pölten*
- mobiworx (2006), <http://www.mobiworx.de/download/Anwenderbericht2006.pdf> [Datum des Zugriffs: 23.04.2012]
- Neuhold, J. (2011): *Leitfaden Winterdienst, Wien*
- Oberegger, W.: *Befragung zum System "Gem-Track GPS", Wels, 30. 04 2012*
- Popper, A. (1998): *Schneeräumung und Streuung, Wien*
- Schneider, HH. (1987): *Einsatz abstumpfender Streustoffe im Winterdienst auf Landstraßen - Bestandsaufnahme aus der Sicht der bayrischen Straßenbauverwaltung, Köln*
- Wehner, B., Ritter, E. (1960): *Griffigkeitsmessungen auf winterglatten Fahrbahnoberflächen, Forschungsarbeiten aus dem Strassenwesen; Neue Folge, 40, Bad Godesberg*
- ZAMG (2012), <http://www.zamg.ac.at/forschung/synoptik/inca/#mainNav> [Datum des Zugriffs: 09.05.2012]
- ZAMG (2012), [http://www.zamg.ac.at/produkte/thema/wettervorhersage/spezialprognosen/strasse\\_nwetter/](http://www.zamg.ac.at/produkte/thema/wettervorhersage/spezialprognosen/strasse_nwetter/) [Datum des Zugriffs: 09.05.2012]



## Anhang A1: Anforderungsniveau Winterdienst, Bundes- und Landesstraßen, Winterdienstkategorien A – D

Quelle: (FSV, 2010)



	Winterdienstkategorie			
	A	B	C	D
	<b>Autobahnen, Schnellstraßen u. deren Netzschluss</b>	<b>Landesstraßen mit überörtlicher Verkehrsbedeutung oder mit einer Verkehrsstärke von JDTV &gt; 5.000 Kfz/24h</b>	<b>Landesstraßen mit einer Verkehrsstärke von 1000 &lt; JDTV &lt; 5.000 Kfz/24h</b>	<b>Landesstraßen mit einer Verkehrsstärke von JDTV &lt; 1.000 Kfz/24h</b>
<b>Wettersituation, Straßenzustand</b>				
1. Gefahr von Reifglätte oder Eisglätte	Eine Kontrollfahrt pro Tag	Eine Kontrollfahrt pro Tag	Eine Kontrollfahrt pro Tag	Kontrollfahrt nach Bedarf
2. Leichter Schneefall, Schnee- und Eisglätte, leichte Schneeverwehungen	Befahrbarkeit der durchgehenden Fahrstreifen, Anschlussstellen und Zufahrten zu Rasthäusern. Streuung mit Auftaumitteln – Schwarzräumung. Räumung mit Intervallen, in denen Schneehöhen bis 10 cm auftreten können.	Befahrbarkeit; Streuung vorwiegend mit Auftaumitteln. Schneehöhen bis 10 cm können auftreten. Beeinträchtigungen zwischen 22 und 6 Uhr können nicht ausgeschlossen werden.	Befahrbarkeit; Streuung mit Auftaumitteln oder mit Splitt. Schneehöhen bis 10 cm können auftreten. Stärkere Beeinträchtigungen zwischen 20 und 7 Uhr und an Wochenenden bzw. Feiertagen können nicht ausgeschlossen werden.	Befahrbarkeit; Streuung mit Splitt oder Auftaumitteln. Stärkere Beeinträchtigungen können nicht ausgeschlossen werden.
3. Starker Schneefall, Schneeverwehungen	Befahrbarkeit mindestens eines Fahrstreifens je Fahrtrichtung sowie der Anschlussstellen und der Zufahrten zu Rasthäusern von 0 bis 24 Uhr. Streuung mit Auftaumitteln – Schwarzräumung ist anzustreben. Schneefahrbahnen können auftreten. Benützbarkeit der Parkplätze und Abstellstreifen ist nicht gewährleistet. Befahrbarkeit notfalls mit Schneeketten.	Befahrbarkeit mindestens eines Fahrstreifens je Fahrtrichtung. Streuung vorwiegend mit Auftaumitteln. Stärkere Beeinträchtigungen fallweise durch Schneehöhen über 10 cm möglich; Befahrbarkeit notfalls mit Schneeketten.	Befahrbarkeit mindestens eines Fahrstreifens je Fahrtrichtung. Streuung mit Auftaumitteln oder mit Splitt. Stärkere Beeinträchtigungen durch Schneehöhen über 10 cm möglich; Befahrbarkeit notfalls mit Schneeketten.	Befahrbarkeit mindestens eines Fahrstreifens mit Ausweichen, notfalls mit Schneeketten. Streuung mit Splitt oder Auftaumitteln. Räumung ab Schneehöhen von 10 cm (8 bis 20 Uhr).
4. Starke Schneeverwehungen, Lawinen, extremes Glatteis (z.B. Eisregen), Katastrophen	Die Befahrbarkeit kann nicht gewährleistet werden. Bei außergewöhnlich großen Schneehöhen, starken Schneeverwehungen und Lawinen ist die Befahrbarkeit bis zur Beseitigung der Schneemassen nicht gewährleistet. Vorübergehende Straßensperrungen können auftreten. Dies gilt sinngemäß auch für extremes Glatteis, z.B. bei Eisregen, wenn das Eis mit den vorhandenen Mitteln nicht unmittelbar beseitigt werden kann. Informationen erfolgen durch die Medien und die Exekutive.			
<b>Winterdienstbetreuungszeitraum</b>	0 bis 24 Uhr Räum- und Streuintervalle nach Erfordernis	4 bis 22 Uhr Räum- und Streuintervalle nach Erfordernis	5 bis 20 Uhr Räum- und Streuintervalle nach Erfordernis	8 bis 20 Uhr Räum- und Streuintervalle nach Erfordernis
<b>Umlaufzeit eines Winterdiensteinsatzes</b>	max. 3 Stunden	max. 5 Stunden	max. 5 Stunden	—
<b>Verkehrszeichen und Verkehrsleitrichtungen</b>	Arbeiten zur Wiederherstellung der Erkennbarkeit, Lesbarkeit und Funktionstüchtigkeit von Verkehrszeichen und Verkehrsleitrichtungen sowie das Freimachen von Sichtfeldern werden erst nach Abschluss der Nachräumarbeiten durchgeführt. Beeinträchtigungen können nicht ausgeschlossen werden.			

**Erläuterungen:**

- Befahrbarkeit: Für Kraftfahrzeuge mit Winterausrüstung ist die Benützung der Straßen möglich.
- Winterdienstbetreuungszeitraum: Beschreibt den Beginn und das Ende der winterdienstlichen Einsatzmaßnahmen.
- Umlaufzeit: Zeitraum zwischen einem Einsatz und einem neuerlichen Einsatz auf derselben Stelle während des Winterdienstbetreuungszeitraumes.
- Starker Schneefall: Neuschneehöhe beträgt in einem Zeitraum von 3 Stunden mehr als 10 cm.

## Anhang A2: Anforderungsniveau Winterdienst, urbaner Bereich, Winterdienstkategorien P1 bis P7

Quelle: (FSV, 2010)



	Winterdienstkategorie P1	Winterdienstkategorie P2
	Innerstädtische Hauptverkehrsstraßen, Einfahrtstraßen, Straßen mit Linien/Straßenbahn, Zufahrten zu öffentlichen Krankenhäusern und Feuerwachen	Straßen mit untergeordneter Verkehrsbedeutung Zubringerstraßen in Siedlungs- und Gewerbegebiete, Bergstraßen
<b>Leichte Schneefälle, auch in Verbindung mit Glätte durch Temperaturwechsel, Reifglätte, leichte Verwehungen</b>	Befahrbarkeit mit Winterausrüstung gewährleistet, mit Behinderungen muss gerechnet werden	Befahrbarkeit mit Winterausrüstung innerhalb der vorgegebenen Zeiten gewährleistet. Außerhalb der Betreuungszeiten Behinderungen möglich
Betreuungsart	Schwarzräumung und Streuung	Schwarzräumung und punktuelle Streuung
Winterdienstbetreuungszeitraum	4 bis 22 Uhr	5 bis 22 Uhr
Maximale Schneehöhen	10 cm	10 cm, in der Nacht darüber
Umlaufzeit eines Winterdienstesatzes	max. 5 Stunden	max. 12 Stunden
Verwendete Streumittel	Auftauend vorzugsweise Feuchtsalz	Auftauend vorzugsweise Feuchtsalz gegebenenfalls gemischt
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	Feuchte oder trockene Fahrbahn, fallweise Beeinträchtigungen nicht auszuschließen	Feuchte oder trockene Fahrbahn, Vereisungsreste und Spurrillen nicht auszuschließen
Anmerkungen		
<b>Starke Schneefälle, Schneeverwehungen</b>	Befahrbarkeit mit Winterausrüstung angestrebt. Befahrbarkeit von zumindest einem Fahrstreifen je Fahrtrichtung	Befahrbarkeit mit Winterausrüstung innerhalb der vorgegebenen Zeiten wird angestrebt. Bei lang andauerndem Niederschlag und in der Nacht Befahrbarkeit möglicherweise nur mit Schneeketten
Betreuungsart	Schwarzräumung und Streuung	Schwarzräumung und punktuelle Streuung
Winterdienstbetreuungszeitraum	4 bis 22 Uhr	5 bis 22 Uhr
Maximale Schneehöhen	über 10 cm	über 20 cm, in der Nacht darüber
Umlaufzeit eines Winterdienstesatzes	max. 5 bis 7 Stunden	max. 12 bis 15 Stunden
Verwendete Streumittel	Vorwiegend Auftauend vorzugsweise Feuchtsalz	Auftauend vorzugsweise Feuchtsalz gegebenenfalls gemischt
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	Feuchte oder trockene Fahrbahn, fallweise Beeinträchtigungen nicht auszuschließen	Feuchte oder trockene Fahrbahn, Vereisungsreste und Spurrillen nicht auszuschließen
Anmerkungen	Ziel ist die Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses insbesondere in Bereichen öffentlicher Verkehrsmittel	Splittstreuung kann erst nach der Räumung erfolgen

Fortsetzung folgt auf nächster Seite



	Winterdienstkategorie P1	Winterdienstkategorie P2
	<b>Innerstädtische Hauptverkehrsstraßen, Einfahrtstraßen, Straßen mit Linien/Straßenbahn, Zufahrten zu öffentlichen Krankenhäusern und Feuerwachen</b>	<b>Straßen mit untergeordneter Verkehrsbedeutung Zubringerstraßen in Siedlungs- und Gewerbegebiete, Bergstraßen</b>
<b>Extremes Glatteis (z.B. Eisregen, gefrierender Regen)</b>	Befahrbarkeit auch mit Winterausrüstung nicht sofort gewährleistet	Befahrbarkeit nicht gewährleistet
Betreuungsart	Nach Möglichkeit vorbeugende Streuung	Streuung
Winterdienstbetreuungszeitraum	Nach Bedarf	Nach Bedarf
Behinderungen	Behinderung durch Eisglätte zu erwarten	Behinderung durch Eisglätte zu erwarten
Umlaufzeit eines Winterdienstesatzes	Nach Möglichkeit	Nach Möglichkeit
Verwendete Streumittel	Auftauend vorzugsweise Feuchtsalz, erforderlichenfalls zusätzlich abstumpfend	Auftauend vorzugsweise Feuchtsalz, erforderlichenfalls zusätzlich abstumpfend
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	Trockene oder feuchte Fahrbahn, fallweise Vereisungsreste nicht auszuschießen	Trockene oder feuchte Fahrbahn, fallweise Vereisungsreste nicht auszuschießen
<b>Lang anhaltende Schneefälle, länger als zwei Tage durchgehender starker Schneefall, verbunden mit Schneeverwehungen und Eisglätte, ggf. auch Lawinenabgängen</b>	Befahrbarkeit mit Winterausrüstung angestrebt, jedoch nicht sichergestellt. Mit massiven Behinderungen ist zu rechnen. Gegebenenfalls Schneekettenpflicht oder Sperren von Straßen oder einzelnen Fahrspuren	Befahrbarkeit nur mit Schneeketten, erhebliche Behinderungen und Sperren möglich
Betreuungsart	Räumung und Streuung	Räumung und Streuung
Winterdienstbetreuungszeitraum	4 bis 22 Uhr	5 bis 22 Uhr
Maximale Schneehöhen	Kein Limit	Kein Limit
Umlaufzeit eines Winterdienstesatzes	Nach Möglichkeit	Nach Möglichkeit
Verwendete Streumittel	Auftauend vorzugsweise Feuchtsalz	Auftauend vorzugsweise Feuchtsalz, erforderlichenfalls zusätzlich abstumpfend
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	Befahrbarkeit der Hauptspuren und der Spuren für den öffentlichen Verkehr, Schneereste zu erwarten	Befahrbarkeit wird angestrebt, Behinderungen durch Schneereste zu erwarten
Anmerkungen		



	Winterdienstkategorie P3	Winterdienstkategorie P4
	<b>Straßen mit untergeordneter Verkehrsbedeutung Gemeindestraßen mit ländlichem Charakter (Güter- und Verbindungswege, Zufahrtsstraßen etc.)</b>	<b>Getrennt geführte Radwege als Verbindung von Ortsteilen bzw. mit Bedeutung für den Berufsverkehr/ Schulverkehr</b>
<b>Leichte Schneefälle, auch in Verbindung mit Glätte durch Temperaturwechsel, Reifglätte, leichte Verwehungen</b>	Befahrbarkeit mit Winterausrüstung innerhalb der vorgegebenen Zeiten gewährleistet. Außerhalb der Betreuungszeiten Behinderungen möglich	Befahrbarkeit mit geeigneten Fahrrädern innerhalb der vorgegebenen Zeiten gewährleistet. Außerhalb der Betreuungszeiten Behinderungen möglich
Betreuungsart	Weißräumung und Splittstreuung	Räumung und Streuung
Winterdienstbetreuungszeitraum	6 bis 22 Uhr	6 bis 19 Uhr
Maximale Schneehöhen	10 cm, in der Nacht darüber	10 cm, in der Nacht darüber
Umlaufzeit eines Winterdienstesatzes	max. 12 Stunden	max. 12 Stunden
Verwendete Streumittel	Splitt, in Ausnahmefällen Salz	Auftauend vorzugsweise Feuchtsalz gegebenenfalls gemischt
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	In der Regel Schneefahrbahn	Trockene Fahrbahn, Vereisungsreste und Spurrillen nicht auszuschließen, Rollsplitt möglich
Anmerkungen		
<b>Starke Schneefälle, Schneeverwehungen</b>	Befahrbarkeit mit Winterausrüstung innerhalb der vorgegebenen Zeiten wird angestrebt. Bei lang andauerndem Niederschlag und in der Nacht Befahrbarkeit möglicherweise nur mit Schneeketten	Befahrbarkeit mit geeigneten Rädern / Bereifung innerhalb der vorgegebenen Zeiten angestrebt. In der Nacht Behinderungen
Betreuungsart	Weißräumung und Splittstreuung	Räumung und Streuung
Winterdienstbetreuungszeitraum	6 bis 22 Uhr	6 bis 19 Uhr
Maximale Schneehöhen	über 20 cm, in der Nacht darüber	max. 10 cm, in der Nacht darüber
Umlaufzeit eines Winterdienstesatzes	max. 12 bis 15 Stunden	24 Stunden
Verwendete Streumittel	Splitt, in Ausnahmefällen Salz	Auftauend vorzugsweise Feuchtsalz
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	Schneefahrbahn	Trockene Fahrbahn, Vereisungsreste und Spurrillen nicht auszuschließen, Rollsplitt möglich
Anmerkungen	Splittstreuung kann erst nach der Räumung erfolgen	Befahrbarkeit nicht gewährleistet

Fortsetzung folgt auf nächster Seite



	Winterdienstkategorie P3	Winterdienstkategorie P4
	<b>Straßen mit untergeordneter Verkehrsbedeutung Gemeindestraßen mit ländlichem Charakter (Güter- und Verbindungswege, Zufahrtsstraßen etc.)</b>	<b>Getrennt geführte Radwege als Verbindung von Ortsteilen bzw. mit Bedeutung für den Berufsverkehr/ Schulverkehr</b>
<b>Extremes Glatteis (z.B. Eisregen, gefrierender Regen)</b>	Befahrbarkeit nicht gewährleistet	
Betreuungsart	Streuung	Streuung
Winterdienstbetreuungszeitraum	Nach Bedarf	6 bis 19 Uhr
Behinderungen	Behinderung durch Eisglätte zu erwarten	Behinderung durch Eisglätte zu erwarten
Umlaufzeit eines Winterdienstesatzes	Nach Möglichkeit	Nach Möglichkeit
Verwendete Streumittel	Splitt, in Ausnahmefällen Salz	Auftauend vorzugsweise Feuchtsalz
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	Vereisungsreste nicht auszuschließen	Trockene oder feuchte Fahrbahn, fallweise Vereisungsreste nicht auszuschließen
<b>Lang anhaltende Schneefälle, länger als zwei Tage durchgehender starker Schneefall, verbunden mit Schneeverwehungen und Eisglätte, ggf. auch Lawinenabgängen</b>	Befahrbarkeit nur mit Schneeketten, erhebliche Behinderungen und Sperren möglich	Befahrbarkeit angestrebt, aber nicht gewährleistet
Betreuungsart	Räumung und Streuung (Splitt nach Abklingen der Schneefälle)	Räumung und Streuung
Winterdienstbetreuungszeitraum	6 bis 22 Uhr	6 bis 19 Uhr
Maximale Schneehöhen	Kein Limit	Kein Limit
Umlaufzeit eines Winterdienstesatzes	Nach Möglichkeit	Nach Möglichkeit
Verwendete Streumittel	Splitt, in Ausnahmefällen Salz	Auftauend vorzugsweise Feuchtsalz, erforderlichenfalls zusätzlich abstumpfend
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	Befahrbarkeit wird angestrebt	Befahrbarkeit nicht zu erwarten
Anmerkungen		



	Winterdienstkategorie P5	Winterdienstkategorie P6
	<b>Getrennt geführte Radwege als Verbindung mit einer örtlichen Erschließungsfunktion bzw. Freizeitverkehr</b>	<b>Ausgewiesene Gehwege, Fußgängerzonen, Einkaufsstraßen, Schulwege, Wege im Bereich von Krankenhäusern u.ä. Einrichtungen, Haltestellen von Öffis soweit diese im Aufgabenbereich der Kommune liegen</b>
<b>Leichte Schneefälle, auch in Verbindung mit Glätte durch Temperaturwechsel, Reifglätte, leichte Verwehungen</b>	Befahrbarkeit nicht immer gewährleistet	Begehbarkeit mit geeignetem Schuhwerk innerhalb der vorgegebenen Zeiten gewährleistet
Betreuungsart	Räumung und Streuung	Räumung und Streuung
Winterdienstbetreuungszeitraum	6 bis 19 Uhr	6 bis 22 Uhr analog § 93 StVO
Maximale Schneehöhen	Behinderung durch Schnee/Eis möglich	Behinderung durch Schnee/Eis möglich
Umlaufzeit eines Winterdienstes	nach Bedarf	gem. § 93 StVO oder Wegehalter § 1319a ABGB
Verwendete Streumittel	Auftauend oder abstumpfend	Auftauend oder abstumpfend
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	befahrbar. Mit Schnee und Vereisungsresten bzw. Spurrillen ist zu rechnen. Rollsplitt ist möglich	Trocken, Vereisungsreste und Unebenheiten nicht auszuschließen
Anmerkungen		
<b>Starke Schneefälle, Schneeverwehungen</b>	Befahrbarkeit nicht gewährleistet. In der Nacht Behinderungen	Begehbarkeit mit geeignetem Schuhwerk innerhalb der vorgegebenen Zeiten angestrebt aber nicht dauerhaft gewährleistet
Betreuungsart	Räumung und Streuung	Räumung und Streuung
Winterdienstbetreuungszeitraum	6 bis 19 Uhr	6 bis 22 Uhr
Maximale Schneehöhen	Behinderung durch Schnee/Eis möglich	Behinderung durch Schnee/Eis möglich
Umlaufzeit eines Winterdienstes	Nach Bedarf	gem. § 93 StVO oder Wegehalter § 1319a ABGB
Verwendete Streumittel	Auftauend oder abstumpfend	Auftauend oder abstumpfend
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	Befahrbar. Mit Schnee und Vereisungsresten bzw. Spurrillen ist zu rechnen. Rollsplitt ist möglich	Trocken, Vereisungsreste und Unebenheiten nicht auszuschließen
Anmerkungen		

Fortsetzung folgt auf nächster Seite



	Winterdienstkategorie P5	Winterdienstkategorie P6
	Getrennt geführte Radwege als Verbindung mit einer örtlichen Erschließungsfunktion bzw. Freizeitverkehr	Ausgewiesene Gehwege, Fußgängerzonen, Einkaufsstrassen, Schulwege, Wege im Bereich von Krankenhäusern u.ä. Einrichtungen, Haltestellen von Öffis soweit diese im Aufgabenbereich der Kommune liegen
<b>Extremes Glatteis (z.B. Eisregen, gefrierender Regen)</b>	Befahrbarkeit nicht gewährleistet	Begehbarkeit mit geeignetem Schuhwerk innerhalb der vorgegebenen Zeiten gewährleistet
Betreuungsart	Streuung	Streuung
Winterdienstbetreuungszeitraum	6 bis 19 Uhr	6 bis 22 Uhr
Behinderungen	Behinderung durch Eisglätte zu erwarten	Behinderung durch Eisglätte zu erwarten
Umlaufzeit eines Winterdienstesatzes	Nach Möglichkeit	gem. § 93 StVO oder Wegehalter § 1319a ABGB
Verwendete Streumittel	Auftauend oder abstumpfend	Auftauend oder abstumpfend
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	Trockene oder feuchte Fahrbahn, fallweise Vereisungsreste wahrscheinlich	Trockene oder feuchte Betreuungsflächen, fallweise Vereisungsreste wahrscheinlich
<b>Lang anhaltende Schneefälle, länger als zwei Tage durchgehender starker Schneefall, verbunden mit Schneeverwehungen und Eisglätte, ggf. auch Lawinenabgängen</b>	keine Befahrbarkeit	Begehbarkeit mit geeignetem Schuhwerk mit starken Einschränkungen
Betreuungsart	Räumung und Streuung	Räumung und Streuung
Winterdienstbetreuungszeitraum	6 bis 19 Uhr	6 bis 22 Uhr
Maximale Schneehöhen	Kein Limit	Kein Limit
Umlaufzeit eines Winterdienstesatzes	Nach Möglichkeit	gem. § 93 StVO oder Wegehalter § 1319a ABGB
Verwendete Streumittel	Auftauend oder abstumpfend	Auftauend oder abstumpfend
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	Befahrbarkeit nicht zu erwarten	Begehbarkeit wird angestrebt, Behinderungen sind zu erwarten
Anmerkungen	Unter Umständen zeitweise unbefahrbar	



<b>Winterdienstkategorie P7</b>	
<b>Parkplätze, Abstellflächen, Parkwege, sonstige Verkehrsflächen</b>	
<b>Leichte Schneefälle, auch in Verbindung mit Glätte durch Temperaturwechsel, Reifglätte, leichte Verwehungen</b>	Betreuung nur nach Maßgabe der Kapazitäten, Behinderungen sind wahrscheinlich. Nicht betreute Wege sind physisch zu sperren
Betreuungsart	Räumung nach dem Einsatz
Winterdienstbetreuungszeitraum	Keine Angabe
Maximale Schneehöhen	Behinderungen jederzeit möglich
Umlaufzeit eines Winterdienstesatzes	Keine
Verwendete Streumittel	Auftauend oder abstumpfend
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	Nach Maßgabe der Möglichkeiten. Nutzungseinschränkungen durch Schneeablagerung möglich
Anmerkungen	Es besteht kein Anrecht auf geräumte Parkplätze innerhalb gebührenpflichtiger Zonen
<b>Starke Schneefälle, Schneeverwehungen</b>	Betreuung erfolgt nach Maßgabe der Kapazitäten. Behinderungen sind wahrscheinlich. Nicht betreute Wege sind physisch zu sperren.
Betreuungsart	Räumung nach dem Einsatz
Winterdienstbetreuungszeitraum	Keine Angabe
Maximale Schneehöhen	Behinderungen jederzeit möglich
Umlaufzeit eines Winterdienstesatzes	Keine
Verwendete Streumittel	Auftauend oder abstumpfend
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	Nach Maßgabe der Möglichkeiten. Nutzungseinschränkungen durch Schneeablagerung möglich
Anmerkungen	Es besteht kein Anrecht auf geräumte Parkplätze innerhalb gebührenpflichtiger Zonen

Fortsetzung folgt auf nächster Seite



<b>Winterdienstkategorie P7</b>	
<b>Parkplätze, Abstellflächen, Parkwege, sonstige Verkehrsflächen</b>	
<b>Extremes Glatteis (z.B. Eisregen, gefrierender Regen)</b>	Betreuung erfolgt nach Maßgabe der Kapazitäten bzw. nach Ende von Niederschlägen. Behinderungen sind wahrscheinlich. Nicht betreute Wege sind physisch zu sperren.
Betreuungsart	Keine
Winterdienstbetreuungszeitraum	Keine
Behinderungen	Behinderung durch Eisglätte zu erwarten
Umlaufzeit eines Winterdienstesatzes	Nach Möglichkeit
Verwendete Streumittel	Auftauend oder abstumpfend
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	Vereisungsreste wahrscheinlich
<b>Lang anhaltende Schneefälle, länger als zwei Tage durchgehender starker Schneefall, verbunden mit Schneeverwehungen und Eisglätte, ggf. auch Lawinenabgängen</b>	Benützung unter Umständen nicht möglich
Betreuungsart	Räumung nach dem Einsatz
Winterdienstbetreuungszeitraum	Keine Angabe
Maximale Schneehöhen	Kein Limit
Umlaufzeit eines Winterdienstesatzes	Nach Möglichkeit
Verwendete Streumittel	Auftauend oder abstumpfend
Zustand der Betreuungsfläche nach Einsatzende	Nutzungseinschränkungen durch Schneeablagerung wahrscheinlich
Anmerkungen	Flächen werden für Schneelagerung benötigt

## Anhang B: Auszug Leitfaden Winterdienst

Fotodokumentation	Fahrbahnzustand	Winterdienstempfehlung
	<b>Trockene Fahrbahn:</b>	<b>Minimalstreuung nur bei Reifglätte:</b>
	Keine Reifglätte zu erwarten Fahrbahntemperatur: -30°C bis +60°C Hohe Griffigkeit, $\mu = 0,6 - 1,0$	Streuung nicht erforderlich
	Reifglätte möglich bzw. zu erwarten (üblicherweise ab 2 - 4 Uhr)	Präventive Streuung 5 – 10* g/m <sup>2</sup> bei einsetzender Reifbildung
	<b>Feuchte oder nasse Fahrbahn:</b>	<b>Streuung nur bei Minusgraden:</b>
	Fahrbahntemperatur > 0° C Mittlere Griffigkeit, $\mu = 0,4 - 0,7$	Streuung nicht erforderlich (Temperaturverlauf beobachten!)
Fahrbahntemperatur ≤ 0° C Feuchte Fahrbahn Mittlere Griffigkeit, $\mu = 0,2 - 0,6$	Präventive Streuung 5 – 10* g/m <sup>2</sup> vor einsetzender Glättebildung	
Fahrbahntemperatur ≤ 0° C Nasse Fahrbahn Sehr geringe Griffigkeit, $\mu = 0,1 - 0,6$	Streuung von 20 – 40* g/m <sup>2</sup> vor Eisbildung wichtig Bei Glätteisgefahr Warmmeldung geben!	
	<b>Schnee auf der Fahrbahn:</b>	<b>Räumen und Streuen nach Situation:</b>
	Kein Schneefall Rollspur schneefrei Mäßige Griffigkeit, $\mu = 0,3 - 0,5$	Räumen und Streuen mit 10 – 20* g/m <sup>2</sup> , damit Restschnee getaut wird
	Schneefall weniger als 0,5 cm/Umlauf Geringe Griffigkeit, $\mu = 0,2 - 0,5$	Räumen und Streuen mit 10 – 20* g/m <sup>2</sup>
Schneefall mehr als 0,5 cm/Umlauf Schnee bleibt in Rollspur liegen Geringe Griffigkeit, $\mu = 0,2 - 0,4$	Räumen u. Streuen 10 g/m <sup>2</sup> (Trennfilm!) bis Ende der Schneefälle, danach Räumen und Streuen mit 10 – 20* g/m <sup>2</sup>	
	<b>Schnee in der Rollspur:</b>	<b>Räumen und Streuen nach Situation:</b>
	Kein Schneefall Fahrbahn schneebedeckt Geringe Griffigkeit, $\mu = 0,2 - 0,3$	Räumen und Streuen mit 20 – 30* g/m <sup>2</sup> , damit Restschnee getaut wird
	Schneefall weniger als 0,5 cm/Umlauf Geringe Griffigkeit, $\mu = 0,2 - 0,3$	Räumen und Streuen mit 20 – 30* g/m <sup>2</sup>
Schneefall mehr als 0,5 cm/Umlauf Geringe Griffigkeit, $\mu = 0,1 - 0,3$	Räumen u. Streuen 10 g/m <sup>2</sup> (Trennfilm!) bis Ende der Schneefälle, danach Räumen und Streuen mit 20 – 30* g/m <sup>2</sup>	
	<b>Eisglätte auf der Fahrbahn:</b>	<b>Streuen nach Bedarf:</b>
	Kein Niederschlag, Fahrbahntemperatur ≤ 0°C. Sehr geringe Griffigkeit, $\mu = 0,05 - 0,2$	Präventive Streuung falls möglich, Streuung mit Maximalmenge an kritischen/eisigen Stellen, Nachstreuen nach Bedarf
Eisglätte und weiterer Niederschlag (Schnee oder Regen)	Streuen mit Maximalmenge bis zur Beseitigung der Glätte Ggf. Sperre des Straßenabschnittes. Verkehrsfreigabe nach Sperre erst bei ausreichender Griffigkeit	

Abbildung 31: Streueempfehlungen für typische Wettersituationen (Neuhold, et al., 2011)

\* Bei hoher Verkehrsmenge und schlechtem Straßenzustand ist die Streumenge im oberen Bereich der angegebenen Bandbreite zu wählen.

## Anhang C: Fragebogen Winterdienst

Winterdienst Vorarlberg Seite 1/22 0%

---

Sehr geehrte Empfängerin, sehr geehrter Empfänger,

dies ist eine Umfrage, die an alle 96 Gemeinden in Vorarlberg gesendet wird. Diese Umfrage hilft dem Umweltverband einen Überblick über die derzeitige Praxis im Winterdienst in Vorarlberg zu bekommen.

Es werden Fragen zu Fahrzeugen und Geräten, zu Drittleistern, Planungs-Tools, Streumittel und anderen Themen gestellt.

Bitte füllen Sie diesen Fragebogen nach bestem Wissen aus. Dies ist ein wichtiger Beitrag für die Verbesserung des Winterdienstes in ganz Vorarlberg.

Das Ausfüllen des Fragebogens wird ca. 30 Minuten in Anspruch nehmen. Sie können jederzeit unterbrechen und zu einem späteren Zeitpunkt fortfahren. Die Daten bleiben soweit gespeichert. Um auch die zuletzt eingetragenen Angaben zu speichern drücken Sie einmal auf den Zurück-Knopf der Umfrage. Anschließend können Sie beruhigt Pause machen und das Fenster schließen. Mit einem erneuten Klick auf den Link in Ihrem e-mail können Sie die Umfrage wieder öffnen und mit dem Fragebogen fortsetzen.

Viel Spass beim ausfüllen!

---

Zurück [Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask** Weiter

Winterdienst Vorarlberg Seite 2/22 5%

## Allgemeines

Es werden allgemeine Daten erfragt.

1. **Welcher Gemeinde gehören Sie an? \***

2. **Ihr Name?**

3. **Ihre e-Mail Adresse?**

4. **Was ist Ihre Funktion innerhalb der Gemeinde? \***

- Mitarbeiter/in der Straßenmeisterei / Bauhof
- Leiter/in der Straßenmeisterei / Bauhof
- Gemeindebedienstete/r
- Bürgermeister/in
- 

[Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask**

Winterdienst Vorarlberg Seite 3/22 9%

## Winterdienst-Planungs-Tool

In diesem Abschnitt werden Fragen über eine Software gestellt, die in der Gemeinde die Winterdienstplanung unterstützt (falls vorhanden).

5. **Gibt es in der Gemeinde eine zentrale Software für die Winterdienstorganisation (Planung, automatische Protokollierung, ...)? \***

- Ja, eine Software für die Winterdienstorganisation ist vorhanden.
- Nein, so etwas gibt es nicht in der Gemeinde.

[Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask**

**nur bei „JA“**

---

Winterdienst Vorarlberg Seite 4/22  14%

---

**6. Wird die Software vom Streugerätehersteller zur Verfügung gestellt? \***

Ja, es wird die Software des Geräteherstellers genutzt.

Nein, die Software kommt von einem anderen Anbieter.

Zurück [Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask** Weiter

---

**zwei Alternativen**

---

**bei „JA“**

Winterdienst Vorarlberg Seite 5/22  18%

---

**7. Von welchem Gerätehersteller stammt die Software? \***

Hersteller

Produkt

Zurück [Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask** Weiter

---

**bei „Nein“**

Winterdienst Vorarlberg Seite 6/22  23%

---

**7. Von welchem anderen Anbieter stammt die Software? \***

Hersteller

Produkt

Zurück [Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask** Weiter

Winterdienst Vorarlberg Seite 7/22  27%

**8. Was kostet die Software, falls eine kommerzielle Software genutzt wird?**  
*Falls bekannt, geben Sie bitte die Kosten für die Software an.*

Investitionskosten [€]

periodische Kosten [€/Periode]

**9. Welchen Funktionsumfang bietet die Software? \***  
*Planung, Organisation (Wie unterstützt die Software die Organisation?), Protokollierung. Bitte beschreiben Sie die Software stichwortartig.*

Zurück [Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask** Weiter

Winterdienst Vorarlberg Seite 8/22  32%

**10. Gibt es derzeit laufende Evaluierungen / Bewertungen der Ergebnisse des Winterdienstes? \***

Ja, es werden periodisch Evaluierungen durchgeführt.

Nein, Erkenntnisse werden nicht systematisch erfasst.

Zurück [Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask** Weiter

**nur bei „JA“**

Winterdienst VorarlbergSeite 9/22  36%

**11. Welche Evaluierungsgrößen werden angewendet? \***

	ja	nein
Unfallzahlen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Salzverbrauch pro Zeit in Zusammenhang mit Wetter (Tage mit Niederschlag).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Splittverbrauch pro Zeit in Zusammenhang mit Wetter (Tage mit Niederschlag).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Zurück[Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask**Weiter

## Streumittel

In diesem Abschnitt werden Fragen über Streumittel gestellt.

12. **Werden ausschließlich Splitt und Salz (NaCl) verwendet oder gibt es auch alternative, neue Technologien im Einsatz? \***

*Bitte kreuzen Sie die von Ihrer Gemeinde genutzten Streumittel an.*

- Splitt
- Natriumchlorid (NaCl)
- Calciumchlorid
- Magnesiumchlorid
- Harnstoff (Ureum)
- Ammoniumsulfat
- Kaliumcarbonat
- Kaliumcarbonat auf Blähton
- Natriumformiat
- Kalium- oder Natriumacetat
- Ethylenglykol
- Safecote (Zucker)
- CMA (Calcium-Magnesium-Acetat)
-

**13. Nach welchen Kriterien wird entschieden, was gestreut wird? \***  
*Bitte kreuzen Sie an, welche Aspekte auf die Streumittelwahl Einfluss haben. Bei Bedarf, bitte die Liste ergänzen.*

DTV / Verkehrsmenge

zulässige Geschwindigkeit

Temperatur

Schneehöhe

Straßenkategorie

**14. Welche Philosophie wird bezüglich der Streumengen vertreten? \***

eher weniger streuen

eher mehr streuen

Es wird genau nach einer bestimmten Richtlinie gestreut.

Zurück [Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask** Weiter

**drei Alternativen  
bei „eher weniger streuen“**

Winterdienst Vorarlberg Seite 11/22

**15. Warum verfolgt die Gemeinde diese Streuphilosophie? \***  
*Bitte kreuzen Sie an, warum in Ihrer Gemeinde eher weniger gestreut wird.*

Eher weniger streuen, aufgrund des Umweltschutzes.

Eher weniger streuen, aus Kostengründen.

weiß nicht

Zurück [Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask** Weiter

**bei „eher mehr streuen“**

Winterdienst VorarlbergSeite 12/2250%

**15. Warum verfolgt die Gemeinde diese Streuphilosophie? \***  
*Bitte kreuzen Sie an, warum in Ihrer Gemeinde eher mehr gestreut wird.*

- Eher mehr streuen, für hohe Sicherheit der Verkehrsteilnehmer/innen.
- Eher mehr streuen, zur eigenen rechtlichen Absicherung.
- weiß nicht
-

Zurück[Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask**Weiter

**bei „Es wird genau nach einer bestimmten Richtlinie gestreut.“**

Winterdienst VorarlbergSeite 13/2255%

**15. Wenn Sie genau nach bestimmten Richtlinien streuen, welche sind das? \***  
*Bitte geben Sie die Richtlinie(n) und deren Erscheinungsjahr an.*

	Erscheinungsjahr
1. Richtlinie <input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 80%;" type="text"/>
2. Richtlinie <input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 80%;" type="text"/>
3. Richtlinie <input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 80%;" type="text"/>
4. Richtlinie <input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 80%;" type="text"/>
5. Richtlinie <input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 80%;" type="text"/>

Zurück[Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask**Weiter

Winterdienst Vorarlberg		Seite 14/22	59%
16.	<b>Kommt in Ihrer Gemeinde die Präventivstreuung zur Anwendung? *</b> <i>Wird auch vor Niederschlagsereignissen gestreut oder ausschließlich nach Schneefall oder bei Glättegefahr?</i>		
	<input type="radio"/> Ja, es wird in der Gemeinde auch kurz vor Niederschlägen gestreut.		
	<input type="radio"/> Nein, in der Gemeinde wird ausschließlich kurativ, also nach Niederschlägen gestreut.		
17.	<b>Welchen Feuchtegehalt weisen die Salze auf, wenn sie ausgebracht werden? *</b> <i>Bitte kreuzen Sie die in Ihrer Gemeinde genutzten Methoden an.</i>		
	<input type="checkbox"/> Trockensalz		
	<input type="checkbox"/> Feuchtsalz		
	<input type="checkbox"/> Sole		
18.	<b>Wenn Feuchtsalz zur Anwendung kommt, welcher Feuchtegehalt wird angestrebt?</b> <i>Bitte beschreiben Sie stichwortartig mit welchen Feuchtegehalten gearbeitet wird.</i>		
	<div style="border: 1px solid #ccc; height: 60px; width: 100%;"></div>		
19.	<b>Bei Feuchtsalzanwendung: Erfolgt eine Anpassung des Feuchtegehalts des Streuguts an äußere Bedingungen?</b>		
	<input type="radio"/> Ja.		
	<input type="radio"/> Nein, es wird standardmäßig nur ein Zustand des Streumittels ausgebracht.		
	<input type="radio"/> Nein, aufgrund der Ausrüstung ist nur ein Zustand zur Ausbringung möglich.		
	<input type="radio"/> <input type="text"/>		
<a href="#">Zurück</a>		Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask' <b>2ask</b>	<a href="#">Weiter</a>

Winterdienst Vorarlberg Seite 15/22 64%

## So, schon fast geschafft.

Zum Schluss noch ein paar allgemeine Fragen und Fragen zu den Fahrzeugen.

20. **Wo sind die Fahrzeuge stationiert? \***  
*Bitte geben Sie an, ob die Fahrzeuge gesammelt oder an verschiedenen Orten stationiert sind.*

- Die Stationierung der Fahrzeuge erfolgt zentral an einem Ort.
- Die Stationierung der Fahrzeuge erfolgt dezentral an mehreren Orten.

21. **Wie viele MitarbeiterInnen sind in Ihrer Gemeinde im Winterdienst beschäftigt? \***

22. **Werden in der Gemeinde Wetterprognosen für den Winterdienst herangezogen? \***

- Ja, regelmäßige Abfragen eines Wetterdienstes helfen beim Winterdienst.
- Nein, es gibt keine gesonderte Wetterdienstunterstützung.

Zurück Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask' 2ask Weiter

nur bei „JA“

Winterdienst Vorarlberg Seite 16/22 68%

23. **Welche Wetterdienste werden hierfür abgerufen? \***

- ZAMG
- SWIS
- 

24. **In welchen Intervallen werden diese aktualisiert und abgerufen? \***  
*Bitte geben Sie die Intervalle stichwortartig an. (z.B.: 15 Minuten, 1 Stunde, ...)*

Zurück Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask' 2ask Weiter

Winterdienst Vorarlberg Seite 17/22 73%

25. **Gibt es statistische Aufzeichnungen über den Winterdienst (Auswertung der Protokolle und anderer Aufzeichnungen)? \***

- Ja, Protokolle und andere Aufzeichnungen werden systematisch gesammelt und ausgewertet.
- Nein, es findet keine Pflege einer Wissensbank statt.

Zurück [Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask** Weiter

**nur bei „JA“**

Winterdienst Vorarlberg Seite 18/22 77%

26. **Was wird ausgewertet?**

- Verbrauch von Splitt und Salz
- Einsatztage des Winterdienstes in den Gemeinden
- 

Zurück [Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask** Weiter

Winterdienst Voralberg
Seite 19/22 82%

## Fahrzeuge und Aufbaugeräte

In diesem Abschnitt werden Fragen zu Fahrzeugen und Aufbauten für den Winterdienst gestellt.

**27. Welche verschiedenen Typen von gemeindeeigenen Fahrzeugen sind für Schneeräumung und Salz-/ Splittstreuung im Einsatz?**  
Bitte geben Sie die Art und Anzahl aller motorisierten Fahrzeuge der Gemeinde an.

	Typ (Lkw, Unimog, Traktor, ...)	Anzahl der Fahrzeuge
Typ 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 3	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 4	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 6	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 7	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 8	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 9	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 10	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**28. Welche Aufbaugeräte gibt es für diese Fahrzeuge in der Gemeinde?**  
Bitte nehmen Sie sich Zeit, diese Frage auszufüllen. Sie können auch während des Ausfüllens unterbrechen. Drücken Sie jedoch vorher den Zurück-Knopf der Umfrage, um Ihre Angaben zu speichern.

Art (Schneepflug, Salzstreuer, ...)	Hersteller	Typen-Bezeichnung	Anzahl	Alter	Sensorik (ja/nein)	Bedienfeld im Fahrerhaus (ja/nein)	Protokollierung manuell/automatisch	Welche Daten werden protokolliert? (GPS, Ausbringungsmenge, Außentemperatur etc.)	Eigentum Gemeinde (ja/nein)
1. Gerät	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
2. Gerät	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
3. Gerät	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
18. Gerät	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
19. Gerät	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
20. Gerät	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					

Zurück
Umfrage erstellt mit Hilfe von 2ask
Weiter

## Angaben zu Dritteileister

In diesem Abschnitt werden Fragen zu Dritteileistern (Frächter) gestellt.

### 29. Welche Dritteileister (Frächter) helfen der Gemeinde den Winterdienst durchzuführen?

	Anzahl
Landwirt(e)	<input type="text"/>
Bauunternehmer	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

### 30. Welche verschiedenen Typen von Fahrzeugen sind bei den Frächtern für Schneeräumung und Salz-/ Splittstreuung im Einsatz? Falls bekannt, geben Sie bitte die Art und Anzahl aller motorisierten Fahrzeuge der Dritteileister an.

	Typ (Lkw, Unimog, Traktor, ...)	Anzahl der Fahrzeuge
Typ 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 3	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 4	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 5	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 6	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 7	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 8	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 9	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Typ 10	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**31. Welche Aufbaugeräte gibt es für diese Fahrzeuge bei den Frächtern?**  
*Falls bekannt, geben Sie bitte an, welche Geräte bei den Frächtern zum Einsatz kommen.*

	Art (Schneepflug, Salzstreuer, ...)	Hersteller	Typen-Bezeichnung	Anzahl
1. Gerät	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2. Gerät	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3. Gerät	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
12. Gerät	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
13. Gerät	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
14. Gerät	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
15. Gerät	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Zurück [Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask** Weiter

**Winterdienst Vorarlberg** Seite 21/22

**32. Letzte Frage: Wie ist die Länge und Struktur des zu bearbeitenden Straßennetzes in der Gemeinde?**  
*Falls bekannt, geben Sie bitte die Längen der einzelnen Straßenkategorien in km an.*

		eher linienförmig (kleine Gemeinden)	eher flächig (größere, verzweigte Gemeinden)
Gesamtlänge aller Landesstraßen B [km]	<input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gesamtlänge aller Landesstraßen L [km]	<input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gesamtlänge aller Gemeindestraßen [km]	<input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Zurück [Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask'](#) **2ask** Weiter

Winterdienst Vorarlberg Seite 22/22

## IHRE ANMERKUNGEN

Bitte nehmen Sie sich noch kurz Zeit, Kritik am Fragebogen zu üben. Wir sind offen für Verbesserungsvorschläge aller Art.

**33. Wie hat Ihnen der Fragebogen gefallen? Was hat Sie gestört?**  
*Bitte geben Sie hier noch Ihre Verbesserungsvorschläge für diesen Fragebogen an.*

[Zurück](#) [Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask' !\[\]\(ebb02aa17eb68d68bd418da3f8076aee\_img.jpg\)](#) [Absenden](#)

Winterdienst Vorarlberg

## Ende des Fragebogens

Vielen Dank für die Teilnahme an unserer Umfrage.  
Der Fragebogen erfolgreich gesendet.

Sie haben einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung des Winterdienstes in Vorarlberg geleistet.

Die Umfrage kann nun geschlossen werden.

[Umfrage erstellt mit Hilfe von '2ask' !\[\]\(585bcf57091e6def3f2aec7497f0cacb\_img.jpg\)](#)

## Anhang D: Fahrzeug- und Gerätelisten

### Fahrzeuge und handgeführte Geräte der Gemeinden

Fahrzeuge und handgeführte Geräte der Gemeinden			
Gemeinde	Fahrzeugart	Typen- Bezeichnung (Firma)	Anzahl
Damüls	Radlader		1
Schröcken	Traktor	CVT 170	1
Lech	Schneefräse	B 1500	1
	Schneefräse	B 700	1
	Schneefräse	B 600	1
	Radlader		3
Nüziders	Traktor	John Deere 6230	1
	Geräteträger	Boki Mobil HY 1251	1
	Geräteträger	Holder C500	1
Feldkirch	Lkw		3
	Klein-Traktor		5
	Radlader		2
Wolfurt	Geräteträger	Unimog U130	1
	Traktor	John Deere 6430	1
	Traktor	John Deere 3720	1
	Traktor	John Deere 3520	1
	Pritschenwagen		1
St. Anton im Montafon	Traktor		1
Schwarzach	Schmalspurtraktor		2
Göfis	Traktor	Kubota	1
	Traktor	Massey Ferguson	1
Schoppernau	Traktor		1

Gaschurn	Muli (Pritschentraktor)	REFORM	1
	Traktor	Fendt	1
	Schneefräse		1
	kleine Schneefräse		1
Lorüns	Traktor		1
Vandans	Muli (Pritschentraktor)	REFORM	1
	Radlader	Weidemann	1
Höchst	Traktor groß		4
	Traktor klein		3
Satteins	Traktor		1
	Komunalfahrzeug		1
Frastanz	LKW		1
	Geräteträger	Unimog Mercedes	1
	Geräteträger	Unitrac Lindner	1
	Traktor	Kubota	1
Bludesch	Schmalspur-Geräteträger	Multicar Tremo Carrier S	1
Lingenau	Traktor	Antonio Carraro	1
Kennelbach	Traktor	Kubota	1
Nenzing	Lkw	Steyr 19S24	1
	Geräteträger	Unimog	1
	Traktor		1
	kl. Kommunalgerät		1
Mittelberg	Geräteträger	Unimog	1
	Traktor groß		1
	Traktor klein		3
	Schmalspurfahrzeug		1
Bürs	Lkw		1
	Traktor		2
	Kommunalfahrzeug		1
Götzis	Traktor	Fendt	1
	Geräteträger	Holder	1
	Traktor	John Deere	1

Doren	Geräteträger	Unimog U1200	1
Schruns	Radlader		2
	Geräteträger	Holder	3

## Aufbaugeräte für Fahrzeuge der Gemeinde

Aufbaugeräte für Fahrzeuge der Gemeinde										
Gemeinde	Art	Hersteller	Typen-Bezeichnung	Anzahl	Alter (Jahre)	Sensorik (ja/nein)	Bedienfeld im Fahrerhaus (ja/nein)	Protokollierung manuell/automatisch	Welche Daten werden protokolliert? (GPS, Ausbringungsmenge, Außentemperatur etc.)	Eigentum Gemeinde (ja/nein)
Schröcken	Salzstreuer	Eigenbau		1	5					ja
	Splittstreuer	Kahlbacher		1	10					ja
	Schneepflug	Kahlbacher		1	10					ja
	Schneefräse	Kahlbacher		1	10					ja
Lech	Schneepflug	Kahlbacher		1	4	nein				ja
	Doppelkammersstreuer	Gmeiner	3 m <sup>3</sup>	1	4	ja	ja			ja
	Anbaufräse	Kahlbacher	90er Frästrommel	1	12	nein				ja
	Traktorstreuer		2 m <sup>3</sup>		25					ja
	Radladerschneefräse			1						
	Traktor Anhänger-schneefräse			1						
	Schneepflug		U 1600	1						
	Schneefräse	Holder		1						
Nüziders	Schneepflug	Hauer		1	3	nein	ja	manuell		ja
	Schneepflug	Hauer		1	6	nein	ja	manuell		Ja
	Salzstreuer	Kugelman	Boki	1	7	nein	ja	manuell		ja
	Schneefräse	Westa	550/1500hy		7	nein	ja	manuell		ja
	Schneepflug				30	nein	ja	manuell		ja
	Streuanhänger	Rauch			21	nein	ja	manuell		ja
	Schneefräse	Kalbacher			30	nein	ja	manuell		ja

Feldkirch	Schneepflug	Schmidt		8		nein	ja	manuell	Schneeräumung, Glättebekämpfung, Arbeitszeit, Strecke	ja
	Salzstreuer	Schmidt	2 Kammer	8		nein	ja	manuell	s. oben	ja
Wolfurt	Schneefräse	Zaugg	ZSF 55/45/12	1	32	nein	nein	manuell	nein	ja
	Schneefräse	Zaugg	SF 52-R-150	1	6	ja	ja	manuell	nein	ja
	Schneepflug	Schilcher	SHL 2854-2	1	16	nein	ja	manuell	Temperatur +Menge	ja
	Schneepflug	Kahlbacher	D5 220	1	17	nein	ja	manuell	Temperatur +Menge	ja
	Schneepflug	Hauer	M-IVC	1	4	ja	ja	manuell	Temperatur +Menge	ja
	Schneepflug	Hauer	FKS - 160	1	1	ja	ja	manuell	Temperatur +Menge	ja
	Schneepflug	Matev	FML 1,6	1	7	ja	ja	manuell	Temperatur +Menge	ja
	Streumaschine	AEBI-Schmid	Traxos 1200	1	2	ja	ja	manuell	Temperatur +Menge	ja
	Streumaschine	Schmidt	Mitos DST-20K-18VCL N 450	1	4	ja	ja	manuell	Temperatur +Menge	ja
	Eco Ice Fighter	Burtscher	XF-3RZ/5RZ/10RZ	1	1	ja	ja	manuell	Temperatur +Menge	ja
	Salzstreuer	Rauch	SA 360	1	7	ja	ja	manuell	Temperatur +Menge	ja
Schwarzach	Schneepflug									ja
	Salzstreuer									ja
	Splittstreuer									ja
	Schneefräse									ja
Göfis	Schneepflug	Kahlbacher		1	3	nein	ja			ja
	Schneepflug	Kubota		2	8 / 15	nein	ja			ja
	Salzstreuer	Landmann		1	3	ja	ja			ja
	Splittstreuer	Kubota		1	15	nein	ja			
Schoppernau	Salzstreuer	Landgut	C 833 E INOX / FSTB / HYD	1	3	nein		manuell		ja

Gaschurn	Muli	REFORM		1	4	nein	ja	manuell	GPS	ja
	Traktor	FEND		1	1	nein	nein	manuell	nein	ja
Lorüns	Schneepflug									
	Splittstreuer									
	Schaufel auf Traktor									
Vandans	Schneepflug			1	15	nein				ja
	Schneepflug			1	6	nein				ja
	Schneefräse			1	6	nein				ja
	Salzstreuer			1	6	nein	nein	manuell	Menge, Temperatur	ja
	Splittstreuer			1	15	nein	nein	manuell	Menge, Temperatur	ja
Satteins	Schneepflug	Hauer	DRS-M/1400	1	0	nein	ja	manuell		ja
Frastanz	Schneepflug	Schmidt		1	10	nein	ja	manuell		ja
	Schneepflug	Schmidt		1	15	nein	ja	manuell		ja
	Schneepflug	Schmidt		1	4	nein	ja	manuell		ja
	Schneepflug			1	15	nein	ja	manuell		ja
	Splitt und Salzstreuer	Schmidt		1	10	ja	ja	manuell		ja
	Splitt und Salzstreuer	Schmidt		1	4	ja	ja	manuell		ja
	Splittstreuer			1	15	nein	ja	manuell		ja
Bludesch	Schneepflug	Stangl	Hydrac KL I 160	1	1	nein	ja			ja
	Anbau-schneefräse	Stangl	Westa 550/1400	1	1	nein	ja			ja
	Aufbaus-treuer	Kugel-mann	Duplex Inox (V2A)	1	1	nein	ja	automa-tisch	Streumenge	ja
Lingenau	Schneepflug	Rasant		1	15	n	ja	manuell	Temperatur	ja
	Schneefräse	Zaugg	SF 72/70/140	1	15	n	ja	manuell	Temperatur	ja
	Salzstreuer	Lehner	Polaro	1	5	n	ja	manuell	Temperatur	ja

Kennebarch	Schneepflug			1	12	nein	nein			ja
	Splittstreuer			1	12	nein	nein			ja
Nenzing	LKW	Steyr	19S24	1	22	ja	ja	automatisch	Menge, Zeit	ja
	Unimog	Mercedes	1650	1	21	ja	ja	automatisch	Menge, Zeit	ja
	Traktor	Massey Ferguson	6255	1	13	nein	nein	manuell	nein	ja
	Kl. Kommunalgerät	Rasant	K2200	1	10	nein	nein	manuell	nein	ja
Mittelberg	Schneepflug	Hydrac/Kronberger	SL II 320	1	12	nein	ja			ja
	Schneepflug	Hydrac	U III City Line	1	3	nein	ja			ja
	Schneepflug	Kugelmann	Vario	1	6	nein	ja			ja
	Salzstreuer	Kugelmann	Duplex	1	8	ja	ja	automatisch	Menge, Breite, Gesamtmenge	ja
	Salzstreuer	Kugelmann	B 178	1	5	ja	ja	automatisch	Menge, Breite, Gesamtmenge	ja
	Salzstreuer	Schmidt	SST 08	1	12	ja	ja	automatisch	Menge, Breite, Gesamtmenge	ja
	Salzstreuer	Rauch	SA 360	1	6	nein	nein	manuell		ja
	Salzstreuer	Rauch	SA 360	1	5	nein	nein	manuell		ja
	Salzstreuer	Rauch	SA 360	1	4	nein	nein	manuell		ja
	Vorbaubesen	Schmidt	VKS 1 H 16	1	24					ja
	Vorbaubesen	Schmidt	VKS 24 H	1	17					ja
Bürs	Schneepflug	Kahlbacher	STS 270	1	7		ja			ja
	Schneepflug	Kahlbacher	STS 240L	1	14		ja			ja
	Schneepflug	Kahlbacher	STS 240	1	13		ja			ja
	Schneepflug	Kahlbacher	SL 2-140	1	19		ja			ja
	Salzstreuer	Kugelmann	Duplex Inox	1	4	ja	ja			ja
	Salzstreuer	Küpper-Weisser	STA 80	1	11	ja	ja			ja

Koblach	Sohlestreuer		Eco Ice Fighter	1	2	ja	ja	automatisch	Ausbringmenge	ja
	Salzstreuer	Kugelman	Dreipunktstreuer	1	3	ja	ja	automatisch	Ausbringmenge, Außentemperatur	ja
Götzis	Salzstreuer	Duplex	Dreipunktstreuer	1	4	ja	ja	manuell	gefährte Kilometer, gestreute Kilometer, Streumittel, Salz, Splitt, Sole	ja
	Streuer	Duplex	Aufbaustreuer	1	5	ja	ja	manuell	gefährte Kilometer, Gestreute Kilometer, Streumittel, Salz, Sole, Splitt	ja
	Schneepflug	Huber	1,4 m breit	2	25					ja
Doren	Schneepflug	Hydrac	U300	1		nein	nein	manuell		ja
	Salzstreuer	Lehner		1		nein	ja	manuell		ja
Schrus	Schneepflug	Zaugg	G8K-180-1	2	7		ja	manuell	keine	ja
	Schneepflug	Kahlbacher		1	12		ja	manuell	keine	ja
	Schneepflug	Kahlbacher		1	56		ja	manuell	keine	ja
	Schneepflug	Zaugg	G 22-260	1	12		ja	manuell	keine	ja
	Salzstreuer	Kugelman		1	12		ja	manuell	keine	ja
	Salzstreuer	Kugelman	600	1	4		ja	manuell	keine	ja

## Fahrzeuge und Geräte von Dritteleistern

Gemeinde	externe Fahrzeuge		externe Geräte			
	Fahrzeugtyp	Anzahl	Art	Hersteller	Typen-Bezeichnung	Anzahl
Damüls	Lkw	1	Schneepflug			1
	Schneefräse	1	Kombiniertes Streugerät			1
	Traktor	2				
	Radlader	2				
Schröcken	Schneefräse (Rolba)	1				
Hittisau	Traktor	2	Schrägflug			2
	Kleinräumfahrzeug für Gehsteig	1	Schneefräse			1
Fontanella	Radlader	2	Schneepflug			2
Übersaxen	Lkw	1	Schneepflug			2
	Radlader	1	komb. Salz und Splittstreuer			1
	Kleintraktor	1	Splittstreuer			1
Au	Lkw	3	Schneepflug	Kahlbacher		3
	Traktor	1	Salzstreuer			1
	Kommunalfahrzeug Holder	1	Schneefräse	Holder		1
Lech	Lkw	3				
Nüziders	Lkw	1	Schneepflug			3
	Traktor	2	Streugerät			2
Feldkirch	Traktor	14	Schneepflug			15
	Lkw	1	2-Kammer-Streuer			2
	Radlader	1	Frontlader			2
	Unimog	1				
	Teleskoplader	2				
Wolfurt	Radlader L 514	1	Schneepflug	Kahlbacher	PS 280	1
	Traktor 6110	1	Schneepflug	Schmidt	MF 5,5	1
	Radlader 750	1	Schneepflug	Kahlbacher	PS 280	1
	Traktor Fend 415	1	Schneepflug	Kahlba-		1

				cher		
St. Anton im Montafon	Traktor	1	Schneepflug			1
			Streuer			1
Schwarzach	Lkw	1	Schneepflug			3
	Traktor	2	Salzstreuer			2
			Splittstreuer			1
Göfis	Traktor	2	Schneepflug			2
Schoppernau	Traktor	1	Schneepflug			2
	Unimog	1	Schneefräse			2
Gaschurn	Lkw	4	Splittsteuer			2
	Radlader	3	Schneepflug			6
	Traktor	3				
	Schneefräse	3				
Lorüns	Traktor	1	Schneepflug			1
			Streugerät			1
Vandans	Traktor	1	Schneepflug			3
	Radlader	2	Salzstreuer			2
	Lkw	1				
Höchst	Traktor groß	3	Schneepflug	Schmidt		1
Satteins	Traktor	2	Schneepflug	Hauer		2
			Splittstreuer	Hydrac		1
Frastanz	Traktor	3	Schneepflug			3
			Splittstreuer			1
Bludesch	Traktor	2	Schneepflug			2
			Splittstreuer			1
Lingenau	Traktor	1	Schneepflug			1
Kennelbach	Traktor	2	Schneepflug			2
			Salzstreuer	Kugelmann		1
Nenzing	Traktor	5	Schneepflug			5
			Splittstreuer			2

			Salzstreuer			2
Mittelberg	Lkw 4-achser	8	Schneepflug	Hydrac	SL3	1
	Lkw 3-achser	5	Fräse	Westa	750/1600	3
	Lkw 2-achser	1	Fräse	Zaugg	SF 90-100-210	1
	Schubraupe	2	Pflug	Hydrac	U II 260	3
	Radlader	10	Pflug	Beilhack	Breite 3,40 m	1
	Unimog	4	Pflug	Schmidt	Vario Brite 2,2-3,2m	1
	Traktor	1	Pflug	Hydrac	SL II 300 GT	1
	Holder	2	Pflug	Kronberger	B 2,70 m	1
	Großfräse, Boschung B300	1	Fräse	Kahlbacher	850/2600	1
			Fräse	Westa	B 2,2 m, eigenen Motor 177 PS	1
			Pflug	Kronberger	U III 94/300	1
			Frässhleuder	Zaugg	SF 90-85-R-210	1
			Frässhleuder	Westa	900/2600	2
		Pflug	Hydrac	U II 300	1	
Mäder	Radlader	1	Schneepflug	Kronberger		1
	Traktor	3	Schneepflug	Hauer		3
			Salzstreuer	Landgut		3
Koblach	Traktor	3				
	Kubota	1				
Götzis	Traktor	3	Schneefräse	Westa		1
	JCB	1	Schneesleuder			1
	Radlader - Ahlmann	1				
Doren	Traktor	4	Schneepflug			4
	Radlader	1	Schneefräse			1
	Lkw	1				
Schruns	Traktor	4	Schneepflug	Kahlbacher		2
	Lkw	4	Salzstreuer	Gmeiner		1
			Schneepflug	Hydrac		2