

## **Teil 1:**

# **Beurteilung von Feuchtsalzstreubildern und deren Einflussgrößen**

Horst Badelt

Karl Moritz

## 1 Einleitung – Problem/Ziel/ Nutzen

Für die Erhaltung der Verkehrssicherheit und des Verkehrsflusses auf den Straßen und Autobahnen unter winterlichen Bedingungen ist die Vermeidung oder schnelle Beseitigung von Glätte unabdingbar. Neben dem Räumen von Schnee ist dazu der Einsatz von Taustoffen notwendig. Zum Einsatz kommt in der Regel Natriumchlorid mit verschiedenen Körnungen [1]. Durch die Gefrierpunktabenkung kann so die Bildung von Glätte vermieden oder das schnelle Schmelzen von Eis, Schnee oder Reif erreicht werden [7].

Eine effektive Wirkung der Salze kann nur erreicht werden, wenn sie auf der Fahrbahnoberfläche mit Streumaschinen entsprechend verteilt werden.

Als eine Ursache von Unfällen auf winterglatten Straßen wurden Mängel beim Ausbringen von Tausalzen festgestellt, die zu einer unzureichenden Glättebeseitigung oder -vermeidung führten. Die Tausalze wurden von den eingesetzten Streumaschinen trotz entsprechender Einstellungen am Bedienpult nicht ausreichend gleichmäßig über die gesamte Fahrbahnbreite verteilt.

Verlagerungen der gewünschten Streubilder, nämlich eine gleichmäßige Verteilung des Tausalzes innerhalb der vorgegebenen Streubreiten und -streifenlagen, entstehen durch wechselnde Austragsmengen als Folge unterschiedlicher Fahrgeschwindigkeiten, Streudichten und Anfeuchtung. Diese Verlagerungen werden vom Bedienungspersonal häufig nicht erkannt. Die meisten Streumaschinentypen können diese Verlagerung steuerungstechnisch nicht automatisch korrigieren.

Die Anforderungen und die Prüfverfahren der vorhandenen Technischen Lieferbedingungen für Streumaschinen (TLG B3 – Streugeräte, FGSV, 1991 [8]) entsprechen in mehreren Punkten nicht mehr der gängigen Praxis im Winterdienst.

So wird eine automatische Einhaltung der Streustreifenlage bisher nicht gefordert. Weiterhin beziehen sich die Prüfverfahren nur auf das Ausbringen von trockenen Tausalzen bei niedriger Fahrgeschwindigkeit. Tausalze werden jedoch bei der heutigen Streutechnik angefeuchtet, um eine bessere Verteilung und bessere Haftung auf der Fahrbahn zu erreichen. Die gleichmäßige Verteilung muss auch bei den in der Praxis gefahrenen hohen Fahrgeschwindigkeiten (bis 60 km/h) gewährleistet sein.

Die Überarbeitung der Anforderungen an die Verteilung von Streustoffen und die Anpassung der Prüfverfahren an eine praxismäßige Ausbringung ist daher notwendig. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (Erlass StB 27/38.58.30-80/3 BAST 04 – 5.7.04) sollten Verfahren für die Beurteilung von Feuchtsalzstreubildern sowie die Einflüsse auf die gleichmäßige Ausbringung der Tausalze untersucht werden. Die Erkenntnisse der Untersuchungen sollen in Handlungshinweisen für die Anwender sowie in eine Überarbeitung von Anforderungen und Prüfverfahren einfließen, damit die genannten Probleme nicht mehr zu Einschränkungen bei Verkehrssicherheit und -ablauf führen.

## 2 Stand der Technik/Erkenntnisse

### 2.1 Begriffsdefinitionen

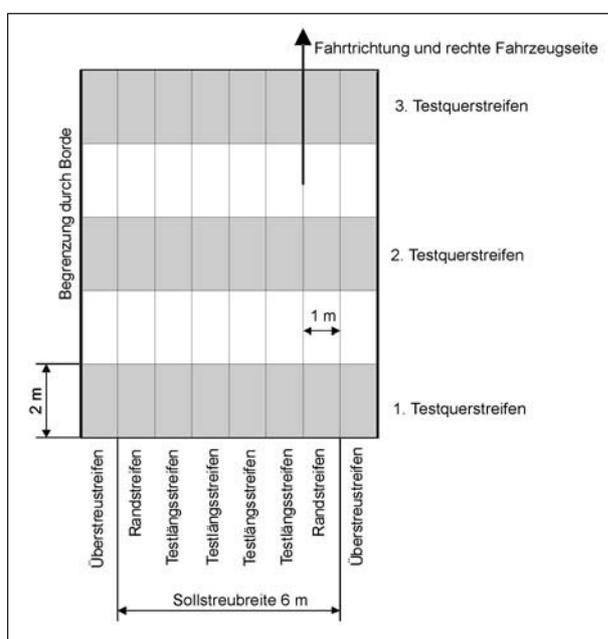
Streubild:	Verteilung der ausgebrachten Streumenge über die Streubreite [4].
Streudichte:	aktuell ausgebrachte Streustoffmenge pro Flächeneinheit [ $\text{g}/\text{m}^2$ ] [4].
Streustreifen:	Bereich der bei einem Arbeitsgang mit Streustoff bedeckten Verkehrsfläche [4].
Streustreifenlage:	Lage des Streustreifens, bezogen auf die Längsachse des Winterdienstfahrzeugs [4].
Streubreite:	Breite des Streustreifens, gemessen rechtwinklig zur Straßenachse [4].
Streugeschwindigkeit:	Geschwindigkeit des Winterdienstfahrzeugs während des Streuens [4].
Anfeuchtung:	Zugabe von Tausalzlösungen zu trockenen Tausalzen vor dem Beladen oder unmittelbar vor dem Ausbringen. Die einzelnen Verfahren werden mit FSX gekennzeichnet. X steht für den prozentualen Masseanteil der Tausalzlösung an der gesamten ausgebrachten Streudichte.

## 2.2 Bisherige Anforderungen an Streumaschinen

Anforderungen an Streumaschinen sind in Deutschland in Technischen Lieferbedingungen der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) [8] aufgeführt.

Für Streubildqualität sind folgende Anforderungen definiert. Die genannten Anforderungen beziehen sich nur auf die Ausbringung von Tausalzen, nicht auf die Ausbringung von abstumpfenden Streustoffen:

- Streudichte:
  - Die Streudichte darf nicht mehr als +/- 6 % vom Einstellwert abweichen.
  - Die Streudichten sollen bei trocken ausgebrachten Tausalzen bei wechselnden Streubreiten von 2 bis 8 m und wechselnden Fahrgeschwindigkeiten von 3 bis 40 km/h automatisch eingehalten werden. Bei angefeuchteten Tausalzen sollen die Streumaschinen die Streudichten bei wechselnden Streubreiten von 3 bis 12 m und wechselnden Fahrgeschwindigkeiten von 3 bis 60 km/h automatisch einhalten.
  - Bei Feuchtsalzbetrieb darf der Lösungsanteil nicht mehr als +/- 20 % vom Sollwert abweichen.



**Bild 1:** Schematische Darstellung eines Prüffeldes nach TLG B3 (hier 6 m Sollstreubreite)

- Verteilung der Tausalze:
  - Die Anforderungen an die Verteilung beziehen sich auf ein Prüfverfahren, bei dem ein Messfeld gemäß Bild 1 Grundlage ist. Die Breite des Testfeldes ist abhängig von der zu prüfenden Sollstreubreite.
- Querverteilung:
  - Außerhalb der Sollstreubreite dürfen auf jeder Seite maximal 5 % der Gesamtmenge gelangen.
  - Die Menge in den 1-m-Randstreifen innerhalb der Sollstreubreite muss mindestens 5 % der Gesamtmenge betragen.
  - In den Testlängsstreifen von je einem Meter Breite zwischen den Randstreifen darf die zulässige Abweichung von der mittleren Streudichte zwischen -50 % und +90 % betragen.
- Längsverteilung:
  - Die Abweichung der Einzelwerte der drei Testquerstreifen (je 2 m lang) von deren Gesamtmittelwert darf maximal +/- 30 % betragen.
- Streustreifenlage:
  - Eine Verstellung der Streustreifenlage muss vom Bedienpult möglich sein.

## 2.3 Beschreibung der bisherigen Streumaschinenteknik

Im Grundaufbau sind in Deutschland angebotene Streumaschinen nahezu gleich. Aus einem Streustoff-Behälter wird mit Hilfe einer Fördereinrichtung (z. B. Förderband, Schnecke) das Tausalz zum Fahrzeugende und von dort über ein Fallrohr auf einen tieferliegenden Streustoffverteiler gefördert. Die Tausalzverteilung erfolgt mit einem horizontal liegenden Flügelrad (Streuteller). Alle Antriebe erfolgen hydraulisch.

Trockene Tausalze erreichen zwar eine höhere Tauleistung als angefeuchtete Tausalze, werden aber auf der Fahrbahnoberfläche deutlich schlechter verteilt [1]. Durch eine Anfeuchtung von trockenen Tausalzen werden eine wesentlich bessere Verteilung und Haftung auf der Fahrbahn erreicht, sodass durch die Anfeuchtung im Vergleich zum Trockenstreuen erhebliche Mengen Tausalze ge-



**Bild 2:** Beispiel eines Streustoffverteilers

spart werden können [10, 11]. Die Tausalze werden deshalb im Regelfall unmittelbar vor dem Ausbringen angefeuchtet. Das Zusammenführen von Trockenstoff und Lösung geschieht in den meisten Fällen am Streuteller. Die Bilder 2, 3 und 23 (Kapitel 4.1) zeigen verschiedene Ausführungen von Streutellern.

Bei einem angebotenen Maschinentyp erfolgt die Anfeuchtung bereits vor dem Fallrohr.

Die Anfeuchtung kann auch bereits beim Beladen erfolgen. Das Verhältnis Trockenstoff:Lösung beträgt hier etwa 95:5. Dieses Verfahren (FS5) besitzt nur eine geringe Verbreitung und spielt bei den weiteren Betrachtungen nur eine untergeordnete Rolle.

Die zum Einhalten der eingestellten Streudichte erforderliche Streumenge wird proportional in Abhängigkeit von der Streubreite und Fahrgeschwindigkeit über den Antrieb der Fördereinrichtung im Behälter gesteuert. Eine eingestellte Streudichtevorgabe bleibt so gleich.

Streubreite und -streifenlage kann der Bediener durch die Verstellung der Drehzahl des Streutellers und die Stellung des Streutellers zum Fallrohr bzw. des Streutellers mit Fallrohr zur Fördereinrichtung im Behälter steuern. Eine Änderung dieser Werte in der Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit erfolgt nach derzeitigem Kenntnisstand nur bei einem Streumaschinentyp.



**Bild 3:** Beispiel eines Streustoffverteilers

Das Verhältnis zwischen Trockenstoff und Lösung bei der Anfeuchtung unmittelbar vor dem Ausbringen beträgt im Regelfall 70:30 (FS30-Verfahren). Eine Änderung des Verhältnisses ist bei einigen Maschinentypen möglich. Ein angebotener Maschinentyp ändert dieses Verhältnis in Abhängigkeit von der pro Zeiteinheit auszutragenden Menge.

## 2.4 Einflussgrößen auf die Streubilder

Die Qualität eines Streubildes ist von folgenden Einflüssen abhängig:

- Konstruktion der Streumaschine,
  - Ausführung der Streuteller einschließlich der Zufuhr aus dem Tausalzbehälter,
  - Ausführung der Anfeuchtungstechnik,
  - Steuer- und Regeltechnik,
- eingesetztes Fahrzeug,
- Fahrtwind/Fahrgeschwindigkeit,
- Tausalzqualität,
  - Korngrößenverteilung,
  - Rieselfähigkeit (Wassergehalt),
- Schüttdichte,
- Fahrbahnoberfläche (Feuchtigkeit auf der Fahrbahn, Rauigkeit, Längs- und Querneigung),
- Witterung (Niederschlag, Luftfeuchte, Windverhältnisse).

Zwischen den einzelnen Einflüssen bestehen untereinander verschiedene Zusammenhänge. In [2] ist der bisherige Kenntnisstand zu den genannten Einflüssen beschrieben.

## 2.5 Verfahren für die Streubildbeurteilung

Ein Streubild wird in Bezug auf die Quer- und Längsverteilungen der Tausalze innerhalb der vorgegebenen Streubreite und -streifenlage nach der Ausbringung beurteilt.

### 2.5.1 Verfahren nach TLG B3

Die TLG B3 [8] enthält zwei Verfahren für die Beurteilung der Tausalzverteilung.

#### a) Trockensalz

Die Prüfung erfolgt für bei der für die Streumaschinenart vorgesehenen Haupt-Streubreite sowie der Haupt-Streudichte bei einer Fahrgeschwindigkeit von 20 km/h und halber Behälterfüllung. Die Streustreifenlage soll so weit nach links eingestellt werden, dass die rechte Fahrzeugseite mit der linken Grenze des rechten Randstreifens des Prüffeldes (siehe Bild 1, Kapitel 2.2) zur Deckung kommt. Die Oberfläche des Prüffeldes auf Asphaltbeton 0/11 muss trocken sein und eine Makrorauheit aufweisen, wie sie im Mittel auf Fahrbahnen anzutreffen ist. Die in den einzelnen Prüfflächen abgelagerten Streustoffmengen sind durch Saugen in Papierfiltern aufzunehmen und Wiegen (0,1 g) zu bestimmen [8].

Dieses Verfahren mit der Angabe der Fahrgeschwindigkeit von 20 km/h berücksichtigt nicht die Ausbringungspraxis. Die Fahrgeschwindigkeiten sind im Regelfall höher. Die dabei entstehende höhere Sogwirkung führt zu deutlichen Einflüssen auf die Tausalzverteilung.

#### b) Feuchtsalz

Die Tausalzverteilung ist beim Nachfahren hinter der streuenden Maschine bzw. im Stand durch Augenschein zu beurteilen (siehe Bilder 4 und 5).

Die Hinterherfahrt ermöglicht nur eine subjektive Beurteilung der Tausalzverteilung. Sie wird aber für eine grobe Beurteilung einer Tausalzausbringung in Bezug auf die Streubreite und -streifenlage als ausreichend angesehen.



Bild 4: Beurteilung einer Feuchtsalzstreuung bei der Hinterherfahrt



Bild 5: Streubildbeurteilung beim Ausbringen im Stand

Die Beurteilung von im Stand ausgebrachten Streubildern lässt ebenfalls für viele Fälle eine grobe Beurteilung der Tausalzverteilung zu. Allerdings wird in diesem Fall nicht der Einfluss des Fahrtwindes berücksichtigt (siehe Kapitel 4.2). Bild 5 zeigt ein Ergebnis dieses Verfahrens.

### 2.5.2 Beurteilung durch Kehren von Streuflächen

Ein weiteres Beurteilungsverfahren ist das Zusammenfegen von Tausalzen auf bestreuten Flächen längs zur Fahrtrichtung zu einer Linie (Bild 6) [6]. Das zusammengekehrte Tausalz kann subjektiv oder nach dem segmentweisen Aufnehmen auch quantitativ beurteilt werden. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass Salzkörner teilweise in Lösung gehen können, sehr kleine Körner sogar vollständig. Die Lösung lässt sich nur unzureichend zusammenkehren und wird damit bei der Beurteilung nicht erfasst. Die Bewertung wird daher als fehlerbehaftet eingeschätzt. Das Zusammenkehren kann nach dem Ausbringen im Stand, mit einer geringen Fahrgeschwindigkeit, aber simulierten realen Streugeschwindigkeit oder mit einer realen Fahrgeschwindigkeit erfolgen.



**Bild 6:** Tausalz, zusammengekehrt längs der Fahrtrichtung, auf Asphalt, über 10 m Länge, Streudichte: 20 g/m<sup>2</sup>, Fahrgeschwindigkeit nicht simuliert

### 2.5.3 Entwicklung eines Beurteilungsverfahrens in Frankreich

In Frankreich wird gegenwärtig ein neues Verfahren mit dem Ziel entwickelt, Streumaschinen einer vergleichenden Prüfung unterziehen zu können. Dabei sollen die Maschinen für eine hohe Wiederholbarkeit der Messergebnisse unter möglichst identischen Bedingungen Tausalze ausbringen.

Bei dem Verfahren sollen die Tausalze durch Behältnisse mit einer Öffnung von 1 x 1 m aufgefangen werden. Die Behältnisse sind quer zur Streurichtung in einer Reihe ohne Zwischenraum auf einem fahrbaren Gestell angeordnet. Bei der Überprüfung steht das Streufahrzeug. Das Gestell mit den Behältnissen wird mit einer definierten Geschwindigkeit über eine definierte Länge zum Streustoff ausbringenden Fahrzeug bewegt. Dabei fangen die Behältnisse die Streustoffe auf. Die aufgenommenen Streustoffe können für Abschnitte von je einem Meter in der Streubreite und -streifenlage quantitativ beurteilt werden.

Das vorgesehene Verfahren spiegelt in seiner gegenwärtigen Form nicht die realen Bedingungen aus der Praxis wider. Zum einen berücksichtigt es nicht den Einfluss des Fahrtwindes (Sog) hinter dem Streufahrzeug. Des Weiteren können die Streustoffe durch das Auffangen mit den Behältnissen nicht wie auf der Fahrbahn springen bzw.

rollen. Das Springen und Rollen sind sehr von der Korngrößenstruktur des Tausalzes abhängig. Beide Einflüsse müssen an der Streumaschine durch entsprechende Justierungen für eine richtige Einhaltung des Streubildes berücksichtigt werden.

Die Entwicklung des Verfahrens ist noch nicht abgeschlossen. Es gibt Überlegungen zur technischen Lösung des Problems des Windeinflusses bei der Ausbringung. Termine zur Umsetzung sind nicht bekannt.

### 2.5.4 Weitere Verfahren

In [2, 5] sind weitere Verfahren für die Beurteilung der Feuchtsalzverteilung beschrieben, die jedoch in ihrer Anwendung sehr aufwändig und/oder wenig praxisrelevant sind. Bei einem Beurteilungsverfahren für die Feuchtsalzausbringung sollte auch die Verteilung von Trockenstoff und Lösung getrennt bewertet werden können.

Weitere objektive und weniger fehlerbehaftete Verfahren für die Beurteilung der Feuchtsalzausbringung sind nicht bekannt.

### 2.5.5 Überlegungen zu einem möglichen neuen Prüfverfahren

Die bisher genannten Verfahren sind für eine genaue Beurteilung von Feuchtsalzstreubildern wenig geeignet. Sie sind entweder sehr subjektiv in der Bewertung (Hinterherfahrt), wenig praxisrelevant (TLG B3, Standprüfung) oder sehr aufwändig in der Umsetzung (Entwicklung in Frankreich). Das genannte Kehrverfahren wird als sehr fehlerbehaftet angesehen.

Als wichtiger Einfluss bei der Beurteilung der Streubilder wird der Fahrtwind bei höheren Fahrgeschwindigkeiten angesehen. Daher können Streubilder, die im Stand oder mit einer geringen Fahrgeschwindigkeit, aber hohen simulierten Streugeschwindigkeit ausgebracht werden, zu falschen, nicht praxisgerechten Streubildbeurteilungen führen.

Für eine genaue Beurteilung sollten demnach Streubilder immer mit realer Fahrgeschwindigkeit ausgebracht werden.

Aufgrund der genannten Probleme bei dem Zusammenkehren lag der Gedanke nahe, die ausgebrachten Tausalze aufzusaugen. Ein möglicher

unterschiedlich hoher Verlust an der ausgebrachten Lösung beim Feuchtsalzstreuen infolge wetterbedingt unterschiedlicher Verdunstung muss dabei als variabler Fehler einkalkuliert werden.

Das Aufsaugen von angefeuchteten Tausalzen von einer Asphaltoberfläche stellt eine Möglichkeit dar. Welche Anteile der Lösung dabei in die Straßenoberfläche eindringen, ist unbekannt.

Um das Eindringen von Lösung in die Straßenoberfläche zu vermeiden, bestand als weitere Überlegung, einen Prüfuntergrund aus Gummimatten zu schaffen, in den keine Lösung einziehen kann. Die Außenseiten der Prüffläche können wie bei der Prüfung nach TLB B3 durch Borde begrenzt werden.

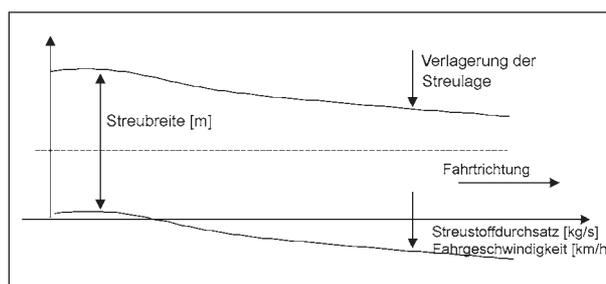
## 2.6 Bisherige Erfahrungen mit der Qualität der Tausalzausbringung

Die Erfahrungen der Bundesanstalt für Straßenwesen aus den Eignungsprüfungen von Streumaschinen mit den Prüfverfahren der TLG B3 zeigen, dass die Streumaschinen die im Kapitel 2.2 genannten Anforderungen mit einer modernen Hydrauliksteuerung erfüllen können.

Überprüfungen fanden auch an in der Praxis eingesetzten Streumaschinen statt. Die Ergebnisse stammen aus Untersuchungen der BASt [2] und Abnahmeprüfungen von Straßenbauverwaltungen der Bundesländer.

In vielen Fällen entsprachen die Streumaschinen bei diesen Überprüfungen nicht den Anforderungen der TLG B3. Die gemessenen Ist-Streudichten wichen häufig erheblich von den Soll-Streudichten ab [2]. In den meisten Fällen ließen sich die Soll-Streudichten nach Neujustierungen erreichen. In vereinzelten Fällen konnten durch Neujustierungen die Soll-Streudichten nicht erreicht werden. In der Regel waren in diesen Fällen die Hydraulikanlagen der Trägerfahrzeuge für die benötigte Leistung der Streumaschinen nicht ausreichend ausgelegt.

Abweichungen der Streudichte ergaben sich auch als Folge des Einsatzes eines anderen Tausalzes. Z. B. führte der Betrieb einer Streumaschine mit einem grobkörnigen Tausalz mit der für ein feinkörniges Siedesalz richtigen Einstellung zu einer im Durchschnitt 30 % höheren Streudichte.



**Bild 7:** Qualitative Verschiebung der Streustreifenlage bei sich ändernden Fahrgeschwindigkeiten (schematische Darstellung)

Die in der Einleitung angeführten Probleme ungleichmäßiger Tausalzverteilung traten bei der Mehrzahl der untersuchten Streumaschinen auf. Diese Aussagen beruhen auf anderen Beurteilungsverfahren als den Verfahren bei Eignungsprüfungen gemäß TLG B3.

Die Streumaschinen konnten in der Regel für eine Einstellung der Streudichte, -breite, -streifenlage und Streugeschwindigkeit justiert werden. War dies nicht möglich, lag in der Regel ein mechanischer Schaden am Streustoffverteiler vor.

Bei anderen Einstellungen oder Streugeschwindigkeiten als der justierten waren in der Regel mit dem gleichen Tausalz keine anforderungsgerechten Tausalzverteilungen mehr möglich. Abweichungen ergaben sich sowohl bei geänderten Fahrgeschwindigkeiten, Streudichte, -breiten und -streifenlagen als auch bei einer geänderten Anfeuchtung [2].

Untersuchungen in Rheinland-Pfalz zeigten eine deutliche Verschiebung der Streustreifenlage bei gleichen Streudichten und -breiten, aber zunehmender Fahrgeschwindigkeit (siehe Bild 7). Diese Ergebnisse wurden anhand von Videoaufnahmen bei Hinterherfahrten qualitativ beobachtet.

Die Beobachtungen bei Hinterherfahrten zeigten teilweise ein deutliches Verwehen der Tausalze auch bei der Ausbringung mit Anfeuchtung. Der Anteil des verwehten Tausalzes hängt dabei nicht nur vom Verhältnis Trockenstoff:Lösung ab. Entscheidend ist auch die technische Ausführung des Mischens von Trockenstoff und Lösung an der Streumaschine. Eine Streumaschine mit einem Mischungsverhältnis von 80:20 kann dank besserer Technik oder richtiger Justierung eine gleichmäßigere Verteilung mit weniger Verwehverlusten erreichen als eine Streumaschine mit einem Mischungsverhältnis von 70:30 [2].

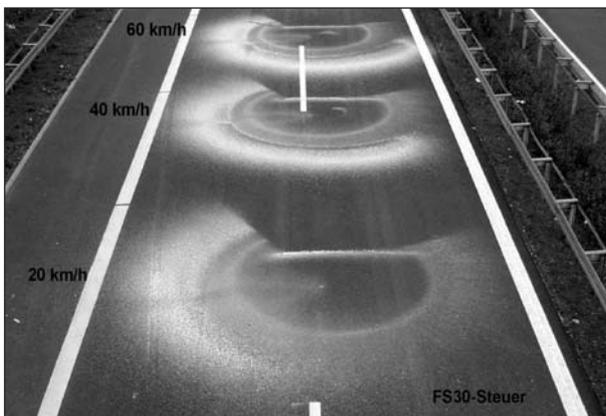
### 3 Neue Erfahrungen aus der Anwendung verschiedener Beurteilungsverfahren

#### 3.1 Beurteilung von im Stand ausgebrachten Streubildern

Eine Beurteilung ist mit Hilfe von im Stand ausgebrachten Streubildern möglich. Die gewünschte Streugeschwindigkeit lässt sich bei allen modernen Streumaschinen für diesen Fall variabel simulieren.

Dieser Test lässt deutlich wesentliche Verlagerungen der Streustoffeileung bei unterschiedlichen Ausbringungsmengen erkennen (siehe Bild 8). Im dargestellten Fall wurde die simulierte Streugeschwindigkeit von Ausbringung zu Ausbringung geändert. Damit die einzelnen Streubilder auf gleichen ausgebrachten Tausalzmengen basieren, war die Zeitdauer in Abhängigkeit von der simulierten Streugeschwindigkeit für die einzelnen Streubilder unterschiedlich. Eine Änderung der Streudichte bei konstanter simulierter Streugeschwindigkeit führt zu ähnlichen Ergebnissen, da die Streubreiten und -streifenlagen in den meisten Fällen in Abhängigkeit vom Streustoffdurchsatz je Zeiteinheit gesteuert werden.

Das Verfahren lässt sich mit relativ geringem Aufwand durchführen und zeigt größere Verlagerungen von Streubildern deutlich an. Der Einfluss des Fahrtwindes wird bei dieser Prüfung nicht berücksichtigt.



**Bild 8:** Im Stand erzeugte Streubilder bei gleicher Einstellung aber unterschiedlichen simulierten Streugeschwindigkeiten

#### 3.2 Beurteilung bei der Hinterherfahrt

Das visuelle Betrachten der Tausalzausbringung bei einer Hinterherfahrt stellt eine rein subjektive Beurteilung dar. Sie ist relativ einfach zu realisieren. Mit ihr kann grob das Ausbringen der Tausalze erkannt werden. Besonders deutlich lässt sich die Verlagerung eines Streubildes erkennen, wenn das Streufahrzeug aus dem Stand auf eine maximal vorgesehene Streugeschwindigkeit beschleunigt.

Die Bilder 9 und 10 zeigen zwei Ausschnitte einer solchen Hinterherfahrt, bei der von 0 auf rund 60 km/h beschleunigt wurde. Die eingestellte Streubreite betrug 8 m und die Streustreifenlage war symmetrisch eingestellt. In Bild 9 ist deutlich zu sehen, dass ab Fahrzeugmitte nach rechts fast kein Tausalz ausgebracht wird. Bild 10 lässt die deutliche Verschiebung des Streubildes nach rechts erkennen. Nach links wird weniger Tausalz ausgebracht.

Eine grob geschätzte, visuell erfasste Bewertung lässt sich auch in Diagrammform umsetzen. Ein Beispiel für eine Hinterherfahrt bei 12 m Streubreite zeigt Bild 11.

Das Verfahren ist für eine hinreichend genaue Überprüfung der Streubreite und -streifenlage gut



**Bild 9:** Ausbringen von Tausalzen mit einer Streubreiteneinstellung von 8 m bei ca. 30 km/h, FS30-Streuer



**Bild 10:** Ausbringen von Tausalzen mit einer Streubreiteneinstellung von 8 m bei ca. 60 km/h, FS30-Streuer (gleiche Fahrt mit gleicher Einstellung wie bei Bild 9)

geeignet, da es weitestgehend unter den Bedingungen der Praxis durchgeführt wird. Eine genaue quantitative Überprüfung der Tausalzverteilung ist nicht möglich.

### 3.3 Aufsaugen von einer Fahrbahnoberfläche

Bei einem in einer Autobahnmeisterei durchgeführten Versuch betrug die eingestellte Streudichte  $20 \text{ g/m}^2$  und die Soll-Streubreite  $4 \text{ m}$ . Die Anfeuchtung wirkte nach der visuellen Betrachtung sehr ungleichmäßig. Einzelne Bereiche vor allem hinter dem Fahrzeug waren sehr feucht. Es trat teilweise ein deutlicher Überschuss an Lösung auf (siehe



Bild 12: Tausalzverteilung vor dem Aufsaugen

Bild 12 untere Hälfte). Die Lösung breitete sich in größerem Umfang neben den Salzkörnern aus. In

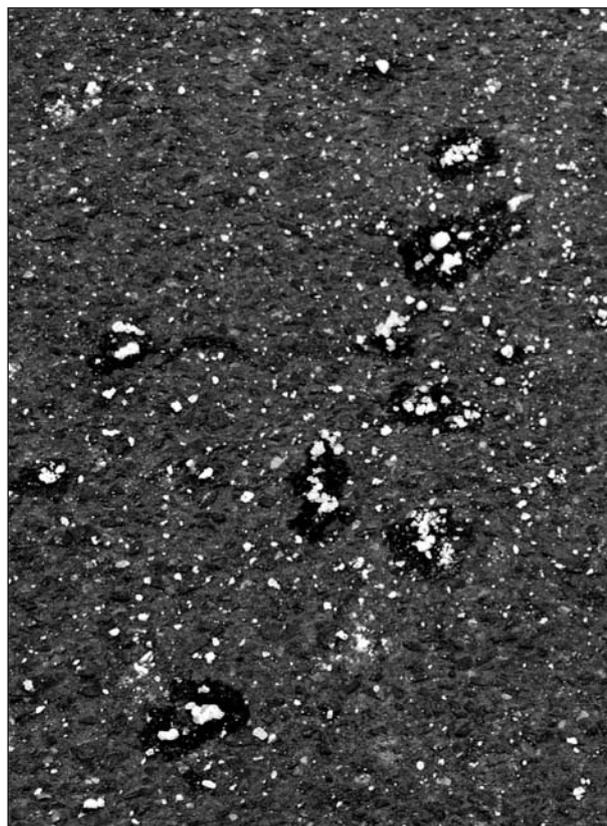


Bild 13: Angefeuchtete Salzkörner vor dem Aufsaugen auf Asphalt

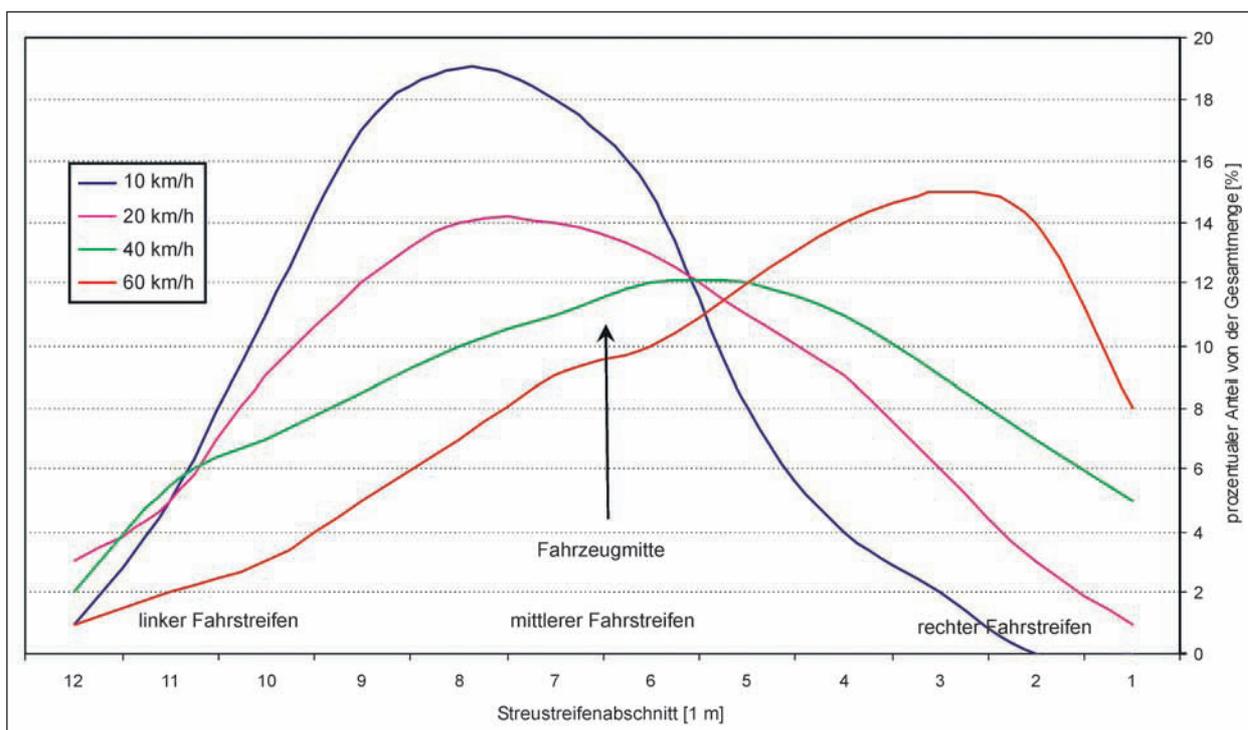
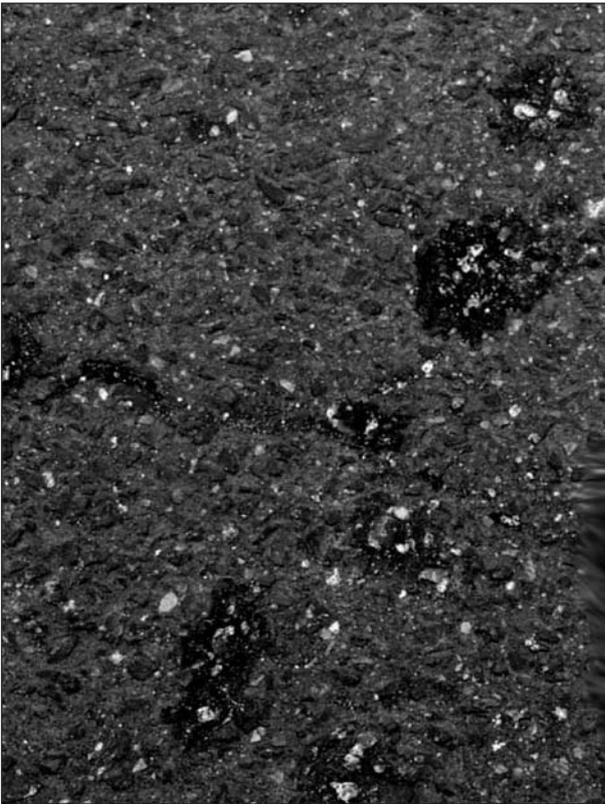


Bild 11: Grobe qualitative Verteilung der Tausalze bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten,  $12 \text{ m}$  Streubreite, symmetrische Streifenlage und  $20 \text{ g/m}^2$  Streudichte



**Bild 14:** Verbliebene Salzreste nach dem Aufsaugen vom Asphalt

den äußeren Bereichen der Soll-Streubreite war dagegen kein Lösungsüberschuss erkennbar.

Die eingesetzte Streumaschine entsprach in Bezug auf die Verteilung nicht den Anforderungen der TLG B3. Eine umfassende Justierung mit Austausch von deformierten Teilen erfolgte erst nach dem Versuch.

Nach dem Aufsaugen waren auf dem Asphalt noch deutliche Salzreste haften geblieben. Trotz mehrfacher Wiederholungen des Saugvorgangs war keine weitere Aufnahme von Tausalz erkennbar. Es blieben auch größere Salzkörner am Asphalt haften (siehe Bilder 13 und 14).

Dieses Verfahren ist in der durchgeführten Form für die weitere Anwendung nicht empfehlenswert.

### 3.4 Aufsaugen von Gummimatten

Bei der technischen Umsetzung dieses Verfahrens kamen 10 Meter lange und ein Meter breite Gummibahnen zum Einsatz, die aneinanderstoßend auf Fahrbahnoberflächen verlegt wurden. Die Bahnen waren ca. 3 mm dick und besaßen auf der genutzten Oberfläche Rillen. Die Rillen waren in Längsrichtung verlegt (siehe Bild 15). Um das Aufwirbeln



**Bild 15:** Beurteilung von Streubildern auf Gummimatten – Aufbau der Prüffläche für 6 m Sollstreubreite

der Gummimatten bei der Überfahrt des Streufahrzeuges zu vermeiden, waren sie am Mattenanfang mit in der Fahrbahn verschraubten 3 mm dicken Flacheisen befestigt.

Für die Bewertung der Verteilung war auf den Gummimatten ein Abschnitt von 5 m Länge über die volle Breite gekennzeichnet. Die meterweise Querteilung ergab sich aus der sichtbaren Breite der Gummimatten.

Das Aufbringen von Tausalz auf Gummimatten fand mit mehreren Versuchen statt. Nahezu alle Versuche fanden bei trockener Witterung statt. Dadurch war ein deutliches Abtrocknen der Lösung (Wasseranteil) auf den Matten erkennbar.

Mit dem eingesetzten Industriestaubsauger konnten bei allen Versuchen nahezu alle Körner über einer geschätzten Größe von etwa 0,3 mm aufgenommen werden. Visuell betrachtet blieben nur Anteile von sehr feinen, staubförmigen Körnern auf den Matten liegen. Feuchte Stellen waren bei trockener Witterung nach dem Aufsaugen nicht mehr zu erkennen. So genannte „Feuchtigkeitsschlieren“ entstanden, wenn Lösungsanteile nicht vollständig am Tausalz gebunden waren und dann das Wasser der Lösung verdunstete (siehe Bild 16).

Bei einem Versuch wurden diese Schlieren nach intensivem Kehren auf den Matten nochmals aufgesaugt und deren Masse bestimmt. Der Anteil dieses Staubes betrug rund 2-3 g in den einzelnen 5-m-Streustreifen innerhalb der Soll-Streubreite. In den Überstreustreifen, in denen weniger als 5 % des ausgebrachten Tausalzes je Seite lagen, konnten keine weiteren messbaren Masseanteile festgestellt werden. (siehe Tabelle 1).

Die Aufnahme der ausgebrachten Tausalze von den Gummimatten war damit unter Vernachlässigung der Verdunstung des Wassers in der Lösung nahezu vollständig.

	Links außerhalb der Sollstreubreite	Nummer der Streustreifen innerhalb der Sollstreubreite				Rechts außerhalb der Sollstreubreite
		1	2	3	4	
Aufgenommener Streumengenanteil je m Streubreite nach dem Aufsaugen [g]	2,8	10,6	25,5	44,3	45,3	3,9
Aufgenommener Streumengenanteil je m Streubreite nach einem weiteren Aufsaugen nach vorherigen Kehren [g]	2,8	12,6	27,0	46,5	48,2	3,9
Prozentualer Anteil der Streumenge je 1-m-Streifen in Bezug zur gesamten aufgenommenen Streumenge [%]	2,0	8,9	19,1	33,0	34,2	2,8

**Tab. 1:** Vergleich von aufgesaugten Streumengen vor und nach einem intensiven Kehren auf den Gummimatten (ausgebrachte Streudichte 20 g/m<sup>2</sup>, 4 m Streubreite symmetrisch, Fahrgeschwindigkeit 20 km/h, Länge der Fläche 5 m)



**Bild 16:** Gummimatten mit abgesaugten und nicht abgesaugten Flächen sowie asphaltierter Anschlussbereich (Ausbringung von 20 g/m<sup>2</sup> mit 4 m eingestellter Streubreite bei 20 km/h)

Kritisch wird das Verhalten der Tausalze in Bezug auf das Auftreffen auf den Gummimatten gesehen. Die Tausalze wehen bei Fahrgeschwindigkeiten über 40 km/h auch bei hoher Anfeuchtung (FS30) in verschieden hohen Anteilen je nach Streumaschinentyp oder Körnung des Tausalzes über die Fahrbahn. Anhand der visuellen Beurteilung lässt sich nicht beurteilen, ob sich die Salzkörner auf der Oberflächenstruktur der Gummimatten gleich oder ähnlich verhalten wie auf der Asphaltoberfläche. Ein Vergleich zwischen den Aufnahmen mittels Saugens von Matten und von Asphalt nach einer Überfahrt ist nicht möglich, da mit sehr unterschiedlichen Aufsaugergebnissen gerechnet werden muss (siehe Kapitel 3.3). Vergleiche mit Verfahren mit Zusammenkehren fanden zwar statt, die erzielten Ergebnisse sind aber aufgrund der dabei unterschiedlich feuchten Untergründe nicht vergleichbar.

Das Verfahren ist durch das Auslegen der Gummimatten sehr aufwändig. Es könnte nach Klärung des Einflusses der Gummioberfläche auf das Streubild ein mögliches Beurteilungsverfahren mit einer hohen Wiederholgenauigkeit sein.

### 3.5 Zusammenkehren auf der Fahrbahnoberfläche

Versuche zur Streubildbeurteilung gemäß der Beschreibung im Kapitel 2.5.2 fanden bei verschiedenen Witterungsbedingungen und auf unterschiedlich trockenen Fahrbahnoberflächen statt. Dabei wurden sowohl bei hohen realen Fahrgeschwindigkeiten bis ca. 60 km/h als auch bei niedrigen Fahrgeschwindigkeiten, aber hoher simulierten Streugeschwindigkeit Tausalze ausgebracht.

Visuell entstand der Eindruck, dass bei zunehmender Fahrbahnfeuchte mehr feinkörnige Salzteilchen in Lösung und dann beim Zusammenkehren verloren gehen. Unterschiedliche Ergebnisse können auch durch unterschiedliche Anfeuchtung durch die Streumaschine entstehen. Die Versuche zeigen auch die verschiedenen Qualitäten der einzelnen Streumaschinen bei der Anfeuchtung. Wenn die Anfeuchtung weniger gut funktioniert, werden die feste und die flüssige Komponente nicht vollständig vermischt. Die austretende Lösung fliegt in der Regel weniger weit als die Salzkörner. Unmittelbar hinter der Streumaschine kommt es dadurch zu einem erhöhten Lösungsanteil, der nicht vollständig an die Salzkörner gebunden ist und nicht im vollen Umfang zusammengekehrt werden kann.

Der Fehler wird nach der subjektiven Beurteilung umso größer, je höher die simulierten Streugeschwindigkeiten zur tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit (ca. 5 km/h) abweicht und je höher die eingestellten Streudichten sind. Im Ergebnis liegen die angefeuchteten Tausalze dichter auf der Fahrbahnoberfläche. Die hohen Tausalzmengen können im Gegensatz zu den unter realen Fahrgeschwindigkeiten ausgebrachten Tausalzmengen auch bei sehr trockener Witterung kaum trocknen. Zwischen Ausbringungen bei realen und simulierten Fahrge-

schwindigkeiten kann es zu unterschiedlichen Bewertungen der Kehrergebnisse kommen.

Bei mit realer Fahrgeschwindigkeit ausgebrachten Streumengen scheint subjektiv der Kehrfehler deutlich geringer. Der Fehler ist nach subjektiver Einschätzung auch von der vorhandenen Oberfläche und der Besenqualität abhängig. Die Oberfläche sollte eher glatt sein, aber einer realistischen Fahrbahnoberfläche entsprechen. Die Besenborsten dürfen weder sehr hart noch sehr weich sein. Bei harten Borsten springen verhältnismäßig viele Salzkörner zur Seite weg und können damit das Ergebnis verfälschen. Bei zu weichen Borsten bleiben viele Körner liegen. Die Borsten sollten sehr dicht stehen.

Beim Zusammenkehren von Tausalzen, die mit realer Fahrgeschwindigkeit ausgebracht sind, erscheint nach den vorliegenden Erfahrungen eine quantitative Beurteilung der Streustoffverteilung mit diesem Verfahren möglich. Ergebnisse von mehreren Versuchen mit einer Streumaschine und immer gleichen Einstellungen liegen nicht vor. Damit lassen sich die Fehler im Verfahren nicht quantitativ beurteilen. Dazu sind weitere Versuche notwendig.

## 4 Einflüsse auf die Streubilder

### 4.1 Konstruktion und Justierung der Streumaschine

Die Anfeuchtung der trockenen Tausalze erfolgt, wie im Kapitel 2.3 beschrieben, bei der eingesetzten Streutechnik überwiegend unmittelbar am Streuteller. Dabei sollten bis zum Verlassen des Streutellers das feste Tausalz und die Lösung möglichst gut durchmischt sein.

Eine ausreichend gleichmäßige Anfeuchtung muss unter allen praktischen Einsatzbedingungen erfolgen. Einen erheblichen Einfluss haben dabei die sehr unterschiedlichen Tausalzmassen, die in einer Zeiteinheit anzufeuchten und auszuwerfen sind:

Die unterschiedlichen Austragemengen am Streuteller ergeben sich zum einen aufgrund der unterschiedlichen Streudichten. Sie betragen in der Praxis zwischen 5 und 40 g/m<sup>2</sup>. Sie variieren bis zum Faktor 8.

Die Streumengen pro Zeiteinheit unterscheiden sich weiterhin durch die Streubreite. Hier müssen im Extremfall Breiten zwischen 3 (Anschlussstellen, Parkplätze) und 12 m (dreistreifige Autobahnen) bestreut werden. Durch die verschiedenen Streubreiten kann die auszubringende Tausalzmenge je Zeiteinheit bis zum Faktor 4 variieren.

Als weiterer Einfluss müssen die Fahrgeschwindigkeiten berücksichtigt werden. Hier werden in der Praxis zwischen 5 und 60 km/h gefahren, womit die Fahrgeschwindigkeit bis zum Faktor 12 variieren kann.

Werden alle Faktoren zwischen der kleinst- und größtmöglichen auszubringenden Streumenge je Zeiteinheit einbezogen, ergibt sich ein Gesamtfaktor von 384. Unter der Annahme, dass Streudichten über 20 g/m<sup>2</sup> nur bei Schneeflugfahrten mit 30 km/h und nur 8 m Streubreite ausgebracht werden, variieren die auszubringenden Streumengen je Zeiteinheit um den Faktor 64. In der Tabelle 2 sind die unterschiedlichen Tausalzmengen aufgeführt, die je nach Einstellung und Geschwindigkeit in einer Sekunde über den Streuteller ausgebracht werden müssen.

Beim Auftreffen auf dem rotierenden Streuteller bekommen die Salzkörner durch die vorhandenen senkrechten Stege einen Impuls, der ihre fallende

Fahrgeschwindigkeit [km/h]	Streubreite [m]	Streudichte [g/m <sup>2</sup> ]	Auszubringende Tausalzmenge [g/s]	Volumen der Tausalzmenge (Dichte = 1,2 kg/dm <sup>3</sup> ) [dm <sup>3</sup> ]	Bemerkung
5	3	5	21	0,02	
5	6	20	167	0,14	
30	8	20	1.333	1,11	
30	12	15	1.500	1,25	
60	12	20	4.000	3,33	
60	12	40	8.000	6,67	theoretischer Wert

Tab. 2: Auszubringende Streumengen je Sekunde in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit, Streudichte und Streubreite

Bewegung aus dem Streustoffbehälter in eine horizontale Richtung umlenkt. Die Beschleunigung des Salzkorns hängt von der Geschwindigkeit des Drehtellers (Drehzahl), der Anzahl der senkrechten Stege auf dem Streuteller, dem Abstand von der Drehtellermitte und der Größe bzw. Masse des Salzkorns selber ab. Die Salzkörner fallen an unterschiedlichen Auftreffpunkten auf den Streuteller. Sie verweilen bei der rotierenden Bewegung des Streutellers auch unterschiedlich lang auf diesem. Da alle Teile innerhalb der Streuteller bekannter Streumaschinen nicht beweglich sind, ändert sich das Verhalten der Salzkörner auf dem Streuteller je nach auftreffender Tausalzmenge [2].

Dieses Verhalten lässt sich sehr gut anhand von Standstreubildern darstellen. Je nach Konstruktion der Streuteller ergibt sich eine unterschiedliche Verschiebung der Taustoffverteilung bei verschiedenen simulierten Streugeschwindigkeiten. Bild 8 im Kapitel 3.3.1 und die Bilder 17 bis 22 zeigen die Verteilungen der Tausalze bei unterschiedlich simulierten Fahrgeschwindigkeiten und/oder Streudichten bei jeweils gleicher Einstellung der Streubreite und -streifenlage. Auf jedem Bild sind aufgrund unterschiedlicher Ausbringzeiten je Standbild immer die gleichen Mengen ausgebracht.

Bild 17 zeigt Standbilder eines neuen Streumaschinentyps, bei denen geringe Veränderungen der Taustoffverteilung bei unterschiedlich simulierten Fahrgeschwindigkeiten auftraten. Der Streuteller arbeitete im Vergleich zu allen anderen untersuchten Streumaschinen linksdrehend, sodass mit zunehmender auszubringender Streumenge je Zeiteinheit links mehr Tausalz ankommen. Bei allen anderen Streutellern mit Rechtsdrehung war die Tendenz genau entgegengesetzt.

Die im Stand erstellten Streubilder eines älteren Streumaschinentyps im Bild 18 zeigen deutliche Unterschiede bei verschiedenen simulierten Fahrgeschwindigkeiten auf. Zwischen zwei Streubildern mit gleichen Einstellungen aber unterschiedlichen Verhältnissen zwischen Trockenstoff und Lösung (FS30 und FS15) sind ebenfalls deutliche Unterschiede zu erkennen (siehe auch Aussagen im Kapitel 4.3, Streubilder dort mit gleicher Streumaschine).

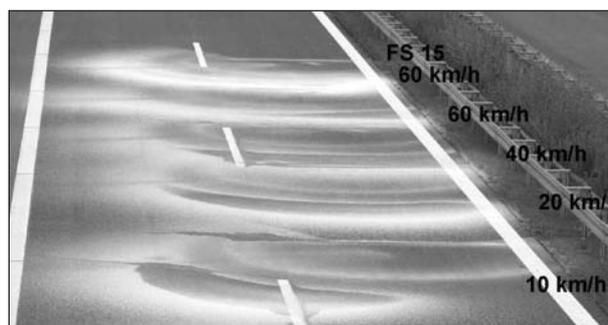
Die Streubilder im Bild 19 wurden mit einem älteren Streumaschinentyp mit Anfeuchtung der Tausalze beim Beladen (FS5) erzeugt. Differenzen zwischen den Streubildern bei verschiedenen simulierten Fahrgeschwindigkeiten sind kaum sichtbar. Streu-

bilder mit anderen FS5-Streumaschinen wurden nicht erstellt. Somit lässt sich daraus nicht ableiten, ob dieses Ergebnis wiederholbar ist. Bei einer Bestätigung dieses Ergebnisses könnte darauf geschlossen werden, dass die Anfeuchtung am Streuteller einen wesentlichen Einfluss auf die Taustoffverteilung hat.

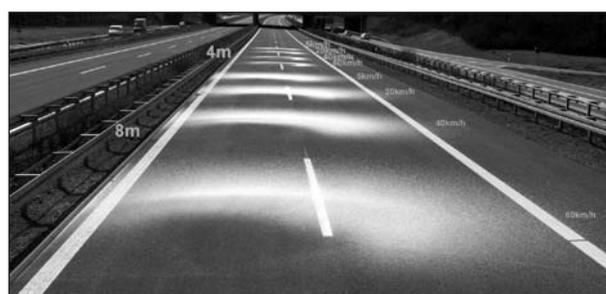
Die Bilder 20 bis 22 zeigen Streubilder eines neueren Streumaschinentyps mit unterschiedlichen Einstellungen der Streubreite, bei dem sichtbare aber keine extremen Streubildverlagerungen auftraten.



**Bild 17:** Im Stand ausgebrachte Streubilder mit 4 m Streubreite, symmetrisch, FS30-Anfeuchtung



**Bild 18:** Im Stand ausgebrachte Streubilder mit 8 m Streubreite, asymmetrisch ca. 2 m nach rechts und 6 m nach links, Streudichte: 20 g/m<sup>2</sup>, FS30-Anfeuchtung, hinteres Streubild mit FS15-Anfeuchtung



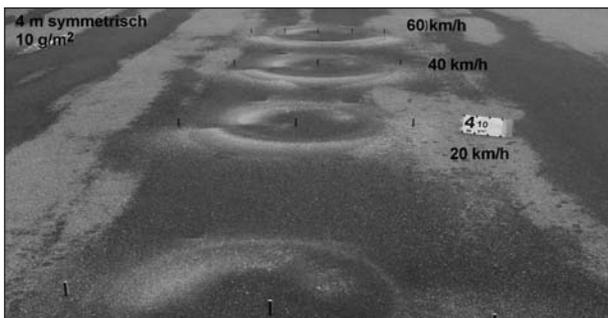
**Bild 19:** Im Stand ausgebrachte Streubilder mit 8 m Streubreite vorn asymmetrisch ca. 2 m nach rechts und 6 m nach links (die vier vorderen Bilder) sowie 4 m Streubreite symmetrisch hinten, Streudichte: 20 g/m<sup>2</sup>, FS5-Anfeuchtung

Zu allen Standuntersuchungen fanden aufgrund des hohen Aufwands keine vergleichenden Streubildbeurteilungen mit realen Fahrgeschwindigkeiten statt. Damit lässt sich keine Aussage treffen, in welchem genauen Ausmaß die Sogwirkung hinter dem Fahrzeug auf die Streubildqualität wirkt (siehe Kapitel 4.2).

An den Streumaschinen kann mit verschiedenen Mitteln eine Justierung vorgenommen werden. In der Regel erfolgt sie durch die Software am Bedienpult. Mit ihr lassen sich Drehzahlen von verschiedenen Antrieben (Förderer im Behälter, Lösungspumpe, Streutellerdrehzahl) bzw. Wege von Stellzylindern (Stellung des Drehtellers zum Fallrohr bzw. Fallrohr zur Behälterfördervorrichtung) für verschiedene Ausbringwerte einstellen. Anhand der



**Bild 20:** Im Stand ausgebrachte Streubilder mit 8 m Streubreite, asymmetrisch ca. 2 m nach rechts und 6 m nach links, Streudichte: 20 g/m<sup>2</sup>, FS30-Anfeuchtung



**Bild 21:** Im Stand ausgebrachte Streubilder mit 4 m Streubreite, symmetrisch, Streudichte: 10 g/m<sup>2</sup>, FS30-Anfeuchtung



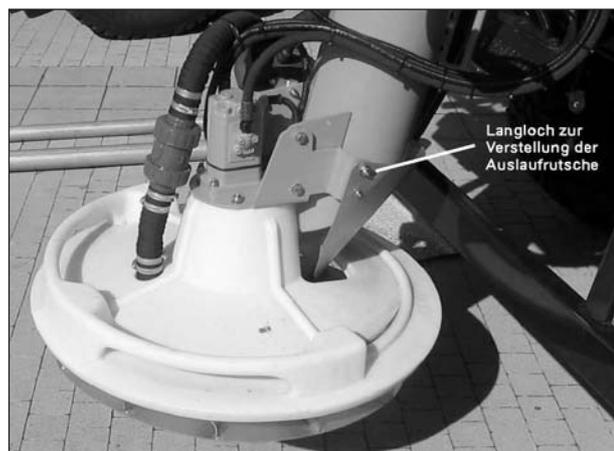
**Bild 22:** Im Stand ausgebrachte Streubilder mit 12 m Streubreite, symmetrisch, Streudichte: 10 g/m<sup>2</sup>, FS30-Anfeuchtung

beschriebenen Standprüfungen lassen sich diese Werte optimieren.

Neben den Einstellmöglichkeiten an der Software gibt es noch Verstellmöglichkeiten an der Mechanik der Streutechnik, die einen erheblichen Einfluss auf die Streubildqualität haben können.

Ein Beispiel sind verstellbare Auftreffpunkte des Tausalzes aus dem Fallrohr auf dem Streuteller oder die Kammer für die Mischung von Trockensalz und Lösung. Die im Bild 23 erkennbare Rutsche lässt sich konstruktionsseitig durch ein Langloch in der Position verstellen.

In einem Versuch wurde die Einwirkung dieser Verstellmöglichkeit überprüft. Mit der vorhandenen Position wurde das in Bild 24 erkennbare vordere Streubild ausgebracht. Danach wurde die Stellung der Rutsche etwas geändert und anschließend das hintere Streubild ausgebracht. Als Solldaten waren



**Bild 23:** Auslaufrutsche am Fallrohr mit Verstellmöglichkeit für das Variieren des Auftreffpunktes des Tausalzes auf dem Streuteller



**Bild 24:** Zwei Streubilder im Stand ausgebracht vor und nach der Verstellung der Position eines Rutschbleches (siehe Bild 23) ohne Verstellung sonstiger Parameter am Bedienpult (10 g/m<sup>2</sup> Streudichte, 12 m Streubreite, symmetrisch, 60 km/h simulierte Streugeschwindigkeit)

12 m Streubreite, symmetrisch, 10 g/m<sup>2</sup> Streudichte und 60 km/h simulierte Streugeschwindigkeit am Bedienpult eingegeben.

Die beiden Streubilder zeigen erhebliche Unterschiede. Im vorderen Streubild liegt das Tausalz sehr weit links, auf der rechten Seite hinter dem Fahrzeug liegt kaum Salz. Dieses Streubild entspricht bei der Vorgabe 12 m Streubreite, symmetrische Verteilung hinter dem Fahrzeug, nicht den Anforderungen. Die Verstellung der Rutsche bewirkt eine erhebliche Verlagerung des Streubildes hinter das Fahrzeug (mittlerer Sollstreubereich). Im rechten Bereich kommt auch mit dieser Einstellung deutlich zu wenig Tausalz an.

## 4.2 Einfluss des Fahrtwindes und der Fahrgeschwindigkeit/Fahrzeug

Für die Beurteilung des Fahrtwindeinflusses fanden verschiedene Versuche mit dem Kehrverfahren (siehe Kapitel 2.5.2) statt. Allerdings herrschten dabei häufig zu hohe Fahrbahnfeuchtigkeiten, sodass unterschiedlich hohe Anteile des Trockensalzes in Lösung gegangen sind und die aufgenom-

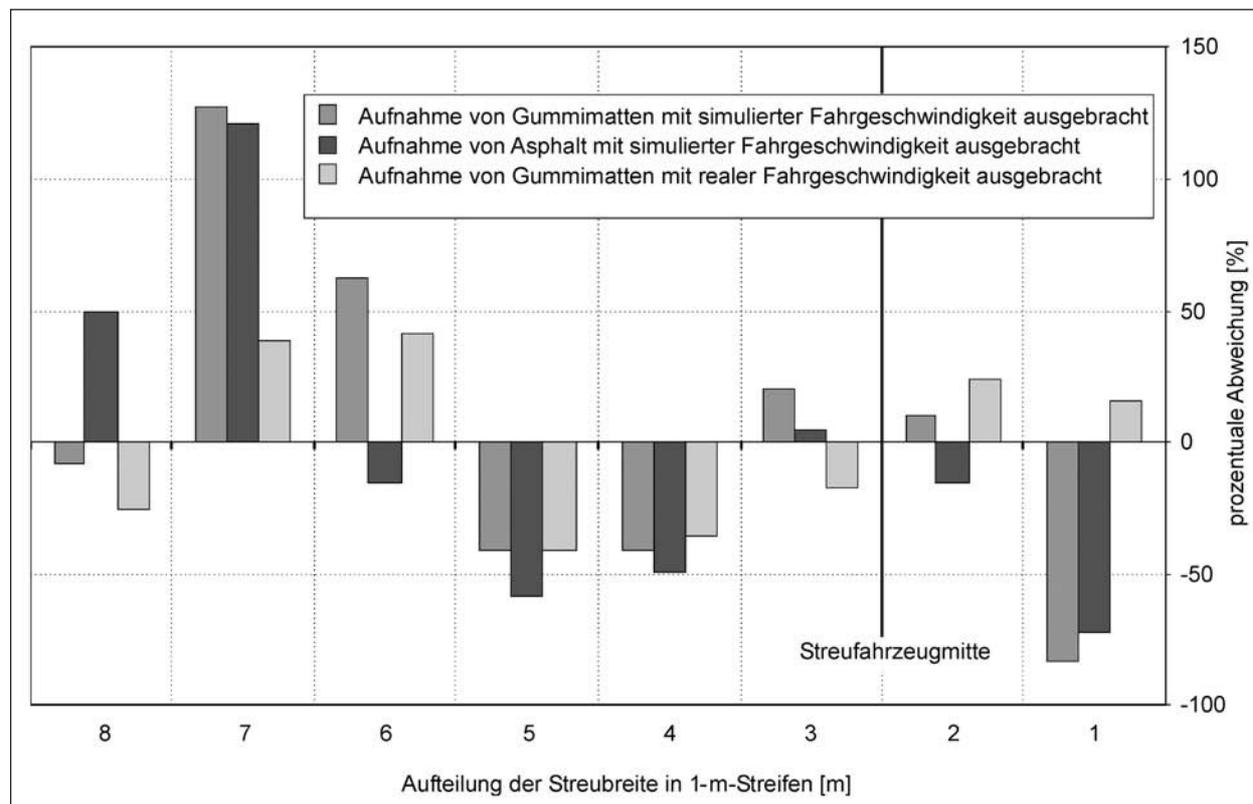
menen Streustoffverteilungen daher wenig aussagekräftig sind.

Bei Versuchen unter sehr trockenen sonnigen Bedingungen entstand eine Gegenüberstellung von drei Verfahrensdurchführungen:

- Aufnahme der Tausalze von einer Asphaltoberfläche, ausgebracht mit einer geringen Fahrgeschwindigkeit (ca. 2 km/h), aber hoher simulierter Streugeschwindigkeit (40 km/h),
- Aufnahme der Tausalze von Gummimatten, ausgebracht mit einer geringen Fahrgeschwindigkeit (ca. 5 km/h), aber hoher simulierter Streugeschwindigkeit (40 km/h),
- Aufnahme der Tausalze von Gummimatten, ausgebracht mit hoher Fahrgeschwindigkeit (40 km/h).

Bei allen Versuchen betragen die Streudichte 40 g/m<sup>2</sup> und die Streubreite 8 m. Die Streustreifenlage war asymmetrisch, 6 m nach links und 2 m nach rechts von der Fahrzeugmitte gesehen.

Der Vergleich der vorliegenden Ergebnisse zeigt eindeutig, dass bei fehlendem Fahrtwind in diesem die Tausalzkörner weiter nach außen flogen und rollten als bei vorhandenem Fahrtwind (Bild 25).



**Bild 25:** Verteilung der Tausalze in die Streubreite auf 1-m-Längsstreifen bei verschiedenen Verfahren der Ausbringung und Aufnahme (Abweichung von der mittleren Streudichte in Abhängigkeit von der aufgenommenen Gesamtmenge)



**Bild 26:** Verwirbelung der Tausalze beim Ausbringen mit hoher Fahrgeschwindigkeit (hier 50 km/h mit FS5-Anfeuchtung)

Dies konnte anhand von Videofilmen oder Fotos (Beispiel siehe Bild 26) auch bei anderen Versuchen gut erkannt werden. Der Sog des Fahrzeuges wirkt dem Flug der Salzkörner entgegen, sodass sie nicht die Breite erreichen wie beim Ausbringen ohne Sogwirkung. Die Sogwirkung nimmt nach der Auswertung von Videoaufnahmen bei Fahrgeschwindigkeiten über 40 km/h erheblich zu.

Einflüsse auf das Streubild einer Streumaschine auf unterschiedlichen Trägerfahrzeugen wurden nicht untersucht. Ebenso fanden keine Versuche zu Einwirkungen von so genannten Windleitschirmen und Heckschürzen (siehe Streumaschine im Bild 24) statt.

### 4.3 Einfluss der Anfeuchtung

Bei verschiedenen Streumaschinentypen ist eine Verstellung des Verhältnisses zwischen Trockenstoff und Lösung möglich. Diese Verstellmöglichkeit wird in der Praxis von den verschiedenen Streufahrzeugfahrern bei nicht ausreichend mitgeführten Lösungsmengen auch genutzt. Sie können so eine größere Trockenstoffmenge anfeuchten. Eine genaue Justierung für die verschiedenen Anfeuchtungen ist steuerungstechnisch zurzeit an den älteren Streumaschinentypen nicht möglich.

Bei einem Versuch wurden im Stand bei gleichen Einstellungen mit einer simulierten Streugeschwindigkeit Streubilder mit verschiedenen Verhältnissen zwischen Trockenstoff und Lösung ausgebracht. Die ausgebrachten Streustoffmengen waren gleich.

Bild 27 zeigt die deutliche Verlagerung der Streumengen bei unterschiedlicher Anfeuchtung. Je höher der Lösungsanteil ist, desto mehr Tausalze legt die Streumaschine nach rechts ab. Offensichtlich verlassen die höher angefeuchteten Tausalze den Streuteller eher. Dieser Effekt ist am ehesten



**Bild 27:** Im Stand ausgebrachte Streubilder mit unterschiedlichen Verhältnissen Trockenstoff:Lösung (Streudichte 40 g/m<sup>2</sup>, Streubreite 4 m, simulierte Streugeschwindigkeit 60 km/h, gleiche Ausbringmengen)

mit einem gewissen Spüleffekt durch die Lösung zu erklären. Ergebnisse von Versuchen unter realen Fahrgeschwindigkeiten zeigten auch Änderungen der Streubildqualität [2].

Untersuchungen mit anderen Streumaschinentypen fanden nicht statt. In der Streupraxis ist bei Änderung der Anfeuchtung eine mögliche Verlagerung des Streubildes zu beachten und gegebenenfalls zu korrigieren.

### 4.4 Einfluss der Tausalzqualität

Auf Bundesfernstraßen wird nahezu ausschließlich Natriumchlorid als Streustoff eingesetzt. Die Anforderungen an Natriumchloride sind in den Technischen Lieferbedingungen für Streustoffe beschrieben [9]. Für die Ausbringung sind zwei Anforderungen des Natriumchlorids von Interesse, die Korngrößenverteilung und der Feuchteanteil. Beide führen zu Veränderungen der Rieselfähigkeit und Schüttdichte des Natriumchlorids. Diese beiden Eigenschaften beeinflussen wiederum die Ausbringung durch die Streumaschine.

Die Größe der Tausalzkörner bewirkt ein unterschiedliches Flug- und Aufprallverhalten. Kleine Körner verwehen mehr als große Körner durch die Sogwirkung hinter dem Fahrzeug, sofern sie nicht angefeuchtet sind. Große Körner springen nach vorliegenden Beobachtungen nach dem Auftreffen auf der Fahrbahn wie ein Ball weiter. Genaue Aussagen, bei welchen Korngrößen die genannten Effekte in welchem Maße auftreten, sind nicht bekannt [2].

Die Rieselfähigkeit beeinflusst theoretisch ebenfalls die Anfeuchtung. Sind die Tausalze weniger rieselfähig, bilden sie bereits infolge vorhandener An-

feuchtung größere zusammengebackene Tausalz-teile. Wenn dieser Effekt nicht gleichmäßig ist, muss auch mit einem sehr ungleichmäßigen Ausbringen gerechnet werden [2].

Weiterhin ist ein unterschiedliches Verhalten bei der Anfeuchtung zu erwarten, das sich durch unterschiedliche Lösungsdurchdringung der Tausalze bei den verschiedenen Korngrößen ergeben kann. Größere Körner können aufgrund ihrer kleineren spezifischen Oberfläche nur weniger Lösung im Vergleich mit kleineren Körnern an sich binden [2].

Kleinere Körner finden nach der Anfeuchtung aufgrund der größeren spezifischen Kontaktflächen dann auch mehr Möglichkeiten, sich durch die anhaftende Lösung untereinander zu verbinden. Sie können sich auch an andere, größere Körner binden. Verbindungen zwischen größeren Körnern sind aufgrund der kleineren Kontaktflächen weniger wahrscheinlich [2].

Inwieweit sich die vergleichsweise losen Verbindungen zwischen den Tausalzkörnern während der Flugphase wieder lösen, ist nicht bekannt [2].

Der Einfluss der Tausalzqualität auf die Streudichte und Streustoffverteilung sollte mit einer umfangreichen Versuchreihe quantitativ nachgewiesen werden. Dabei sollte zunächst Natriumchlorid mit drei unterschiedlichen Korngrößenverteilungen eingesetzt werden, ein Siedesalz (0-1 mm Korngröße), ein Steinsalz mit der Korngröße 0-3 mm und ein Steinsalz mit der Körnung 0-5 mm (Korngrößenverteilung siehe Bild 28).

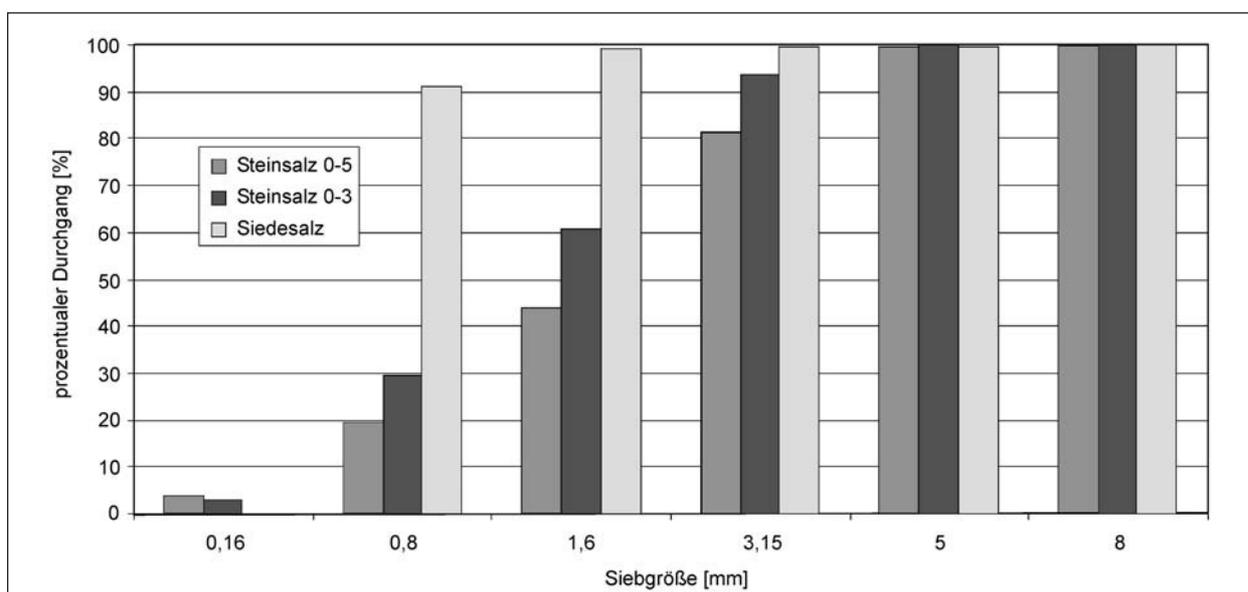
Für die Bestimmung des Einflusses der Korngröße auf die Streudichte fanden zwei Messungen statt. Zum Einsatz kamen zwei Natriumchloride, Siedesalz und Steinsalz 0-5. Die Maschine wurde zunächst für das Steinsalz 0-5 justiert. Die Abweichung von den Sollwerten bei den verschiedenen Einstellungen in Bezug auf Streubreite und -dichte sowie der Streugeschwindigkeit betragen zwischen -1 und +7 % (siehe Tabelle 3, Spalte 6).

Nach einer vollständigen Entleerung wurde die Streumaschine mit dem Siedesalz gefüllt. Mit den gleichen Einstellungen für das Steinsalz 0-5 fand dann eine weitere Streudichteprüfung bei gleichen Einstellwerten statt. Die Abweichungen betragen dann zwischen -35 und -40 % (siehe Tabelle 3, Spalte 7).

Mit diesen Ergebnissen bestätigen sich die Ergebnisse, die mit Natriumchloriden ähnlicher Korngrößenverteilungen mit einem anderen Streumaschinentyp erreicht wurden [2].

Streubildbeurteilungen fanden aus Witterungsgründen fast nur mit dem Steinsalz 0-5 statt. Eine Standbeurteilung erfolgte mit dem Steinsalz 0-3.

Dabei wurden Streubilder im Stand und Ausbringungen mit langsamer Fahrt und simulierter Streugeschwindigkeit sowie mit realer Fahrgeschwindigkeit ausgebracht. Einige Versuche (Standbilder) wurden nach mehreren Wochen wiederholt. Bei der ersten Versuchsreihe im Sommer herrschte eine sehr trockene Witterung. Bei der zweiten Versuchs-



**Bild 28:** Korngrößenverteilung der vorgeschlagenen Natriumchloride für die Versuche zum Korngrößeneinfluss auf die Streubilder

1	2	3	4	5	6	7
simulierte Streugeschwindigkeit [km/h]	eingestellte Streugeschwindigkeit [km/h]	Streubreite [m]	Auffangszeit [s]	Sollwert für Trockensalzanteil [kg]	Abweichung zum Soll mit Salz 0-5 [%] für dieses Salz justiert	Abweichung zum Soll mit Salz 0-1 [%] Einstellung wie Salz 0-5
30	10	3	60	10,5	+5	-36
30	10	3	60	10,5	+3	-35
30	40	4	30	28,0	+5	-39
30	40	4	30	28,0	+3	-39
60	10	8	20	18,7	-1	-37
60	10	8	20	18,7	+1	-37
50	20	8	20	31,1	+6	-39
50	20	8	20	31,1	+3	-37
50	40	4	20	31,1	+7	-38
50	40	4	20	31,1	+4	-38
50	30	8	15	35,0	+7	-40
50	30	8	15	35,0	+6	-38

**Tab. 3:** Gegenüberstellung von Streudichtemessergebnissen bei Nutzung von Natriumchloriden mit unterschiedlichen Korngrößen, Spalten 6 und 7 geben die erreichten Ist-Werte (prozentual zum Soll-Wert) bei den einzelnen Messungen an



**Bild 29:** Ausbringung von Steinsalz, Körnung 0-3, im Stand bei verschiedenen simulierten Streugeschwindigkeiten, Einstellungen: 20 g/m<sup>2</sup> Streudichte, 8 m Streubreite, 6 m nach links, 2 m nach rechts von Fahrzeugmitte, trockene Witterung



**Bild 30:** Ausbringung von Steinsalz, Körnung 0-5, im Stand bei verschiedenen simulierten Streugeschwindigkeiten, Einstellungen: 20 g/m<sup>2</sup> Streudichte, 8 m Streubreite, 6 m nach links, 2 m nach rechts von Fahrzeugmitte, trockene Witterung

reihe im Herbst war die Witterung wesentlich feuchter und kühler.

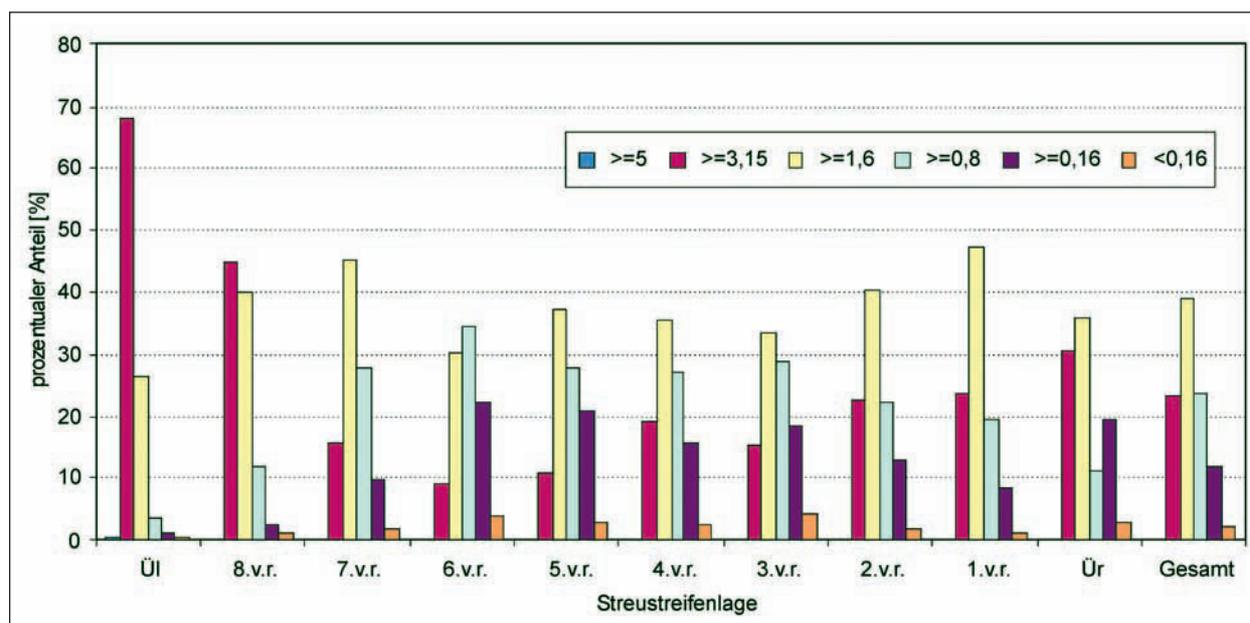
Die Bilder 29 und 30 zeigen die Ergebnisse von Standversuchen mit den beiden Steinsalzen im Vergleich. Veränderungen der Einstellungen wur-

den zwischen beiden Versuchen nicht vorgenommen. Vor diesen Versuchen erfolgte eine Justierung im Stand mit dem Steinsalz, Körnung 0-3.

In der subjektiven Bewertung entstehen bei der Ausbringung im Stand keine großen Differenzen bei der Streubreite zwischen den beiden Tausalzen. Bei beiden Salzen sind mit zunehmender Entfernung vom Streuteller die größeren Salzkörner zu beobachten. Das Steinsalz 0-3 wird mehr nach links vor das Fahrzeugende geworfen. Diese Beobachtung lässt darauf schließen, dass die groben Körner den Streuteller früher verlassen.

Nach einem Ausbringen mit langsamer Fahrt (ca. 5 km/h) und simulierter Streugeschwindigkeit (40 km/h) wurden das Tausalz über 4 Längen zu einer Linie zusammengekehrt und dann je Meter Streubreite aufgenommen. Anschließend wurde je Meter Streubreite die Korngrößenzusammensetzung bestimmt. Die differenzierte Tausalzverteilung ist im Bild 31 ablesbar. Die Einstellungen an der Streumaschine betragen 8 m Streubreite, 40 g/m<sup>2</sup> Streudichte, die Streustreifenlage 2 m nach rechts und 6 m nach links von der Fahrzeugmitte. Zum Einsatz kam Tausalz mit der Körnung 0-3.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass mit der höher werdenden Entfernung von der Fahrzeugmitte sich der Anteil der größeren Körner erhöht. Dieses Ergebnis stellt einen quantitativen Nachweis der sub-



**Bild 31:** Verteilung der Kornfraktionen über die Streubreite in Abschnitten von 1 m Breite x 4 m Länge aufgenommen (simulierte Fahrgeschwindigkeit = 40 km/h, reale Fahrgeschwindigkeit ca. 5 km/h, Streudichte = 40 g/m<sup>2</sup>, 8 m Streubreite)

jektiven Beobachtungen dar. Große Körner springen in der Regel nach dem Aufprall auf der Fahrbahnoberfläche deutlich weiter als die kleineren Körner. Körner unter 0,8 mm erreichen die äußeren Bereiche nur im geringem Umfang.

Die Justierung muss diesem Verhalten angepasst werden. Eine gleichmäßige Verteilung der einzelnen Korngrößenfraktionen über der Breite kann nicht erwartet werden. Im vorliegenden Fall gingen trotz längerer Justierungen anhand von Standbildern die großen Körner in einem hohen Maß über die Sollstreubreite hinaus. Sie gehen damit für die Wirkung auf der Fahrbahn verloren.

Für die Einhaltung der Streustoffverteilung in der Breite muss die Drehzahl des Streutellers verringert werden. Sollen in einer weiteren Entfernung von der Streumaschine auch kleinere Tausalzkörner ankommen, muss der Anteil der großen Körner reduziert werden.

Die beschriebene vorgesehene Versuchsreihe wurde aufgrund des sehr hohen Aufwandes nach wenigen Versuchen abgebrochen. Alle bis zum Abbruch der Versuchsreihe durchgeführten Versuche und weitere Versuche in Rheinland-Pfalz weisen auf den Einfluss der Tausalzqualität auf die Qualität der Streubilder hin. Eine geänderte Streustoffqualität (z. B. neue Lieferung) erfordert deshalb immer für jeden Einzelfall eine Überprüfung und gegebenenfalls neue Justierung der Streumaschine, die sich nicht durch allgemeine Vorgaben realisieren lässt.

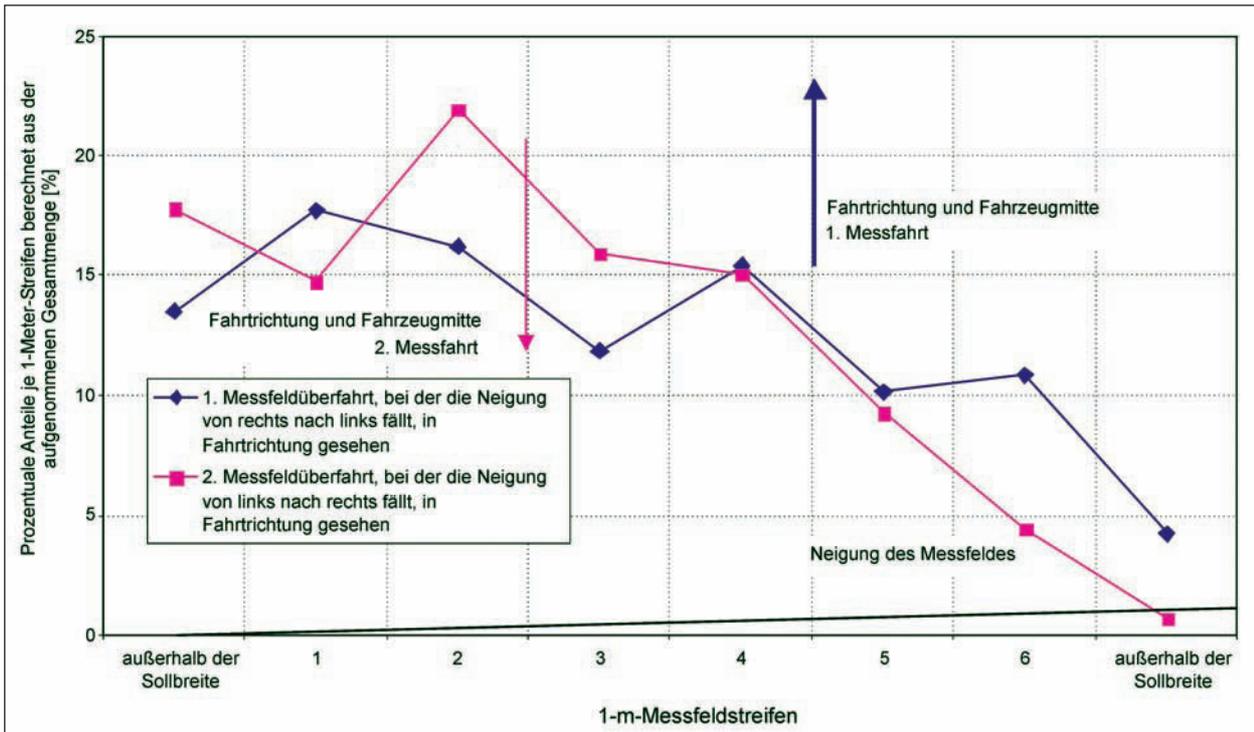
#### 4.5 Einfluss der Fahrbahneigenschaften

In Bezug auf die Rauigkeit der Fahrbahnoberfläche fanden keine Untersuchungen statt. Der Einfluss wird nach den bisherigen Beobachtungen als relativ klein angesehen.

Eine Auffälligkeit ergab sich bei der Ausbringung von Tausalzen mit einer FS30-Anfeuchtung und einer Fahrgeschwindigkeit von 50 km/h auf einem Messfeld mit einer Querneigung von ca. 2 %. Visuelle Beobachtungen zeigten, dass ausgebrachte Tausalzkörner zunächst nach dem Verlassen des Streutellers entgegen dem Uhrzeigersinn nach rechts flogen. Kurz vor dem Auftreffen bewegten sich die Salzkörner im Sog des Fahrzeuges wieder „bergab“. Rechts von der Fahrzeugmitte wurde deutlich weniger Tausalz aufgenommen als auf der linken Seite.

Versuchsweise fand eine Überfahrt über das Messfeld mit den gleichen Einstellungen aus der entgegengesetzten Richtung statt. Der Streuer sollte den gleichen Streifen abstreuen wie zuvor. Das Fahrzeug fuhr zwei Meter versetzt im Vergleich zur Fahrt aus der anderen Richtung über das Messfeld (vergleiche Bilder 32 bis 34).

Im Ergebnis entstehen auf die Fläche gesehen zwei fast ähnliche Streubilder. Im Bezug auf die gleiche Einstellung sind sie aber sehr unterschiedlich. Das



**Bild 32:** Tausalzverteilung von zwei Überfahrten aus verschiedenen Richtungen über ein Messfeld mit gleicher Streueinstellung und Fahrgeschwindigkeit (20 g/m<sup>2</sup> Streudichte, 6 m Streubreite, 50 km/h)



**Bild 33:** Ausbringen der Streustoffe auf einer geeigneten Fahrbahn (Einstellungen: 20 g/m<sup>2</sup> Streudichte, 6 m Streubreite, Streustreifenlage 2 m nach rechts und 4 m nach links, Fahrgeschwindigkeit: 50 km/h)



**Bild 34:** Ausbringen der Streustoffe auf der gleichen geeigneten Fahrbahn wie in Bild 33, allerdings in entgegengesetzter Fahrbahn mit den gleichen Einstellungen

ausgebrachte Tausalz liegt in der Tendenz mehr „unten“.

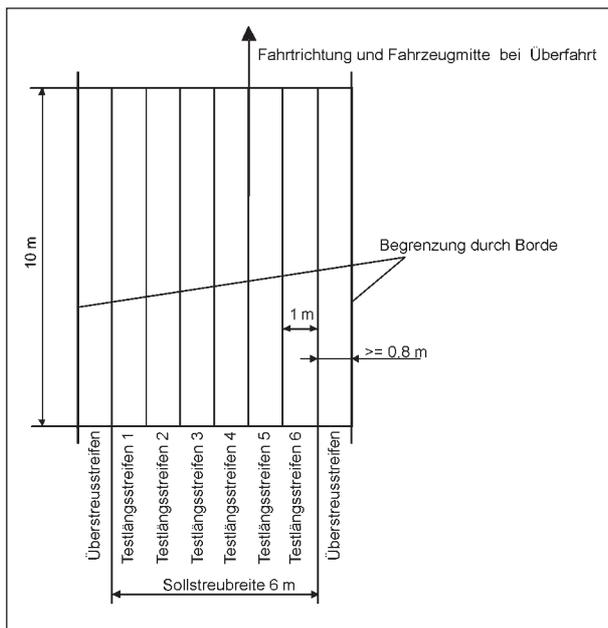
Neben dem unterschiedlichen Verhalten des Aufkommens und Weiterrollens der Tausalzkörner auf der Fahrbahn nach dem Auftreffen wird auch ein unterschiedliches Verhalten des Abwurfes vom Streuteller vermutet. Der Streustoff fällt aufgrund der Schwerkraft vom Behälter durch das Fallrohr immer senkrecht. Aufgrund der unterschiedlichen Querneigungen der Fahrbahn und damit auch der Streumaschine trifft dann das Tausalz auf verschiedene Positionen des Streutellers. Wie bereits im Kapitel 4.1 aufgezeigt, führen geringe Veränderungen des Auftreffpunktes auf dem Streuteller zu erheblichen Streubildverlagerungen.

Welchen tatsächlichen Einfluss die Neigung der Fahrbahn auf das Streubild durch die unterschiedlichen Auftreffpunkte auf den Streuteller hat, muss durch weitere Versuche nachgewiesen werden. Je nach Maschinentyp werden auch Unterschiede durch verschiedene konstruktive Ausführungen vermutet.

#### 4.6 Einfluss der Witterung

Zum Einfluss der Witterung fanden keine Untersuchungen statt. Sie werden im Vergleich zu den an-





**Bild 35:** Beispiel für eine Messfeldmarkierung (6 m Streubreite, Streustreifenlage: 4 m links bis 2 m rechts von Fahrzeugmitte)

der Bereich der Kehrfäche muss eine Oberfläche besitzen, auf der die ausgebrachten Streustoffe weitgehend vollständig zusammengekehrt werden können,

- Kehrmaschine/Staubsauger,
- Besen,
- Schaufel,
- Bandmaß,
- Kreide oder dauerhaft markiertes Prüffeld,
- Behältnis für die Streustoffwägung,
- Waage (Anzeigeauflösung  $\leq 1$  g, Messgenauigkeit  $\pm 5$ g),
- Windgeschwindigkeitsmesser (Anzeigeauflösung  $\leq 0,1$  m/s, Messgenauigkeit  $\pm 0,5$  m/s).

## 5.5 Voraussetzung für die Verfahrensdurchführung

- Die Prüffläche muss sauber und weitgehend trocken sein. Die Menge loser Bestandteile auf der Prüffläche muss  $< 3$  g/m<sup>2</sup> sein. Eine vorhandene Feuchte darf durch Lösen der Streustoffe bzw. durch Anhaften an den Streustoffen zu einem Fehler von maximal  $\pm 5$  % führen.
- Die Windgeschwindigkeit muss  $< 2$  m/s betragen.

- Es müssen mindestens  $\geq 3$  g/m<sup>2</sup> feste Streustoffe ausgebracht werden.

## 5.6 Verfahrensdurchführung

- a) Prüffläche entsprechend Kapitel 5.4 mit einer Kehrmaschine oder Staubsauger reinigen und trocknen.
- b) Fläche für das Zusammenkehren auf der Prüffläche markieren oder dauerhaft markiertes Prüffeld nutzen.

Die Länge für das Zusammenkehren muss =  $10 \text{ m} \pm 0,10 \text{ m}$  betragen. Die Längsrichtung in 1-Meter-Prüfstreifen (je  $\pm 0,02 \text{ m}$ ) markieren.

Die Aufstellung von Borden oder Ähnlichem für die seitliche Begrenzung ist möglich. Diese müssen mindestens im Abstand von  $0,8 \text{ m}$  von den Sollbreiten stehen.

- c) Bestimmung und Kennzeichnung der zu fahrenden Fahrzeugmitte auf der Prüffläche. Das Fahrzeug ist mit  $\pm 5$  cm Genauigkeit über die gekennzeichnete Mitte zu führen. Alternativ kann eine Möglichkeit geschaffen werden, die eine Bestimmung der Fahrzeugmitte nach der Überfahrt mit einer Genauigkeit von  $\pm 5$  cm zulässt.
- d) Ausbringen des Streustoffes entsprechend den Vorgaben in Bezug auf Streudichte, -breite und -streifenlage mit der geforderten Fahrgeschwindigkeit auf der Prüffläche.

Die Fahrgeschwindigkeit darf den Sollwert nicht unterschreiten bzw. bis maximal  $5 \text{ km/h}$  überschreiten.

- e) Zusammenkehren der ausgebrachten Streustoffe im markierten Prüffeld von den festgelegten Rändern in Längsrichtung bis etwa zur Mitte des Prüffeldes zu einer Linie senkrecht zur Querrichtung

Das Kehren der Streustoffe quer zur Fahrtrichtung ist weitgehend zu vermeiden. In der Breite ist so zu kehren, dass möglichst alle Streustoffe erfasst werden.

- f) Zusammengekehrte Streustoffe innerhalb der 1-Meter-Streifen aufnehmen und wiegen.

## 5.7 Bewertung der Ergebnisse – Dokumentation der Prüfung

Bei der Bewertung sind mögliche gelöste und nicht aufgenommene Bestandteile zu berücksichtigen.

Im Prüfbericht sind die Messergebnisse bei den genutzten Einstellungen, Streustoffen und die Witterungsbedingungen bei der Prüfung zu dokumentieren.

Die Beschreibung des Streustoffes muss Angaben zur chemischen Zusammensetzung, zur Kornverteilung und zur anhaftenden Feuchte enthalten.

## 6 Hinweise für das qualitätsgerechte Ausbringen von Tausalzen

### 6.1 Allgemeines

Die durchgeführten Untersuchungen zeigten häufig Streumaschinen mit einer falschen Justierung in Bezug auf die auszubringende Streudichte und Taustoffverteilung. Bei den meisten Streumaschinentypen treten mehr oder weniger deutliche Veränderungen der Tausalzverteilung bei Änderung der auszubringenden Streudichte oder der Fahrgeschwindigkeit auf, die auch den Bedienern häufig nicht im vollem Umfang bekannt sind. Eine automatische Anpassung aufgrund sich ändernder Parameter für die richtige Tausalzverteilung ist bei den meisten Streumaschinentypen nicht möglich. Fehlerhafte Verteilungen bewirken, dass die Fahrbahnen zu wenig oder viel abgestreut sind. Zu wenig Tausalz kann zu Einschränkungen der Verkehrssicherheit führen, zu viel Tausalz erzeugt unnötig hohe Kosten für den Winterdienst.

Eine qualitätsgerechte Ausbringung der Tausalze in allen Einsatzfällen setzt nach den neu gewonnenen Erkenntnissen umfangreichere Maßnahmen im Vergleich zu der zurzeit häufig gängigen Praxis voraus. Sie beginnen bei der Beschaffung der Streumaschine mit den notwendigen Anforderungen an die Hersteller, gehen über die richtige Vorbereitung der Streumaschinen und Schulung der Streumaschinenführer vor dem Winter bis zum richtigen Handeln beim Winterdiensteinsatz selber.

### 6.2 Hinweise für die Beschaffung von Streumaschinen

Die automatische Einhaltung der Streubreite und -streifenlage bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten oder unterschiedlich eingestellten Streudichten ist ein wesentliches Kriterium für das qualitätsgerechte Ausbringen von Tausalzen. Die TLG

B3 enthält keine eindeutig beschriebene Anforderung an die automatische Einhaltung. Aufgrund des Fehlens in den Regelwerken sollte diese Anforderung bei der Beschaffung zusätzlich in die Leistungsbeschreibung aufgenommen werden.

Diese höheren Anforderungen werden seitens der Hersteller zu höheren Aufwänden an die Programmierung der Steuerung führen. Aber auch beim Anwender können höhere Aufwände bei der Justierung entstehen. Erfahrungen mit bereits gelieferten Streumaschinen mit diesen Programmierungsmöglichkeiten liegen bisher nicht vor. Entstehende höhere Kosten sollten später durch Einsparungen beim Tausalzverbrauch durch genaueres Verteilen ausgeglichen werden können.

Die festgestellte Abhängigkeit der Tausalzverteilung vom eingesetzten Tausalz erfordert eine genaue Justierung der Streumaschine für das oder die vorgesehene(n) Tausalz(e). Bei Lieferung einer neuen Streumaschine wird die Justierung möglichst durch den Lieferanten vor Ort beim Anwender empfohlen. Die Überprüfung der richtigen Justierung sollte dann Gegenstand der Abnahme sein. Bei mehreren gelieferten Maschinen kann das auch stichprobenartig erfolgen. Die Justierung durch den Lieferanten muss in diesem Fall in der Leistungsbeschreibung enthalten sein.

Die Überprüfung sollte in jedem Fall die vorgestellte Standprüfung (siehe Kapitel 3.1) und die Hinterherfahrt (Kapitel 3.2) beinhalten. In Streitfällen kann die im Kapitel 5 beschriebene objektivere Prüfung zur Anwendung kommen. Die vorgesehenen Prüfverfahren sollten ebenfalls in der Leistungsbeschreibung aufgeführt werden. Bis auf die in der TLG B3 aufgeführte Prüfung durch Hinterherfahrt sind die anderen Prüfungen zurzeit in keinem Regelwerk enthalten und sollten bei vorgesehener Anwendung dem Lieferanten vor der Lieferung mitgeteilt werden.

### 6.3 Hinweise für die Einsatzvorbereitung

Aufgrund der häufig festgestellten Abweichungen der Ist-Werte von den eingestellten Sollwerten bei der Streudichte und Taustoffverteilung sollte vor dem ersten Wintereinsatz eine Überprüfung der richtigen Justierung jeder Streumaschine erfolgen. Neben der Streudichteprüfung sollte die Taustoffverteilung durch Standbilder (siehe Kapitel 4.4) und Hinterherfahrten (siehe Kapitel 4.5) geprüft werden.

Sind an verschiedenen Ladestandorten unterschiedliche Tausalzqualitäten vorhanden, sollten die Justierungen für die verschiedenen Tausalze vorgenommen werden. Streumaschinen sind in der Regel in der Lage, Einstellungen für mehrere Tausalze zu speichern.

Bei älteren Streumaschinen, die noch keine automatische Steuerung für die Einhaltung der Taustoffverteilung bei unterschiedlicher Streudichte und Fahrgeschwindigkeit haben, sind die vorgesehenen Fahrer auf die Verlagerung der Taustoffverteilung hinzuweisen. Bei Streumaschinen mit verstellbarer Anfeuchtung muss auch auf die Auswirkungen der Anfeuchtung auf das Streubild hingewiesen werden.

Die Fahrer können am besten bei einer Hinterherfahrt das Verhalten der Tausalze nach dem Verlassen des Streutellers beobachten. Anschließend sollten sie beim Selberführen des Streufahrzeuges versuchen, bei unterschiedlichen Sollvorgaben die richtigen Einstellungen am Bedienpult zu finden und einzuhalten. Dabei müssen sie sich über die Rückspiegel und, wenn vorhanden, über ein Bild der Rückwärtskamera behelfen. Es ist sinnvoll, die Einstellungen für die Haupteinsätze zu notieren, um sie im späteren Einsatz vornehmen zu können.

#### **6.4 Hinweise für den Bediener bei den Wintereinsätzen**

Bei der Ausbringung müssen die Streufahrzeugführer für das qualitätsgerechte Ausbringen die Verteilung der Tausalze beobachten. Dabei helfen ihnen am besten die Erfahrungen, die sie bei der Winter Vorbereitung gesammelt haben (siehe Kapitel 6.3). Ein möglichst gleiches Streubild kann erreicht werden, wenn unter der Voraussetzung der Verkehrsgegebenheiten eine möglichst gleiche Geschwindigkeit gefahren wird.

Ändert sich die Tausalzqualität bei Neulieferungen im Winter, muss die Justierung der Streumaschine geprüft und gegebenenfalls neu justiert werden.

#### **6.5 Weiterentwicklung der Justiermöglichkeiten**

Die Beurteilung bei der Hinterherfahrt stellt für die Praxisanwendung ein hinreichend genaues Verfahren für die Beurteilung der Tausalzausbringung dar. Für die Justierung lässt sich das Verfahren an den

bekanntem Streumaschinentypen zurzeit nicht nutzen, da während einer Streufahrt kein Justiermodus am Bedienpult aufgerufen werden kann.

Während einer Hinterherfahrt könnten Justiereinstellungen nicht nur geprüft, sondern auch geändert werden. Dazu sollte es möglich sein, relevante Änderungen bei den Justiergrößen vornehmen und, bei Bestätigung der richtigen Tausalzverteilung durch den Beobachter, auch speichern zu können. Die Auswirkungen der geänderten Justierung müssen dann für andere Einstellungen geprüft werden. Sie dürfen sich auch nicht auf die eingestellte Streudichte auswirken.

Da in der Regel nur wenige Einstellungen in Bezug auf Streubreite und -streifenlage genutzt werden, sollte sich der Aufwand für eine Justierung nach diesem Verfahren nicht sehr aufwändig gestalten. Möglichkeiten für diese Art der Justierung sollten zusammen mit den Herstellern erprobt werden.

## **7 Zusammenfassung/Ausblick**

Eine effiziente Glättebekämpfung setzt u. a. eine möglichst gleichmäßige Verteilung von Tausalzen in ausreichender Menge voraus. Eingesetzte Streumaschinen müssen gewährleisten, dass die Streustoffe dabei entsprechend den Einstellungen am Bedienpult in Bezug auf Streudichte, -breite und -streifenlage unter allen praxisnahen Bedingungen möglichst gleichmäßig verteilt werden.

Häufig festgestellte fehlerhafte Ausbringungen (Streudichte und Verteilung) zeigen, dass für ein qualitätsgerechtes Ausbringen von Tausalzen eine Reihe von Voraussetzungen geschaffen werden muss.

Erste Voraussetzung ist die richtige Eignung der Streumaschine für eine automatische qualitätsgerechte Ausbringung der Tausalze. Die vorliegenden Anforderungen der TLG B3 an die Streumaschinen reichen dafür nicht aus. Eine gleich bleibende Streulage bei verschiedenen Streudichten und Fahrgeschwindigkeiten wird in der TL nicht gefordert und deshalb von den meisten Streumaschinentypen auch nicht erreicht. Die Streubilder ändern sich unter verschiedenen Einsatzbedingungen in der Praxis insbesondere bei älteren Streumaschinen erheblich.

Die Streufahrzeugführer müssen daher während des Einsatzes eine Nachregulierung der Streubreite

te und/oder Streustreifenlage vornehmen. Dafür müssen umfangreiche Erfahrungen beim Streufahrzeugführer vorhanden sein. Voraussetzung ist eine entsprechende Schulung der Streufahrzeugführer.

Bei Neubeschaffungen von Streumaschinen wird die Forderung nach einer automatischen Einhaltung einer Streubreite bzw. -streifenlage bei verschiedenen Streudichten und Fahrgeschwindigkeiten empfohlen. Die Hersteller von Streumaschinen müssen diese Anforderung dann gewährleisten.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Streubildqualität hat auch das eingesetzte Tausalz. Die Streumaschine muss für das genutzte Tausalz entsprechend justiert sein.

Für die Beurteilung von Streubildern für die Feuchtsalzausbringung gab es bisher keine Verfahren zur quantitativen Bestimmung der Streustoffverteilung. Die ersten Ergebnisse der Projektarbeit zeigten, dass die richtige Justierung der Streumaschine selber und der Einfluss des Fahrtwindes beim Ausbringen zwei wesentliche Einflussgrößen auf die Streustoffverteilung sind. Verfahren zur Streubildbeurteilung im Stand und bei langsamer Fahrgeschwindigkeit sind daher für eine richtige Justierung nur eingeschränkt hilfreich.

Deshalb sollte die vorgenommene Justierung der Streustoffausbringung visuell bei Hinterherfahrt mit praxisgerechten Fahrgeschwindigkeiten beurteilt und gegebenenfalls korrigiert werden. Dieses Verfahren ist zwar subjektiv, wird jedoch für eine Einschätzung der Streubreite und -streifenlage als hinreichend genau angesehen.

Für genauere Beurteilungen bei Eignungs- und Streitfallprüfungen wurden im Rahmen der Projektarbeit zwei neue Verfahren umfangreicher untersucht. Mit ihnen ist eine Beurteilung von Feuchtsalzstreubildern bei praxisgerechten Fahrgeschwindigkeiten möglich. Beim ersten Verfahren werden die Streustoffe über Gummimatten ausgebracht und anschließend abschnittsweise aufgesaugt. Beim zweiten Verfahren werden die Streustoffe direkt auf die Fahrbahn ausgebracht und anschließend über einer definierten Länge zu einer Linie quer zur Fahrtrichtung zusammengekehrt. Anschließend werden die Streustoffe der Linie abschnittsweise aufgenommen und verwogen.

Das erste Verfahren ist bei der Aufnahme der Streustoffe sehr genau. Es ist aber durch die Herstellung der Prüffläche mit den Gummimatten recht aufwändig, und der Einfluss der andersartigen

Oberfläche der Gummimatten auf das Streubild konnte bisher nicht ermittelt werden.

Die Durchführung des zweiten Verfahrens ist schneller zu realisieren. Das Zusammenkehren kann aber bei der Beurteilung von Feuchtsalzstreubildern zu größeren Fehlern führen, da zum einen Anteile der verwendeten Tausalzlösung in die Fahrbahn einziehen und zum anderen Teile der Tausalze aufgrund unzureichender Kehrung nicht erfasst werden können. Zur Feststellung der Wiederholbarkeit der Messergebnisse sind weitere Untersuchungen notwendig. Dabei sind weitere Einflüsse (u. a. Fahrbahneigenschaften, Witterung) auf die Streubilder zu analysieren.

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen sind für eine schnelle Information der Straßenausbauverwaltungen bereits mehrfach publiziert worden [3, 12, 13]. Es wird empfohlen, diese Erkenntnisse auch in einer zu überarbeitenden TLG B3 [8] oder in die vorgesehene Europäische Norm für Streumaschinen und in das Merkblatt für die Überprüfung von Streumaschine [7] einzuarbeiten.

Bei einer breiten Umsetzung der Erkenntnisse durch Hersteller und Anwender wird ein qualitätsgerechteres und sparsameres Ausbringen von Streustoffen erwartet.

## Literatur

- [1] BADEL, H., GÖTZFRIED, F.: Wirksamkeit verschiedener Tausalze, Straßenverkehrstechnik, 10/2003, S. 527-533
- [2] BADEL, H., SELIGER, R., MORITZ, K., SCHEURL, S., HÄUSLER, G.: Optimierung der Anfeuchtung von Tausalzen, Abschlussbericht zum Projekt 01 671 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 04/2004
- [3] BADEL, H.: Richtig dosieren und verteilen, KommunalTechnik, 11/12/2004
- [4] Deutsches Institut für Normung e. V.: Winterdienstausrüstung – Terminologie – Begriffe zur Winterdienstausrüstung, dreisprachige Fassung prEN 15144:2005
- [5] FLEISCH, J., SCHEURL, S., MORITZ, K., WENDL, A., HÄUSLER, G.: Entwicklung eines Prüfverfahrens für die Beurteilung des Streubildes beim Feuchtsalzstreuen (Fortschreibung TLG-B3), Abschlussbericht zum Projekt

94653 der Bundesanstalt für Straßenwesen,  
Inzell 12/1999

- [6] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Merkblatt für die Überprüfung von Streugeräten für den Straßenwinterdienst, Ausgabe 1989, Ergänzung 1993
- [7] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Merkblatt für den Unterhaltungs- und Betriebsdienst an Straßenm Teil: Winterdienst, Ausgabe 1997
- [8] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Technische Lieferbedingungen und Richtlinien für Geräte des Straßenunterhaltungs- und -betriebsdienstes, TLG, Teil B3, Streugeräte, Ausgabe 1991
- [9] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Technische Lieferbedingungen für Streustoffe des Straßenwinterdienstes (TL-Streu), Ausgabe 2003
- [10] HANKE, H.: Feuchtsalz-Anwendung in Straßenwinterdienst, Einsparungsmöglichkeiten und Anwendungsempfehlungen, Straße + Autobahn 05/1991, S. 250-258
- [11] HANKE, H., LEVIN, C., MATTHEß, V., SENDROWSKI, R.: Einsatz und Wirtschaftlichkeit von Feuchtsalz in der Praxis, Technische Hochschule Darmstadt, Schlussbericht 09/1990
- [12] KÜNSTER, G., BÜNDGEN, BADEL, H., NIEBRÜGGE, L., KÖLLERER, F.: Qualitätssicherung Streustoffverteilung im Winterdienst; Hinweise und Empfehlungen für Beschaffungsstellen, Einsatzleiter, Einsatz- und Werkstattpersonal, Abschlussbericht der Bund-Länder-Arbeitsgruppe des LFA Betriebsdienstes „Überprüfung der Streuqualität an Streumaschinen“, Koblenz 06/2005
- [13] NIEBRÜGGE, L., BADEL, H.: Qualitätssicherung im Winterdienst, Beschaffung und Betrieb von Streumaschinen, VKS-News 7/8 2005