

Untersuchungen zur FS50-Streutechnik

**Fachveröffentlichung der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

bast

Bundesanstalt für Straßenwesen

bast

WINDIP
WINTERDIENST PRÜFSTELLE

Untersuchungen zur FS50-Streutechnik

Schlussbericht zum AP F1100.6516001

Horst Badelt (BASt)

Dražan Bunoza (Ingenieurbüro WINDIP)

19.08.2020

Inhalt

1	Einleitung.....	3
2	Vorüberlegungen - Vorgehen.....	4
3	Bewertung der Streumaschinen	4
3.1	Bewertungskriterien - Vorgehen.....	4
3.2	Ergebnisse der Streumaschinenprüfungen.....	5
4	Messungen zur Liegedauer	8
4.1	Allgemeines.....	8
4.1.1	Versuch am 02.02.2017	9
4.1.2	Versuch am 09.02.2017	11
4.2	Versuchsergebnisse.....	11
4.2.1	Versuch am 02.02.217	11
4.2.2	Versuch am 09.02.2107	12
4.3	Zusammenfassung der Ergebnisse	14
5	Praxiserfahrungen	14
6	Wirtschaftlichkeits- und Umweltbetrachtungen.....	15
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	16

Literaturverzeichnis

Anhang 1	Prüfung einer Streumaschine der Firma epoke (2017 mit Steinsalz 0-3,15 mm Körnung)
Anhang 2	Prüfung einer Streumaschine der Firma Aebi Schmidt (2017 mit Steinsalz 0-3,15 mm Körnung)
Anhang 3	Prüfung einer Streumaschine der Firma Küpper-Weisser (2017 mit Steinsalz 0-3,15 mm Körnung)
Anhang 4	Prüfung einer Streumaschine der Firma Küpper-Weisser (2018 mit Steinsalz 0-3,15 mm Körnung)
Anhang 5	Prüfung einer Streumaschine der Firma Küpper-Weisser (2018 mit Steinsalz 0-2 mm Körnung)
Anhang 6	Prüfung einer Streumaschine der Firma Küpper-Weisser (2018 mit Siedesalz 0-1 mm Körnung)

1 Einleitung

Der Winterdienst soll heute Glätte nicht nur schnell beseitigen, sondern möglichst vermeiden. Das setzt eine präventive Behandlung der Straßen voraus. Beim Auftreffen von Feuchtigkeit auf der Fahrbahn und gleichzeitig vorliegenden Temperaturen unter 0°C sollte dort bereits ein Taustoff zur Gefrierpunktabenkung vorhanden sein. Mit dem meist eingesetzten Natriumchlorid kann eine sichere Gefrierpunktabenkung bis rund -20°C erfolgen.

Vorhandene Technologien zur Ausbringung von Natriumchlorid unterscheiden sich sehr und haben jeweils Vor- und Nachteile. Die Trockenstofftechnologie bringt reines Tausalz aus, das eine sehr hohe Tauwirkung bei vorhandenem Schnee und Eis erzielen kann. Nachteil ist die schlechte Verteilmöglichkeit über eine größere Breite und schon bei Geschwindigkeiten von etwa 20 km/h aufwärts. Für präventive Ausbringungen ist das Verfahren nicht geeignet, da das trockene Tausalz sofort bei wenigen Fahrzeugüberfahrten von der Fahrbahn verweht. Eine bessere Verteilung konnte durch eine Anfeuchtung von Trockenstoff mit einer Tausalzlösung erzielt werden. Dieser Prozess erfolgt auf dem sogenannten Streuteller. Dabei hat sich in Deutschland das Verhältnis 70% Trockenstoff : 30% Sole durchgesetzt (FS30-Technologie). Allerdings konnte bei der üblichen Einsatzanwendung von größerem Steinsalz keine wesentliche Erhöhung der Liegedauer bei vorbeugenden Einsätzen auf trockenen Straßen erreicht werden [Hausmann]. Diese Technologie ist damit auf etwas mehr befahrenen Straßen nur bei vorhandener Glätte wie Schnee, Reif und Eis (kurative Einsätze) oder der Gefahr des Gefrierens von vorhandenen höheren Wasserfilmdicken sinnvoll einsetzbar.

Eine sinnvoll nutzbare Liegedauer konnte erst bei der Ausbringung von reiner Sole nachgewiesen werden [Hausmann]. Diese sogenannte FS100-Technologie erfordert eine andere Technik im Vergleich zur FS30-Technologie. Sie benötigt große Tanks und meist Düsen zum Ausbringen. Allerdings sind schon durch den hohen eigenen Wasseranteil bei einer gesättigten Sole praktische Einsatzgrenzen gesetzt, die aber in Deutschland oft nicht überschritten werden. Meist reichen 15-30 g/m² Sole um ein Überfrieren von Feuchte oder Reif vollständig zu vermeiden. Diese Mengen reichen meist auch aus, um ein gefährliches Anbacken von überfahrenem Schnee oder Eisregen an der Fahrbahnoberfläche zu verhindern.

Ein weiterer Nachteil dieser Verfahren ist das Vorhalten von zweierlei Technik für die präventiven und kurative Einsätze. Daher entstand die Überlegung mit der vorhandenen FS30-Streutechnik über einen höheren Soleanteil, eine längere Liegedauer bei vorbeugenden Einsätzen zu erreichen. Aus Österreich wurde über gute Erfahrungen mit Anfeuchtungsverhältnissen 50:50 (FS50) und später auch mit dem Verhältnis 30:70 (FS70) berichtet [Hoffmann et al. 2015].

Zur Klärung der genauen Anwendbarkeit dieser Anfeuchtungsverhältnisse mit in Deutschland vorhandenen Salzqualitäten und zu Aussagen der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur den Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz (LBM) und die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) mit einer Untersuchung der FS50-Technologie für den Einsatz auf den deutschen Bundesfernstraßen beauftragt.

2 Vorüberlegungen - Vorgehen

Die FS50-Technologie sollte ausschließlich für präventive Einsätze genutzt werden. Gleichzeitig sollten die Streumaschinen mit der FS30-Technologie weiterhin kurative Einsätze ausführen können. Grundsätzlich sollte mit beiden Verfahren bei den jeweiligen Einsatzfällen die gleiche Streudichte in g/m^2 ausgebracht werden.

Während beim kurativen Einsatz allein eine gleichmäßige Verteilung der tauwirksamen Substanzen von großer Bedeutung für die Wirksamkeit ist, kommt es bei der präventiven Anwendung zunächst auf die Liegedauer der ausgetragenen Mengen an. Je nach Durchmischung von Sole mit Salzkörnern kommt es zu unterschiedlichen Haftungen. Besonders feine Körner können aufgrund der verhältnismäßig großen Oberfläche mehr Sole als grobe Körner umfassen und damit besser haften [Badelt 2007].

Der Unterschied beim Salz-Sole-Verhältnis zwischen beiden Technologien ist im Verhältnis zur reinen Soleausbringung nicht so groß, muss aber bei der Routenplanung bzw. Beladung berücksichtigt werden. 20% Tausalz-Ladevolumen müssen bei FS50 im Vergleich zu FS30 durch Sole-Ladevolumen ersetzt werden. Dafür ist ein zusätzliches Tankvolumen notwendig. Da Streufahrzeuge häufig schon mit der FS30-Technik nahe den zulässigen Achslasten fahren, stellt das zusätzliche Tankvolumen eine besondere Herausforderung dar. Wie bei den bereits eingesetzten FS30/FS100-Kombinationsstreumaschinen ist eine hohe Nutzlast des Trägerfahrzeuges eine notwendige Voraussetzung.

Zu Beginn der Untersuchungen boten 2016 einige Hersteller FS50-Streumaschinen an. Der Landesbetrieb Mobilität hat dazu 5 Maschinen beschafft. Dazu zählen auch zwei vorhandene Maschinen, die von zwei Herstellern entsprechend angepasst wurden. Drei der Streumaschinen waren für dreiachsige Trägerfahrzeuge ausgelegt. Zwei Maschinen konnten auf zweiachsige Fahrzeuge aufgebaut werden. Die Maschinen wurden mit und ohne einem Wechselsystem beschafft. Die Maschinen mit einem Wechselsystem wiesen eine höhere Nutzlast für Salz auf.

Die Maschinen sind in den Anhängen 1 bis 4 ausführlicher beschrieben. Alle Streumaschinen waren im Vergleich zu einer reinen FS30-Maschine mit zusätzlichem Tankvolumen ausgestattet. Damit war bei entsprechender Beladung in etwa die gleiche Reichweite mit beiden Verfahren möglich. Weitere Anpassungen zur erweiterten Anfeuchtung wurden an allen Maschinen vorgenommen.

Vor den Einsätzen fanden umfangreiche Bewertungen der Streumaschinen statt. Dabei sollte vor allem die gleichmäßige Soleverteilung untersucht werden. Zur weiteren Einschätzung des FS50-Verfahrens waren Messungen zur Liegedauer vorgesehen, um Vorteile bei der präventiven Ausbringung nachweisen zu können.

3 Bewertung der Streumaschinen

3.1 Bewertungskriterien - Vorgehen

Neben der richtigen mengenmäßigen Ausbringung gemäß der zum Prüfzeitpunkt veröffentlichten DIN CEN/TS 15597-2 war die richtige Verteilung der Lösung ein wichtiger Bewertungspunkt. Diese Bewertung erfolgte nicht durch konkrete Messungen, sondern durch eine visuelle Betrachtung. Auf einer trockenen Prüffläche kann die Wurfweite der Lösungen unmittelbar nach der Ausbringung gut bewertet werden. Die Bewertung der Gesamtsalz-Verteilung fand mit dem Spül-Saug-Verfahren (ESG-Verfahren) statt. Zusätzlich wurden die Tausalze auf einigen Testfeldbereichen zusammengekehrt. Damit ließen sich das Entmischen von feinen und groben Körnern beurteilen, womit auch Bewertungen zur Lösungsverteilung möglich werden.

Die Streustoffverteilung wurde abweichend zu den Prüfpunkten der DIN CEN/TS 15597-2 geprüft. Damit sollte mehr Bezug auf die vorgesehenen konkreten Einsatzbedingungen genommen werden. Geprüft wurde mit folgenden Einstellungen:

- 3 m Streubreite – 15 g/m² Streubreite – 30 km/h Fahrgeschwindigkeit
- 7 m Streubreite – 20 g/m² Streudichte – 50 km/h Fahrgeschwindigkeit

Die grundsätzliche Bewertung der Verteilung fand gemäß der prCEN/TS 15597-2 (Ausgabe 206) statt. Die zugrunde liegende Testfeldbemessung ist im Bild 1 dargestellt (hier als Testfeld für 12 m Streubreite)

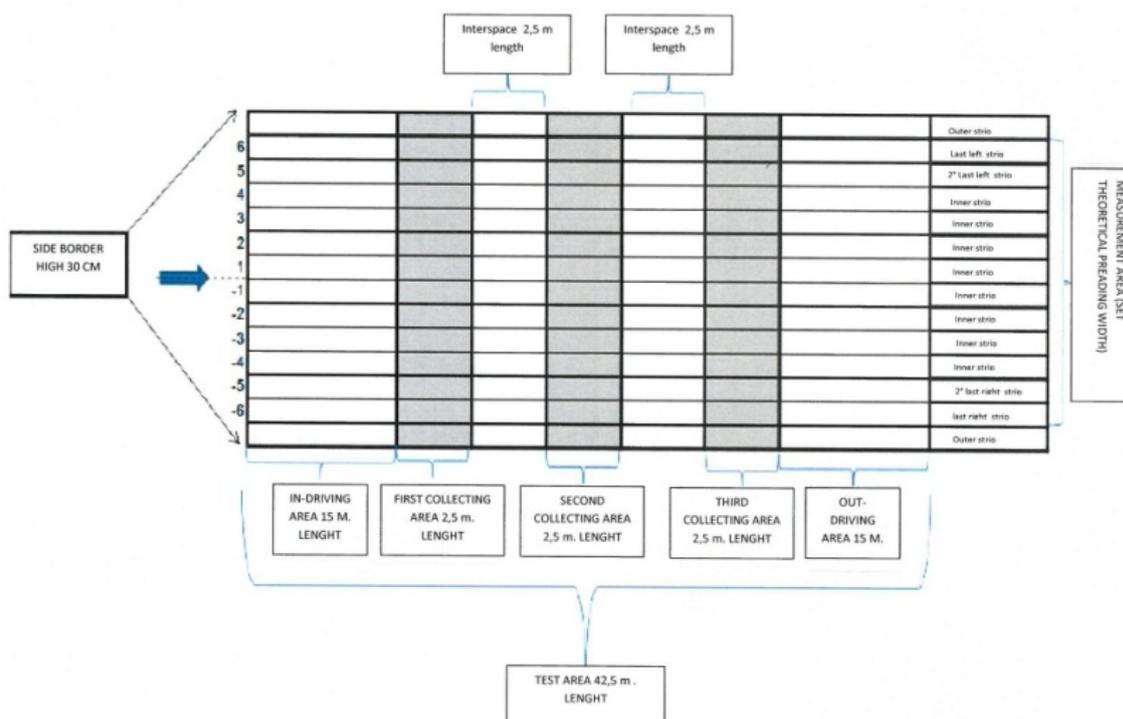


Figure 6: example of test area for spreaders and sprayers for 30+60 km/h, 12 m. spreading width

Bild 1 Testfläche für Streumaschinen (hier für 12 m Streubreite)

Die erfolgten Prüfungen im Jahr 2017 dienten der allgemeinen Bewertung der eingesetzten Maschinentypen unterschiedlicher Hersteller. Die Untersuchungen im Jahr 2018 dienten der Bewertung des Einflusses der Salzqualität auf die Streustoffverteilung. Für diese Versuche kam der Streumaschinentyp zum Einsatz, der nach den Versuchen im Jahr 2017 weiterentwickelt wurde.

3.2 Ergebnisse der Streumaschinenprüfungen

Streuverteilung allgemein

Die Prüfungen der drei beschafften neuen Streumaschinen zeigten eine teils hohe ungleichmäßige Verteilung in Längs- und Querrichtung (siehe Anhänge 1 bis 3). Deutliche Unterschiede treten von Maschine zu Maschine auf. Die Aussagen beziehen sich auf mehrere Prüfabschnitte mit je 2,5mx1m (siehe Bilder 2 bis 4). Diese Ergebnisse wurden mit einem Steinsalz Korngröße F nach DIN EN 16811-1 (0-3,15 mm) [DIN 2016] erzielt.

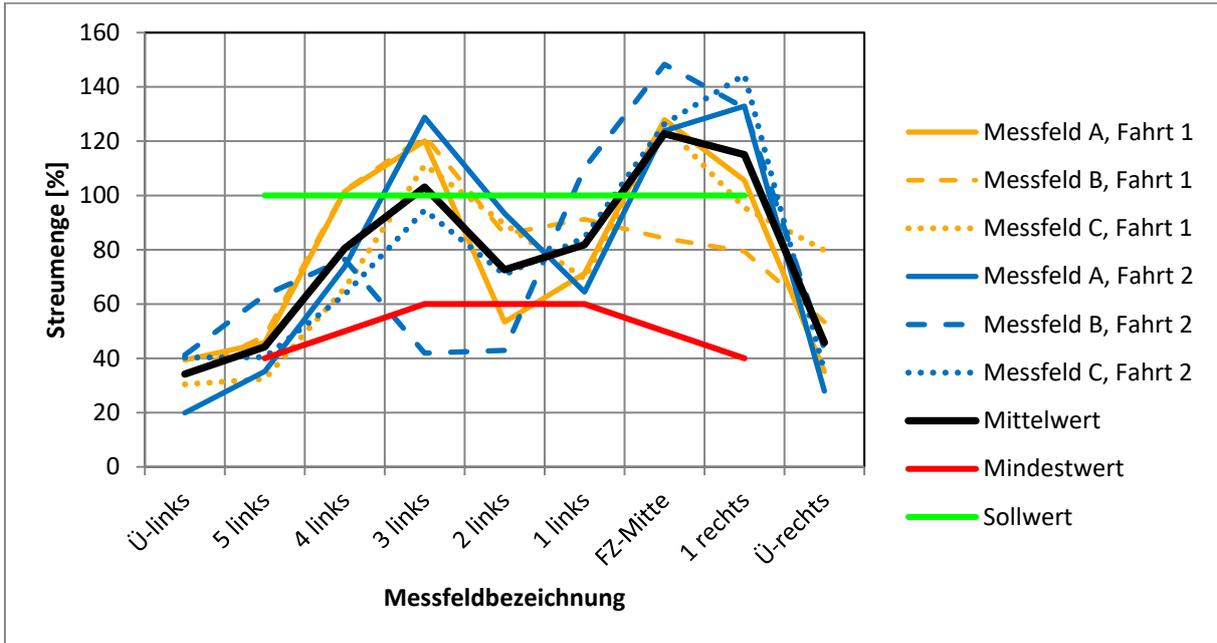


Bild 2: Streustoffverteilung Schmidt-Streumaschine bei 7m-50 km/h-20g/m²

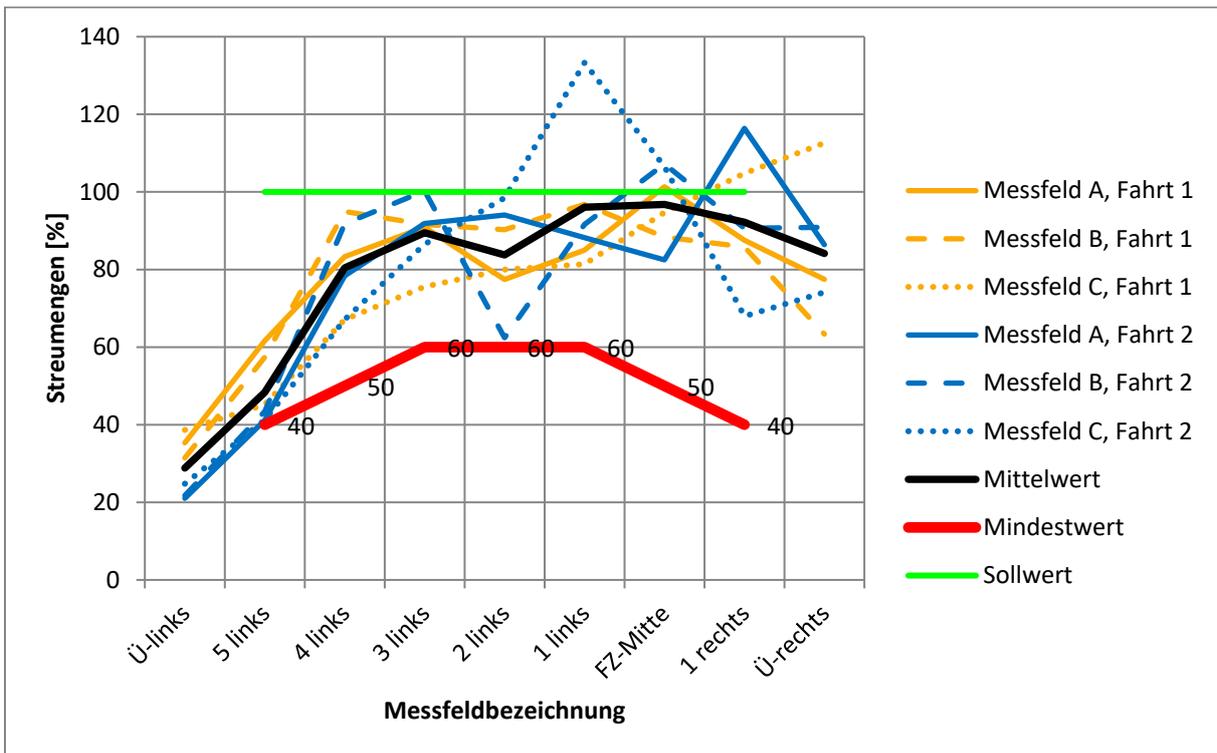


Bild 3: Streustoffverteilung Epoke-Streumaschine bei 7m-50km/h-20g/m²

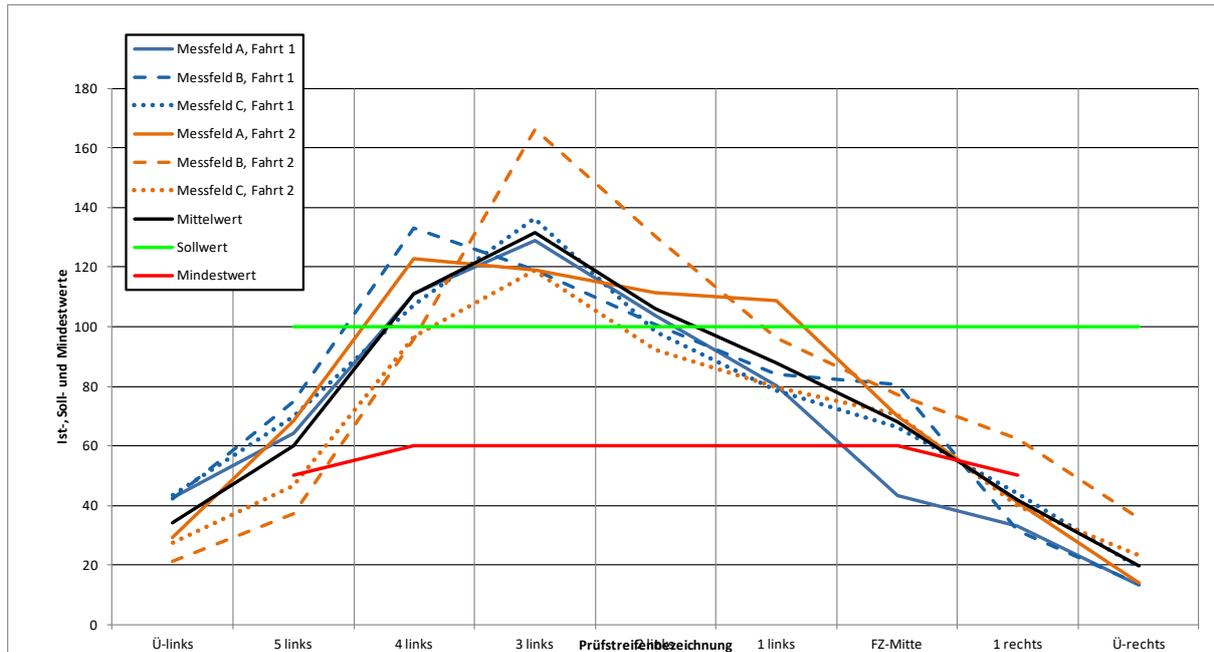


Bild 4: Streustoffverteilung Küpper-Weisser-Streumaschine bei 7m-50 km/h-20g/m²

Die Ergebnisse zeigen, dass die untersuchten FS50-Maschinen durch den erhöhten Soleanteil sowohl in Längs- als in Querrichtung keine gleichmäßigere Streustoffverteilung im Vergleich zur FS30-Technologie erreichen (Vergleichsergebnisse siehe Badelt, Moritz 2009). Keine Maschine hat bei einer ersten Überprüfung im Jahr 2017 beide Prüfpunkte der Streustoffverteilung gemäß den Anforderungen der prCEN/TS 15597-2 erfüllen können. Zusätzlich gab es teilweise bereits Probleme bei der Streustoffdosierung, wobei hier die Förderleistungsbereiche der Solepumpen nicht für die erweiterten Mengenbereiche ausgelegt war. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Hersteller mehr technischer Aufwand betreiben müssen, um die bestehenden Anforderungen zu erreichen.

Eine weitere Streumaschine der Firma Küpper-Weisser hat bei Untersuchungen im Jahr 2018 die Anforderungen gemäß der prCEN/TS 15597-2 erfüllt (siehe unten). Inzwischen haben eine Reihe von Maschinentypen, auch hier nicht beteiligter Hersteller, die Anforderungen der DIN CEN/TS 15597-2 sowohl für die FS30- als auch für die FS50-Ausbringung erfüllt. Allerdings kamen dort die allgemeinen Prüfpunkte bei der Typ B-Prüfung zur Anwendung, bei der mit einer höheren Streubreite von 8 m aber einer geringeren Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h geprüft wird.

Soleverteilung

Die Soleverteilung ist für die vorbeugende Streuung von wesentlicher Relevanz. Die Beobachtungen zur Lösungsverteilung bei der 3-m-Streubreite weisen auf eine gleichmäßige Verteilung der Trockenstoff- und Soleanteile hin. Anders ist es bei der 7-m-Streubreite. Hier haben die drei Streumaschinentypen nur bis ca. 5,5 m statt der eingestellten 7-m-Streubreite die Sole verteilt. Dabei kam ein Tausatz zu Einsatz, das der Kornklasse „fein“ (Korngröße bis 3,15 mm in 90% des Masseanteils) gemäß DIN EN 16811-1 [DIN 2016] entspricht und in Deutschland eine breite Anwendung findet.

Mit einer weiteren Streumaschine der Firma Küpper-Weisser fanden nach weiteren Entwicklungsarbeiten seitens der Firma drei vollständige Untersuchungen mit drei verschiedenen Salzen statt. Dabei kam ein Steinsalz der Kornklasse F (0-3,15 mm) zum Einsatz. Im Vergleich zu dem Salz bei den zuvor beschriebenen Prüfungen hatte es

deutlich geringere Anteile bis 1,6 mm Korngröße. Die zwei weiteren Tausalze entsprachen der Klasse „extra fein“. Es war zum einem ein Steinsalz mit einer Korngröße bis 2 mm und ein Siedesalz mit der Korngröße bis etwa 1 mm. Die Ergebnisse dieser Prüfungen in den Anhängen 4 bis 6 zusammengestellt.

Diese Maschinenausführung konnte bei beiden Prüfpunkten die Anforderungen der prCEN/TS 15597-2 erfüllen. Allerdings war bei dem Versuch mit dem gröberen Steinsalz auch wieder nur eine Soleausbringung über 5,5 m statt der eingestellten 7m sichtbar.

Deutlich bessere Soleverteilungen erzielte die Streumaschine mit den extra feinen Salzen. Mit dem Steinsalz 0-2 mm war eine Solemitnahme über 6,5 m zu beobachten. Beim Siedesalz war eine Soleverteilung über die vollen 7 m zu erkennen. Trockenstoff und Sole waren dabei zusammen. Damit kann eine wesentlich bessere Haftung auch auf stärker befahrenen Fahrbahnen erwartet werden. Dieses Verhalten konnte bei einem früheren Test bereits sogar unter Anwendung der FS30-Technologie sehr eindeutig beobachtet werden [Badelt 2007].

Festzuhalten ist auch die beobachtete gleichmäßigere Verteilung des sehr feinen Salzes in der Fläche. Damit sollte sich auch eine bessere Tauwirkung im kurativen Einsatz gerade bei Fahrbahnen mit weniger verkehrsbedingter Salzumverteilung erreichen lassen. Die Erkenntnisse beziehen sich erstmal nur auf den genutzten Maschinentyp.

Die Versuche zeigen, dass mit rein feinkörnigem Salz die gewünschte Verteilung der Sole erreicht werden kann. Vorhandene größeren Körner fliegen bzw. springen nach dem Auftreffen auf der Fahrbahn über den Bereich der angefeuchteten feinen Körner hinaus. Für eine breite Soleverteilung bei Salz bei höherem Anteil an größeren Körnern müsste die Streumaschine für eine höhere Streubreite eingestellt werden. Dann kann die Streumaschine aber nicht mehr die Anforderungen der reinen Streustoffverteilung erfüllen.

4 Messungen zur Liegedauer

4.1 Allgemeines

Die entscheidende Frage zum möglichen Vorteil der FS50-Technologie liegt in einer längeren Liegedauer der ausgebrachten Salze in der vollen Streubreite im Vergleich zu FS30. Zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse waren zunächst Versuche an einer Stelle vorgesehen. Hier hatte sich die K126, Höhe Köppelparkplatz, als sehr praktikabel erwiesen.

Für die Messungen kam das Spül-Saug-Verfahren nach ESG zum Einsatz. Das eingesetzte Gerät hat je Messung auf einer Länge von 5m mit einer Breite von 20 cm das Salz auf der Fahrbahn aufgenommen (=1m²). Ein Messpunkt definiert sich aus einem Messzeitpunkt. Zu jedem Messzeitpunkt fanden die Messungen an zwei Querschnitten statt, in der Mitte des Fahrstreifens (jeweils Feld 1 in den Bilder 7 und 8) und in der rechten Rollspur (jeweils Feld 2), auf dem das Streufahrzeug gefahren ist. Eine Ausnahme bildet der Zeitpunkt unmittelbar nach der Streuung. Hier wurde auch auf dem Gegenfahrstreifen zwecks Beurteilung der Streustoffverteilung gemessen (Felder 3 und 4). Diese Messungen fanden aufgrund der notwendigen Verkehrsführung nicht im gleichen Querschnitt statt, sondern ca. 50 m versetzt.

Die Messungen wurden nach dem folgenden zeitlichen Schema durchgeführt.

- Vor dem Ausbringen
- Unmittelbar nach dem Ausbringen (kein Verkehr über den ausgebrachten Streifen)

- Nach längerer Liegedauer

Geplant waren 1, 2, 3 und mehr als 20 Stunden nach der Ausbringung, je nach zeitlichen Möglichkeiten. Bei den durchgeführten Versuchen waren nur Messungen bei einer und drei Stunden nach dem Ausbringen möglich.

Je Zeit- und Querschnittspunkt erfolgten jeweils Messungen auf zwei 5x0,2 mm Messstreifen. Somit liegen immer zwei Ergebnisse für eine Aussage vor, aus denen ein Mittelwert gebildet wurde. Die Messungen wurden jeweils auf einem anderen Längsabschnitt durchgeführt.

Es waren auch Messungen im Bereich der äußeren Fahrbahnquerschnitte geplant. Ebenfalls vereinzelt sollten noch weitere Messungen in einem anderen Querschnitt vorgenommen werden, um den Einfluss der ungleichen Längsverteilung beurteilen zu können. Diese Messungen konnten bei den nachfolgend beschriebenen Messtagen aber aus zeitlichen Gründen nicht umgesetzt werden. Aufgrund der vorhandenen Feuchte auf der Fahrbahn waren beide Messtage generell nicht für aussagekräftige Ergebnisse zur Liegedauer geeignet.

Die Messungen sollten bei trockener oder leicht feuchter Fahrbahnoberfläche stattfinden. Unterschiedliche Ergebnisse wurden auch in Abhängigkeit von der Korngröße der eingesetzten Salze erwartet. Deshalb sollten die Versuche nach nachgewiesenen richtigen Maschinenjustierungen mit verschiedenen Korngrößen durchgeführt werden.

4.1.1 Versuch am 02.02.2017



Bild 5: Streufahrzeug im Messbereich zur Liegedauer

Daten zum Versuch:

Messort:	K 126, Höhe Köppelparkplatz
Fahrtrichtung des Streufahrzeuges:	Richtung Dernbach
Fahrbahnoberfläche:	Asphalt
mittlere Oberflächentexturtiefe:	MPD-Werte zwischen 0,62 und 1,02
Eingesetzter Streustoff	Feine Körnung nach DIN EN 16811-1

Eingesetzte Salzlösung	20%ige NaCl-Lösung
Anfeuchtungsrate:	FS 50
Eingestellte Streudichte:	15 g/m ²
Eingestellte Streubreite:	6 m
Streugeschwindigkeit:	Ca. 50 km/h
Streuzeitpunkt:	10:20 Uhr
Fahrbahnzustand bei Streuung:	Feucht-nass (Wasserfilmdicke mit ca. 0,1 mm geschätzt)
Bewölkung:	B9
Niederschlag:	Leicht nässender Nebel
Bodentemperatur bei Streuung:	Ca. 5°C
Lufttemperatur bei Streuung:	Ca. 5°C
relative Luftfeuchtigkeit bei Streuung:	Über 90 %
Bodentemperatur bei Versuchsende:	Ca. 10°C
Lufttemperatur bei Versuchsende:	Ca. 10°C
relative Luftfeuchtigkeit bei Versuchsende:	Über 90%
Fahrbahnzustand bei Versuchsende:	Wie beim Streuzeitpunkt (keine erkennbare Änderung)
Verkehrsbelastung innerhalb der 3h Liegedauer:	Geschätzt ca. 100 Fahrzeuge



Bild 6: Bei der Salzaufnahme im linken Fahrstreifen (in Streurichtung gesehen)

Die Fahrzeuge sind zwischen den Messzeitpunkten aufgrund der vorgegebenen Geschwindigkeitseinschränkung etwa 50 km/h gefahren.

4.1.2 Versuch am 09.02.2017

Daten zum Versuch:

Messort:	K 126, Höhe Köppelparkplatz
Fahrtrichtung des Streufahrzeuges:	Richtung Dernbach
Fahrbahnoberfläche:	Asphalt
mittlere Oberflächentexturtiefe:	MPD-Werte zwischen 0,62 und 1,02
Eingesetzter Streustoff	Feine Körnung nach DIN EN 16811-1
Eingesetzte Salzlösung	20%ige NaCl-Lösung
Anfeuchtungsrate:	FS 50
Eingestellte Streudichte:	15 g/m ²
Eingestellte Streubreite:	6 m
Streugeschwindigkeit:	Ca. 50 km/h
Streuzeitpunkt:	11:10 Uhr
Fahrbahnzustand bei Streuung:	Feucht (geschätzte Wasserfilmdicke ca. 0,02 mm)
Bewölkung:	B8
Niederschlag:	Kein Niederschlag
Bodentemperatur bei Streuung:	Ca. 0°C
Lufttemperatur bei Streuung:	Ca. 0°C
relative Luftfeuchtigkeit bei Streuung:	Über 80 %
Bodentemperatur bei Versuchsende:	Ca. 2°C
Lufttemperatur bei Versuchsende:	Ca. 2°C
relative Luftfeuchtigkeit bei Versuchsende:	Über 80%
Fahrbahnzustand bei Versuchsende:	Wie beim Streuzeitpunkt (keine erkennbare Änderung)
Verkehrsbelastung innerhalb der 2h Liegedauer:	Geschätzt ca. 200 Fahrzeuge
Besonderheiten:	keine

4.2 Versuchsergebnisse

4.2.1 Versuch am 02.02.217

Bei und nach der Streuung sind zwei Beobachtungen festzuhalten. Zum Einem hat die Streumaschine nach der visuellen Einschätzung die eingestellte Streubreite sehr gut eingehalten. Es waren nur wenige Salzkörner außerhalb der Fahrbahn zu erkennen. Zum Zweiten haben sich die ausgebrachten Salzkörner in der vorhandenen Wassermenge schnell aufgelöst. Auf der Fahrbahn waren bereits bei der 0-min-Messung (unmittelbar nach der Streuung) keine Salzkörner mehr sichtbar. Damit spielt die höhere Anfeuchtung hier kaum eine Rolle mehr.

Im Bild 3 sind die Messwerte zur Bestimmung der Liegedauer des ausgebrachten Salzes zusammengefasst. Die in kräftigen Farben dargestellten Linien und Punkte geben die Mittelwerte der jeweils zwei aufgenommenen Messungen je Messpunkt wieder. Die transparent dargestellten Linien bzw. Punkte zeigen die Einzelwerte der Messungen.

Grundsätzlich bestehen bei allen Messpunkten nur geringe Unterschiede zwischen den beiden im gleichen Fahrbahnquerschnitt vorgenommenen Messungen. Eine Ausnahme besteht nur bei den Messpunkten auf dem Gegenfahrstreifen. Hier sind die ausgebrachten Salzmengen nicht so gleichmäßig verteilt wie hinter dem Streufahrzeug.

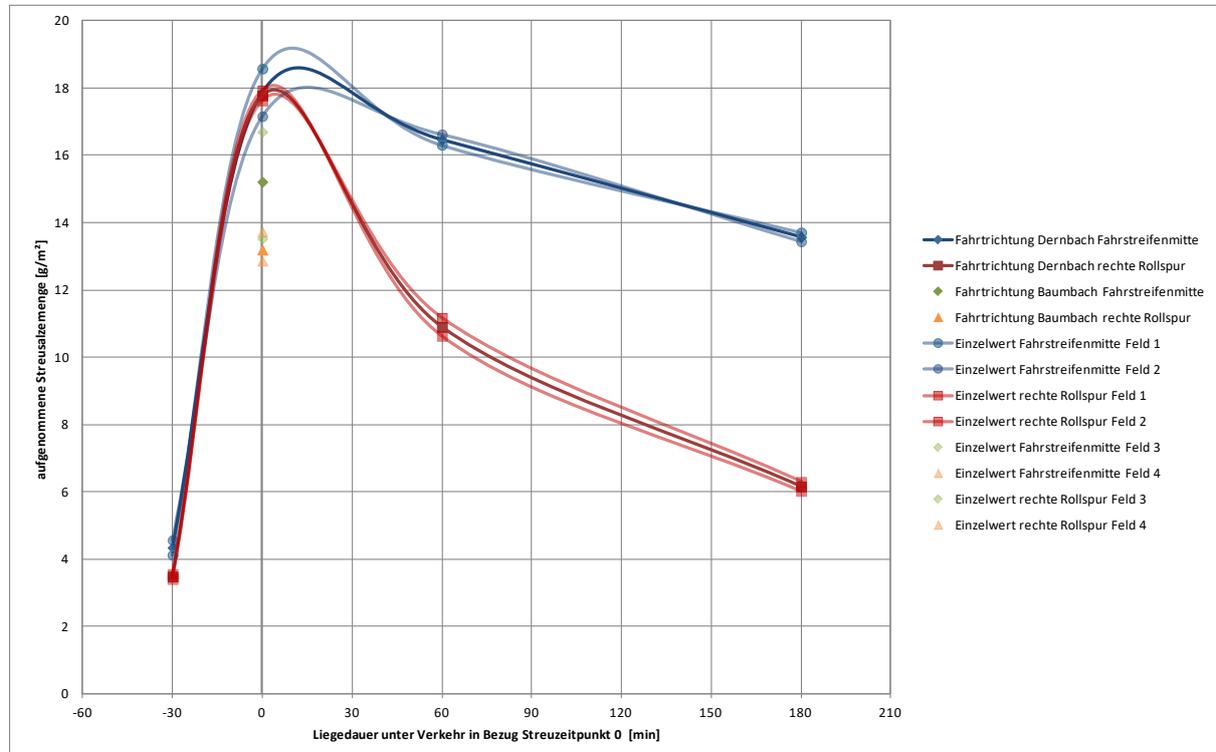


Bild 7: Zusammenfassung der Messergebnisse zur Liegedauer am 02.02.17 auf der K126

Als Ausgangswerte konnten vor dem Ausbringen in der rechten Rollspur und in der Fahrstreifenmitte etwa die gleiche Menge Salz von rund 4 g/m^2 gefunden werden. Unmittelbar nach dem Ausbringen stieg die Salzmenge deutlich mehr als die auszubringende Sollmenge an ($15 \text{ g/m}^2 \text{ FS50} = 9 \text{ g/m}^2 \text{ NaCl}$). Zwischen Fahrstreifenmitte und der rechten Rollspur bestehen dabei im Streufahrzeugfahrstreifen nur geringe Unterschiede.

Nach Öffnung des Fahrstreifens nach der 0-min-Messung entwickeln sich die Salzmengen in der Fahrstreifenmitte und in der rechten Rollspur unterschiedlich. In der rechten Rollspur nimmt die Salzmenge deutlich schneller ab als in der Fahrstreifenmitte. Nach drei Stunden Verkehrseinwirkung wird in der rechten Rollspur fast wieder der Ausgangswert vor der Streuung erreicht. Ca. $2/3$ der Ausgangsmenge nach dem Streuen gehen hier verloren. In der Fahrstreifenmitte reduziert sich der Wert nur um ca. 25%.

Diese Reduzierung in der Rollspur wird unter den gegebenen Bedingungen (Salz geht vor den Fahrzeugüberrollungen in Lösung, kein fließendes Wasser von Fahrbahn) als recht hoch angesehen. Scheinbar verdrängen die Reifen die Salzlösung zur Seite oder über Luftverwirbelungen aus der Rollspur. Das Ergebnis ist unabhängig vom Anfeuchtungsverfahren zu sehen, da sich selbst nicht angefeuchtetes Salz schnell gelöst hätte.

4.2.2 Versuch am 09.02.2107

Bei und nach der Streuung sind hier folgende zwei Beobachtungen festzuhalten. Zum Einem hat die Streumaschine die eingestellte Streubreite wie am 02.02. wieder sehr

gut eingehalten. Es waren nur wenige Salzkörner außerhalb der Fahrbahn zu erkennen. Zum Zweiten haben sich die ausgebrachten Salzkörner in der vorhandenen geringeren Wassermenge deutlich langsamer aufgelöst. Auf der Fahrbahn waren nach mehr als zwei Stunden Verkehrseinwirkung noch wenige Salzkörner auf der Fahrbahn sichtbar. Eine Verdrängung zum Bordstein konnte kaum beobachtet werden.

Im Bild 8 sind die Messwerte zur Bestimmung der Liegedauer des ausgebrachten Salzes in gleicher Darstellung wie Bild 8 zusammengefasst.

Grundsätzlich bestehen bei einem Teil der Messpunkte größere Unterschiede zwischen den beiden Einzelmessungen als am 02.02.

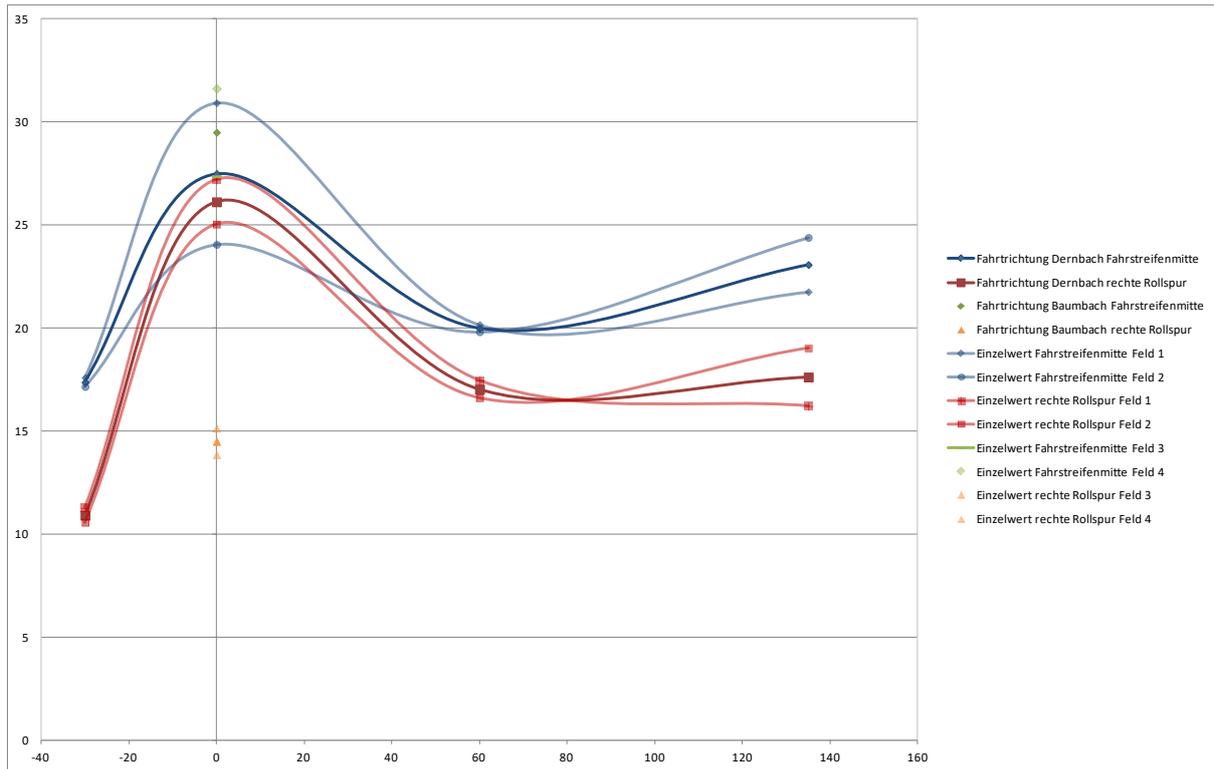


Bild 8: Zusammenfassung der Messergebnisse zur Liegedauer am 09.02.17 auf der K126

Die Ausgangswerte vor dem Ausbringen in der rechten Rollspur und in der Fahrstreifenmitte liegen über 10 g/m². In den Morgenstunden vor der hier vorgenommenen Ausbringung fand aufgrund der Feuchte und der Temperaturen unter 0°C ein Streueinsatz statt. Unmittelbar nach dem Ausbringen stieg die Salzmenge wieder deutlich mehr als die auszubringende Sollmenge an (15g/m² FS50 =9 g/m² NaCl). Zwischen Fahrstreifenmitte und der rechten Rollspur bestehen dabei im Streufahrzeugfahrstreifen Unterschiede von 5g/m². Ein noch größerer Unterschied ist auf dem Gegenfahrstreifen gemessen worden.

Nach Öffnung des Fahrstreifens nach der 0-min-Messung entwickeln sich die Salz-mengen in der Fahrstreifenmitte und in der rechten Rollspur weniger unterschiedlich im Vergleich zum 02.02. In beiden Querschnitten gibt es einen Abfall von rund ein Drittel der Ausgangsmenge. Nach etwas mehr als eine Stunde später steigt die Menge sogar etwas an.

Die größeren Differenzen zwischen den Messungen längs der Fahrbahn zu einem Zeitpunkt werden hauptsächlich auf das geringe Löseverhalten der ausgebrachten Salzkörner zurückgeführt.

4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Messergebnisse unmittelbar nach dem Streuen widerspiegeln etwa die Ergebnisse wie bei den später vorgenommenen Prüfungen, sowohl im Längs- als auch im Querschnitt. Vor und längere Zeit nach dem Streuen waren in einem Fahrbahnquerschnitt auf den jeweils zwei Messstreifen a 5m x 0,2m (LxB) nahezu die gleiche Menge gefunden worden. Das spricht zunächst für eine gute Längsverteilung durch den Verkehr. Dabei wurde eine deutliche Abnahme der Salzmenge gegenüber dem Ausgangszustand erkannt. Allerdings ergab eine Liegedauer-Messreihe nach dem ersten Abfall nach einer Stunde Liegedauer einen geringen Zuwachs der gefundenen Salzmenge nach drei Stunden Liegedauer. Diese ist bei einer gleichmäßigen Verteilung nicht erklärbar. Sie muss wahrscheinlich auf die ungleiche Längsverteilung durch die Streumaschine zurückgeführt werden.

Die ersten Liegedauermessungen wurden nicht in Abschnitten der gesamten Fahrbahnbreite vorgenommen, da die Ergebnisse der Maschinenprüfungen noch nicht bekannt waren. In Zukunft sollten hierzu mehr Abschnitte in der vollen Fahrbahnbreite betrachtet werden.

Grundsätzlich können die vorgenommenen Liegedauermessungen nicht für die Bewertung des FS50-Verfahrens genutzt werden, da bei beiden Messtagen eine Feuchte vorlag und die groben Körner des ausgebrachten Trockenstoffanteiles teilweise sehr schnell in Lösung gingen bzw. gut haften blieben. Dies wäre sicherlich auch bei reiner Trockenstoffausbringung zu beobachten gewesen. Weitere Versuche konnten im Winter 2016/17 nicht mehr vorgenommen werden. Aufgrund der danach vorliegenden Ergebnisse der Maschinenprüfungen, waren keine Messungen mehr geplant.

5 Praxiserfahrungen

Erfahrungen aus dem Betrieb

Im Bereich des vorgesehenen Erprobungsgebietes des LBM Diez innerhalb des Landesbetriebes Mobilität Rheinland-Pfalz kam die angepasste FS50-Technik nach den beschriebenen Untersuchungen mit den geprüften Maschinen weiterhin bei vorbeugenden Streuungen zum Einsatz. Negative Erfahrungen wurden nicht benannt. Ein Wechsel zu FS30 für kurativen Einsätze sind ohne Probleme während der Fahrt möglich. Diese Wechselmöglichkeit ist im dortigen Bereich aufgrund der unterschiedlichen Witterungsbedingungen auf einer Streuroute infolge der Topografie wichtig. Im Grundsatz wurden je nach Wetterlage bei den präventiven Einsätzen mit FS50 mit den gleichen Streudichten gearbeitet, wie für FS30 empfohlen werden.

Bezogen auf die festgestellte ungleiche Verteilung der Sole bei der FS50-Technologie wird darauf hingewiesen, dass bei breiteren Fahrbahnen die Fahrstreifen separat behandelt werden. Somit spielt dieser streutechnische Nachteil der ungleichen Soleverteilung keine große Rolle.

Erfahrung aus der Maschinenerprobung

Die vorgenommenen Messungen mit dem extrafeinen Steinsalz (Körnung 0-2 mm) haben Probleme bei der Lagerung dieses Salzes gezeigt (siehe Anhang 5). Wenn eine breitere Nutzung angedacht wird, sollte zunächst dessen volle Rieselfähigkeit gewährleistet werden. Dies sollte nicht nur in Bezug auf das Lagern in der Halle oder in Silos geklärt werden. Genauso sollte das Verhalten im Streumaschinenbehälter bei feuchter Witterung untersucht werden. Kleine Änderungen in der Salzqualität wirken sich recht stark auf die Streustoffverteilung der Streumaschine aus [Badelt, Moritz 2009].

6 Wirtschaftlichkeits- und Umweltbetrachtungen

Auch wenn keine eindeutigen Vorteile der FS50-Technik in Bezug auf die Liegedauer messtechnisch herausgearbeitet worden sind, soll im Folgenden auf wirtschaftliche und umwelttechnische Betrachtungen zur FS50-Technologie eingegangen werden.

Aufgrund der Entscheidung, bei kurativen und präventiven Einsätzen mit der gleichen Streudichte zu arbeiten, gibt es eine einfache Substitution eines Teils des Trockensalzes durch Salzlösungen. Unter der Annahme einer 20 Masse-%-igen Natriumchloridlösung, sind bei 10 g/m²-Streudichte bei der FS30-Technologie 7,6 g Tausalz enthalten. Bei 10 g/m² bei der FS50-Technologie sind es 6,0 g. Der Unterschied beträgt somit 16 Prozent. Diese Mengenreduktion kann als Verbesserung für die Umwelt angesehen werden. Bei dem Vergleich zwischen der FS30- und FS100-Technologie werden trotz höherer Sprühdichten bei vergleichbaren Situationen allerdings um die 50% Salz pro Einsatz eingespart [FGSV 2020]. Die Salzreduktion ist damit bei reinem Soleinsatz deutlich höher.

Bezüglich der Kosten für den Taustoff ist die Reduktion ähnlich wie bei der Salzmasseeinsparung. Der Preis für die Lösung ist geringer als für das Trockensalz. Bei einer Annahme, dass die Tonne Trockensalz (Steinsalz) 80 Euro und die Tonne 20 Masseprozentige Natriumchlorid-Lösung von 30 Euro kostet, kommen Kosteneinsparungen im Bezug auf die reine Taustoffbetrachtung von rund 17% zustande.

Die Untersuchungen der Streumaschinentypen zeigten, dass ausgehend von der bisherigen FS30-Technik neben den notwendigen Steuerungsanpassungen weitere Anpassungen für FS50-Technologie benötigt werden. Es sind Anpassungen an der Befuchtungstechnik oder an den Solepumpen notwendig. Diese sind als zusätzliche Kosten für die Austragung zu sehen, werden aber eher als gering eingeschätzt. Zusätzliche Kosten entstehen, wenn bei beiden Technologien die gleichen Routenlänge eingehalten werden soll. Hierzu sind für die FS50-Technologie größere Tanks notwendig. Diese können im Einzelfall größere Trägerfahrzeuge als bei einem reinem FS30-einsatz erfordern. Beides bedingen höhere Kosten, die bei der Nutzung der FS50-Technologie berücksichtigt werden muss. Kosten-Nutzen-Rechnungen können je nach Situation unterschiedlich ausfallen. Sie sollten vor einem Einstieg in die FS50-Technologie genau betrachtet werden.

Volkswirtschaftliche Betrachtungen sind aus den wenigen Untersuchungen nicht durchführbar. Hier wären sehr aufwändige Untersuchungen für einen Vergleich notwendig. Aber unter der Annahme, dass die FS50-Technologie aufgrund einer etwas längeren Liegedauer eine vollständige präventive Behandlung möglich wird, kann eine ähnliche Wirkung wie bei der reinen Soleanwendung angenommen werden.

Weitere betriebswirtschaftliche Aussagen lassen sich aus den dargestellten Untersuchungen nicht ableiten. Daher seien nur einige theoretische Überlegungen genannt: Die FS100-Technologie kann nach den vorliegenden Erkenntnissen viele Stunden vor einem Glätteintritt im Rahmen der normalen Dienstzeit ausgebracht werden. Damit können Kosten für Sonderarbeitszeiten wie nachts vermieden werden. Sie können bei den betriebswirtschaftlichen Faktoren zu deutlichen Einsparungen führen. Ob dieser Vorteil auch bei der FS50-Technologie entsteht, kann aus den vorliegenden wenigen Ergebnissen nicht abgeleitet werden. Nachteile ergeben sich sogar dadurch, dass die FS50-Technologie nur mit geringer Streubreite nutzbar ist. Hier können breitere Fahrbahnabschnitte nicht mit einer Überfahrt behandelt werden. Diese Abschnitte müssen mit einem Streuen in der Gegenrichtung behandelt werden, was nach Aussagen aus

Österreich aber auch von der Niederlassung Diez entsprechend gehandhabt wird. Damit können längere Umlaufwege beim reinen Streuen entstehen, die zu Mehrkosten führen.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Die FS50-Technologie könnte im Straßenwinterdienst sinnvoll sein, wenn durch den höheren Soleanteil eine längere Liegedauer des Tausalzes im Vergleich zur FS30-Technologie erreicht wird. Für kurative Einsätze hätte sie nur Vorteile, wenn eine bessere Verteilung erzielt wird, um eine gleichmäßigere Wirkung auf der Straße zu bewirken. Ansonsten würden die Salzmengen durch höhere Wassermengen mit einer schlechteren Tauleistung ausgebracht [Badelt, Götzfried 2003].

Die vorliegenden Ergebnisse zu den Streumaschinen mit FS50-Ausstattung zeigen, dass diese Technologie für die präventive Streuung nicht so einfach wie die FS100-Technologie umgesetzt werden kann. Hier ist eine Reihe von Besonderheiten zu beachten. Die FS50-Technologie für eine längere Liegedauer nutzt nur, wenn die Sole über die volle eingestellte Streubreite verteilt wird. Diese vollständige Soleverteilung konnte bei dem Prüfpunkt mit drei Meter Streubreite beobachtet werden. Bei den Prüfungen mit der Streubreite von 7 m blieben bis zu 2 m ohne Solebenetzung, wenn kein extrafeines Natriumchlorid gemäß DIN EN 16811-1 eingesetzt wird. Damit können keine Vorteile bei der Liegedauer bei der vorbeugenden Streuung über die volle Fahrbahnbreite erwartet werden. Es entsteht ein sehr hohes Risiko in Bezug auf die Verkehrssicherheit in den Bereichen ohne Solebenetzung, da dieses einer Trockenstreuung gleichzusetzen ist. Erst mit dem extrafeinen Salz und besonders mit Siedesalz konnte eine Soleverteilung über volle Breite erzielt werden. Dieses Ergebnis konnte aber bereits mit einer älteren Streumaschine auch mit der FS30-Technologie erreicht werden. Wenn mit heutigen Streumaschinen ein ähnliches Ergebnis erzielbar wäre, macht der zusätzliche Wassertransport bei der FS50-Technologie keinen Sinn. Hierzu müssten detaillierte Untersuchungen mit verschiedenen Streumaschinentypen stattfinden. Zuvor müsste aber erstmal geklärt werden, ob eine ausreichende Menge extrafeines Natriumchlorid in größeren Mengen lieferbar wäre und die vorgefundenen Verbackungen bei extrafeinem Steinsalz vermieden werden können.

Ein Vergleich von FS30- und FS50-Streubildern zeigt keine bessere Verteilung des in Deutschland üblicherweise eingesetzten Steinsalzes durch eine höhere Anfeuchtung. Damit werden durch die FS50-Technologie keine Vorteile bei der kurativen Streuung erwartet. Sie würde den erhöhten Wassereinsatz nur uneffektiver und teurer.

Die Soleverteilung ist bislang nur anhand visueller Betrachtungen untersucht worden. Prüfmethodik und Bewertungen zur Soleverteilung sind in der neuen DIN EN 15597-2 [DIN 2020] nicht enthalten. Es werden nur die Gesamtsalzanteile aus Trockenstoffanteil und die Salzanteile in der Lösung betrachtet. Für eine objektive messtechnische Beurteilung müssen noch geeignete Verfahren entwickelt werden. Vorhandene Prüfergebnisse für FS50-Streumaschinen mit erfüllten Prüfkriterien nach dieser Norm sind daher für Handelnde im Winterdienst ohne das hier erworbene Wissen sogar trügerisch.

Eine mögliche Nutzung der FS50-Technologie mit in Deutschland gängigen Steinsalz könnte derzeit nur Vorteile bringen, sofern keine größere Streubreiten bedient werden müssen. Die wenigen Versuche hier, lassen aber keinen Nachweis einer höheren Liegedauer auf trockenen Fahrbahnen zu. Hier kann nur auf die Praxiserfahrungen aus Österreich oder der Niederlassung Diez des LBM verwiesen werden, wobei sich die

messtechnischen Nachweise aus Österreich auf die Anwendung von Siedesalz beziehen.

Die theoretischen Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit zeigen, dass je nach vorliegenden Bedingungen die Kosten-Nutzen-Rechnungen unterschiedlich ausfallen können. Deshalb sollten vor einem Einstieg in die FS50-Technologie Vor- und Nachteile genau betrachtet werden.

Die erwarteten Vorteile der FS50-Technologie werden im Vergleich zur vorhandenen und bereits ausführlich untersuchten FS100-Technologie als deutlich geringer angesehen. Daher wird für den Einsatz auf den deutschen Bundesfernstraßen mit den notwendigen hohen Streubreiten derzeit keine Empfehlung für diese Technologie ausgesprochen.

Literaturverzeichnis

- | | |
|---------------------------|--|
| Badelt, H., Götzfried, F. | Wirksamkeit von Tausalzen, Straßenverkehrstechnik. - 47 (2003), H. 10, S. 527-533 |
| Badelt, H., et al. | Optimierung der Anfeuchtung von Tausalzen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V156, 2007 |
| Badelt, H., Moritz, K. | Beurteilung der Streustoffverteilung im Winterdienst, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen; Heft V186, 2009 |
| DIN | prCEN/TS 15597-2, Winterdienstausrüstung - Streumaschinen - Teil 2: Anforderungen an die Streustoffverteilung und deren Prüfung, 2016-06 |
| DIN | DIN EN 15597- 2; Winterdienstausrüstung - Streumaschinen - Teil 2: Anforderungen an die Streustoffverteilung und deren Prüfung, 2020-05 |
| FGSV | Merkblatt für dem Winterdienst auf Straßen, FGSV 38416, Ausgabe 2020 |
| Hausmann, G. | Verteilung der Tausalze auf der Fahrbahn, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen; Heft V 180, 2009 |
| Hausmann, G. | Empfehlungen zum richtigen Aufbringen von Tausalzlösungen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen; Heft V 218, 2012 |
| Hoffmann, M. et al. | Technische und wirtschaftliche Aspekte von Streuungen mit erhöhtem Soleanteil, Straße und Autobahn 09/2015, Seite 618-626 |