



# Automatisiertes Streuen

## Praktische Erfahrungen, Entwicklungen und Empfehlungen



## ❖ Manuelle Taustoffdosierungen = große Bandbreiten

- Dosierung auf Basis
  - von persönlichen (subjektiven) Erfahrungen des Einsatzpersonals
  - oder Vorgaben und Empfehlungen

## ❖ Manuelle Taustoffdosierung = häufig nicht situationsgerechte Dosierung

- Sicherheitsanspruch führt zu höheren Dosierungen
- unzureichende Berücksichtigung der relevanten Faktoren

**Berücksichtigung aller Randbedingungen = Überforderung des Einsatzpersonals**

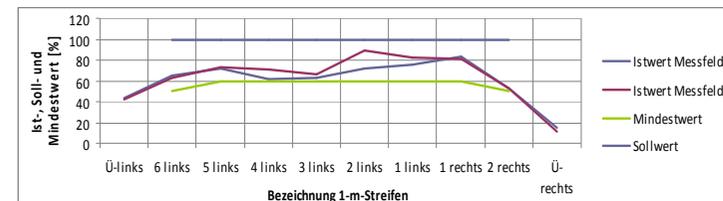
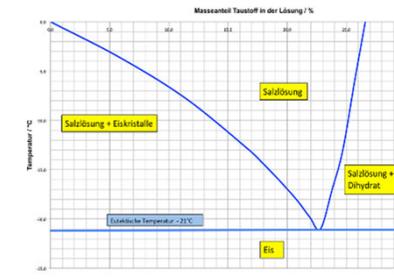
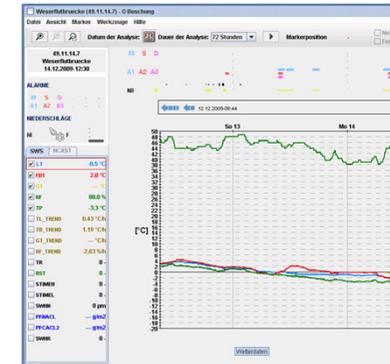
## ❖ Automatisiertes Streuen = automatische Berücksichtigung

- der vorhandenen relevanten Faktoren und
- deren kurzfristigen Entwicklungen

## ❖ Automatisiertes Streuen = Entlastung des Einsatzpersonals mit hoher Wirksamkeit

## ❖ Faktoren für Taustoffbedarf

- Aktuelle Fahrbahn- / Lufttemperatur und weitere Entwicklung
- Fahrbahnzustand / Wasserfilmdicke (Wassermenge)
- Zeitpunkt der Taustoffausbringung - präventiv oder kurativ
- Restsalz
- Fahrbahnbelag - dicht oder offenporig (OPA-Belag)
- Taustoffwirkung
- Qualität der Taustoffausbringung
- Verkehrseinfluss
- .....
- .....



# Teilautomatisierte Streustoffdosierung

## ❖ Streustoffdosierung in Abhängigkeit von der Fahrbahntemperatur und dem -zustand

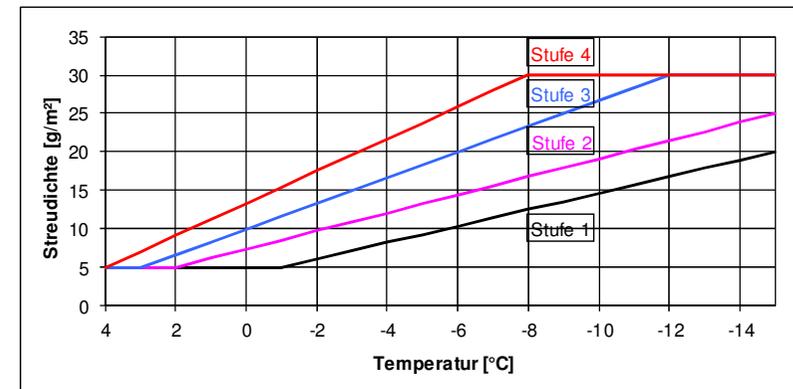
### Temperaturerfassung mit IR-Kamera



### IR-Kamera mit Schutzrohr im Fahrzeugrahmen



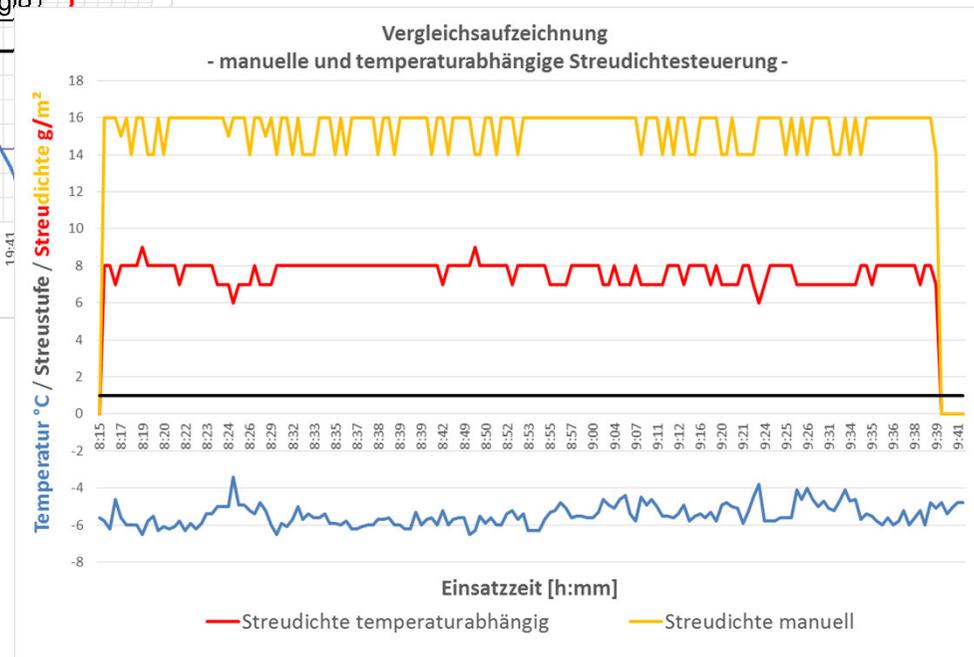
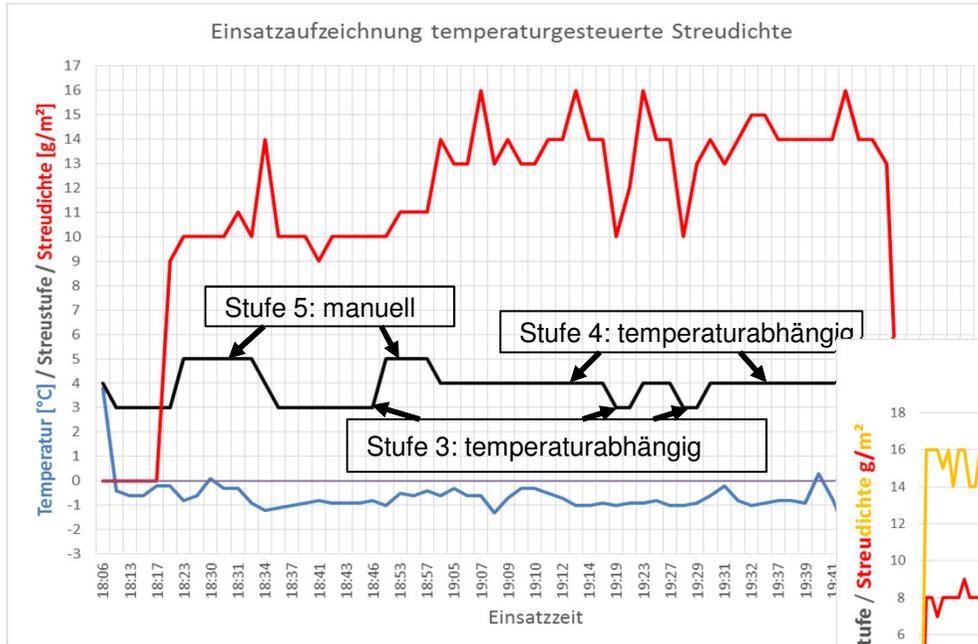
### Streustoffdosierung in Streustufen



### Streustufen für Fahrbahnzustand

- Stufe 1: Fahrbahn benetzt; Reifglätte
- Stufe 2: feuchte Fahrbahn; überfr. Feuchte
- Stufe 3: feucht-nasse Fahrbahn; überfr. Feuchte
- Stufe 4: nasse Fahrbahn; Eisglätte; Schnee

# Streudichtesteuerung mit IR-Kamera



## ❖ Bandbreite Anwenderbewertung

- Akzeptanz → Vorteile erkannt
- unvoreingenommene Nutzung → Technik und Vorgaben werden nicht hinterfragt
- Skepsis → Funktions- und Sicherheitsvorbehalte
- Ablehnung → kein Vertrauen zur Technik und den Vorgaben

## ❖ Problempunkte für Einsatzpersonal

- Streustufenwahl
  - Einschätzung der Fahrbahnfeuchte,
  - Auswahl Einsatzart fehlt (präventiv, kurativ)
- Vertrauen in Reaktionszeit auf Temperaturänderung / Anpassung Streudichte



## ❖ Anteil Streumaschinen mit Temperatursteuerung in Deutschland (Herstellerangaben)

- 30 – 40 % der Streumaschinen  $\geq 3 \text{ m}^3$  (Straßenbauverwaltungen, große Kommunen)

## ❖ Taustoffreduktion (Untersuchungen und Anwenderbewertungen)

- Schweiz: Kanton Freiburg (2001 u. 2004) → ca. 20 – 25 %
- Deutschland: verschiedene Anwender → ca. 15 – 30 %

## ❖ Einordnung Einsparpotentiale Bundesfernstraßen

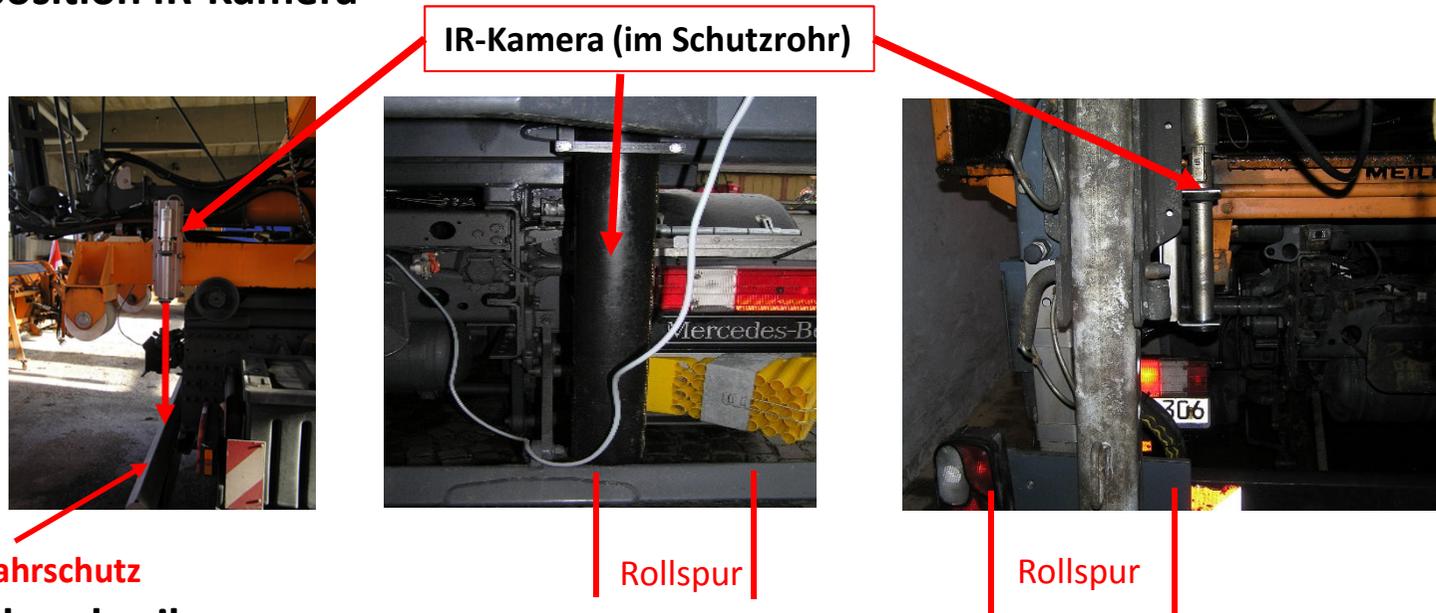
- Ø Verbrauch Tausalz / Winterperiode (2005/06 – 2014/15) **rd. 825.000 Tonnen**
- Ø Kosten Tausalz pro Winterperiode (geschätzt) **rd. 62,0 Mio. €**
- Ø Einsparpotentiale Bund bei rd. **10 % Reduktion** pro Winterperiode



**rd. 80.000 Tonnen Tausalz → rd. 6,0 Mio. €**

## ❖ Einsparpotentiale erreichbar ohne Einschränkung der Verkehrssicherheit

## ❖ Anbauposition IR-Kamera



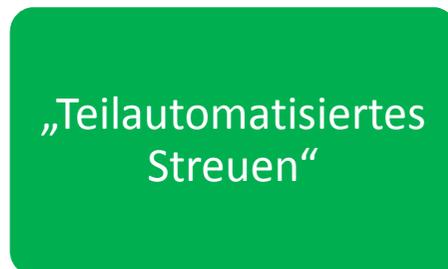
## ❖ Problembeschreibung

- Fahrzeugbauteile im Strahlengang → Temperaturerfassung am falschen Objekt
- Temperaturerfassung in der Rollspur → für Streustoffdosierung nicht optimal
- Anbau am Fahrzeugende → Messpunktdistanz zur Taustoffablage ungünstig
- Strahlengang im Sprühnebel → Einfluss auf Messergebnis negativ

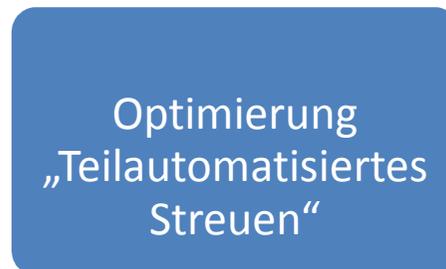


## ❖ Entwicklungsschritte

Stand der Technik



Optimierungsschritt 2015



Zielsetzung

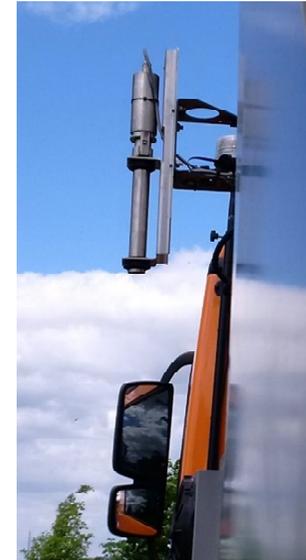




## ❖ Hinweispapier: „Empfehlungen zur temperaturgesteuerten Streustoffdosierung“ (FGSV, AA 4.8 Winterdienst, Ausgabe 2015)

### ❖ Inhalt

- Anforderungen an IR-Kamera
- Anbauhinweise
- Prüfung der Messgenauigkeit
- Erläuterungen zu den relevanten Faktoren für die Streustoffdosierung
- Festlegung der Streustufen und Streudichten nach
  - Einsatzart → Präventiv- und Kurativeinsatz
  - Taustoffart → Feuchtsalz oder FS100 (Flüssigstreuen)





## ❖ Empfehlungen zu den Anforderungen an IR-Kamera

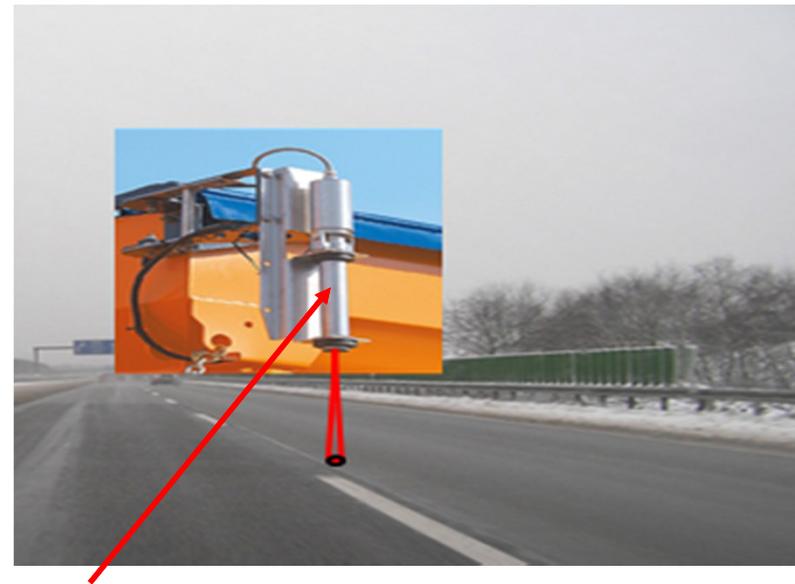
Anforderungen an IR-Pyrometer (Infrarot-Thermometer)	
Spektrale Empfindlichkeit	8 bis 14 $\mu\text{m}$
Erforderlicher Messbereich	-15° bis +5°C
Einstellung Emissionsgrad	0,95 $\pm$ 0,01
Zul. Betriebstemperatur (Einsatztemperatur)	-25° bis +40°C
Genauigkeit im Messbereich	$\pm$ 1°C
Durchmesser Messfläche auf Fahrbahnoberfläche	$\geq$ 2 bis $\leq$ 10 cm
Einstellzeit (90%)	$\leq$ 0,5 sec.
Thermischer Drift / Thermoschock	kompensiert / ohne Einfluss
Schutzklasse	$\geq$ IP 65
Abschirmung	EMV zertifiziert

Quelle: Hinweispapier „Empfehlungen zur temperaturgesteuerten Streustoffdosierung, FGSV, AA 4.8 Winterdienst, 2015

- ❖ Anbauposition unter Berücksichtigung der
  - Temperaturverteilung im Fahrbahnquerschnitt und
  - der Systemzeit für die Anpassung der Streudichte (0,5 sec. bei 50 km/h ~7 m Fahrweg)



IR-Sensor innerhalb des Fahrzeugrahmens  
Temperaturerfassung zwischen den Rollspuren



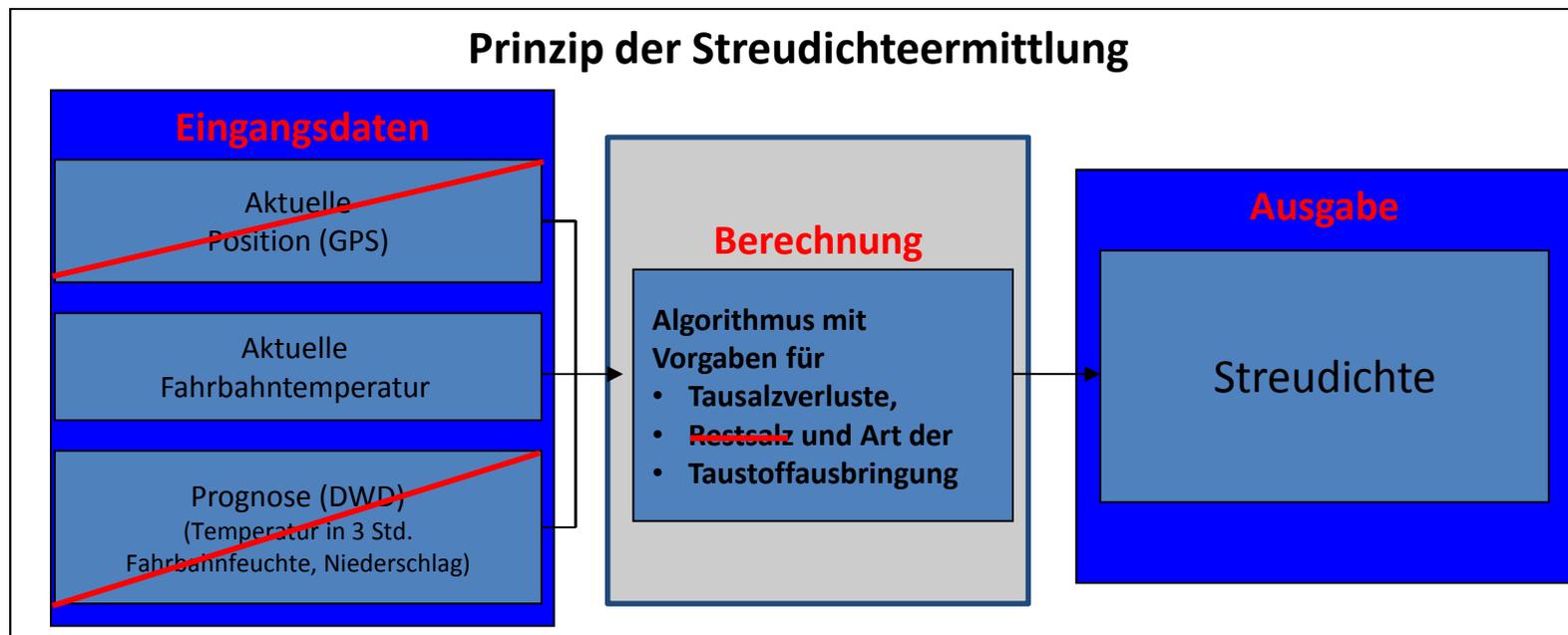
IR-Sensor FR vorne links an der Streumaschine  
Temperaturerfassung neben der linken Rollspur

- ❖ Empfehlungen zur Temperaturerfassung

- zwischen den Rollspuren oder
- besser: **außerhalb der Fahrzeug-/ Gerätekonturkontur sowie**
- eine möglichst große Distanz zwischen Messpunkt und Ablagebereich Streustoff

## ❖ Forschungsprojekt „Optimierung Streustoffausbringung“ (FE-Projekt „Optimierung der Streustoffausbringung“)

- Modell der automatisierten Streudichteermittlung



Quelle: Forschungsprojekt „Optimierung der Streustoffausbringung“, Ingenieurbüro KOMZEPT

- — keine Berücksichtigung bei der teilautomatisierten Streudichtesteuerung

# Optimierungspunkte „Teilautomatisierte Streustoffdosierung“

Forschungsgesellschaft für  
Straßen- und Verkehrswesen e. V.



## ❖ Berücksichtigung der Einsatzart

- Streustufen für Präventiv- oder Kurativeinsatz

## ❖ Berücksichtigung der Taustoffart

- Feuchtsalz oder Flüssigstreuen

## ❖ Berücksichtigung von Liegezeitverlusten nach Präventiveinsatz

- Feuchtsalz: angenommene Vorlaufzeit: 2 Stunden
- Flüssigstreuen: angenommene Vorlaufzeit: 3 Stunden

## ❖ Berücksichtigung Temperaturabsenkung nach Präventiveinsatz

- Feuchtsalz: 2° Kelvin
- Flüssigstreuen: 3° Kelvin

## ❖ Restsalz wird aus Sicherheitsgründen nicht berücksichtigt





## ❖ Merkmale Streustufenwahl Präventiveinsatz

vorhandener Fahrbahnzustand	erwarteter Fahrbahnzustand	Erkennungsmerkmale
trocken	Reifglätte	helle Fahrbahnoberfläche
feucht	Eisglätte (überfrierende Feuchte)	deutlich dunkle Fahrbahnoberfläche
nass	Eisglätte (überfrierende Nässe)	beginnende / vorhandene Sprühfahnen
Trocken, feucht	Schneeglätte	Wetterprognose / Wetterbeobachtung

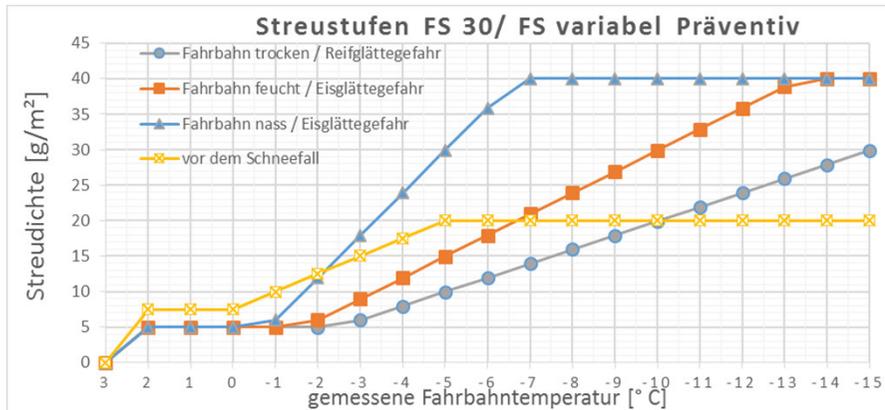
## ❖ Merkmale Kurativeinsatz

vorhandener Fahrbahnzustand	Erkennungsmerkmale
Reifglätte	Reif außerhalb der Rollspuren
Eisglätte (überfrorene Feuchte)	vereiste Teilflächen der Fahrbahn
Eisglätte (überfrorene Nässe)	großflächige Fahrbahnvereisungen
Schneebedeckung (beim Schneefall)	Schnee auf der Fahrbahn / Schneefall
Schneeglätte (nach Schneefall beim Räumen)	Schnee auf der Fahrbahn, Rollspuren ggf. vereist

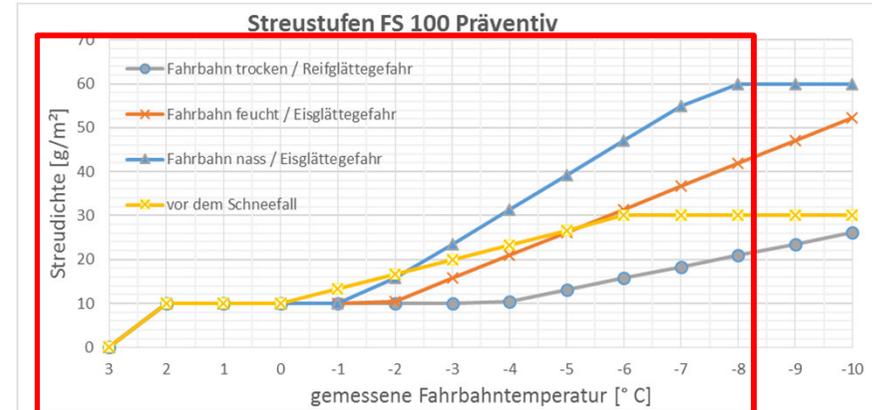
Quelle: Hinweispapier „Empfehlungen zur temperaturgesteuerten Streustoffdosierung, FGSV, AA 4.8 Winterdienst, 2015

# Streustufen

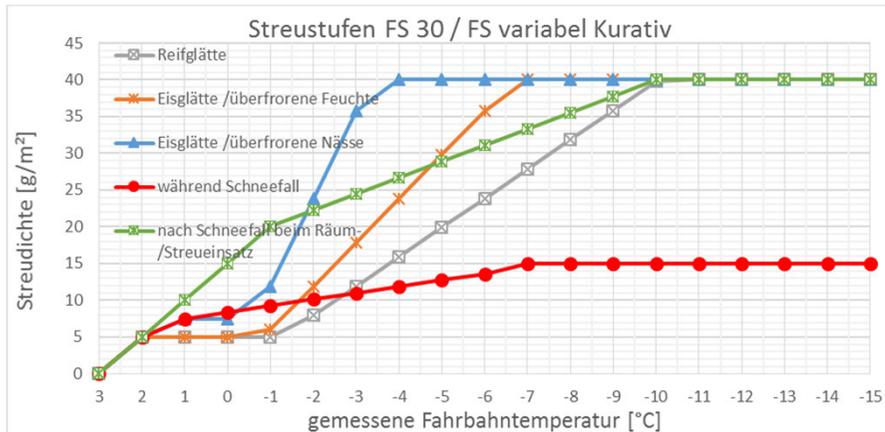
## ❖ Präventiv Feuchtsalzstreuen



## ❖ Präventiv Flüssigstreuen

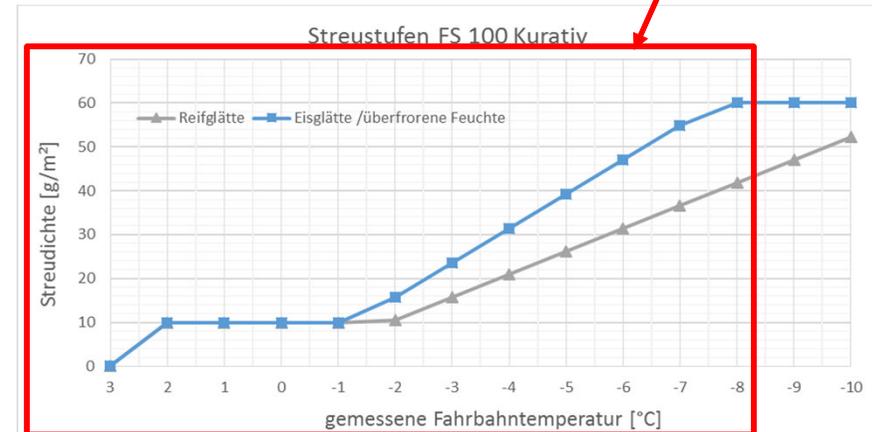


## ❖ Kurativ Feuchtsalzstreuen



## ❖ Kurativ Flüssigstreuen

Einsatzbereich



# „Automatisiertes Streuen“



## ❖ Voraussetzungen

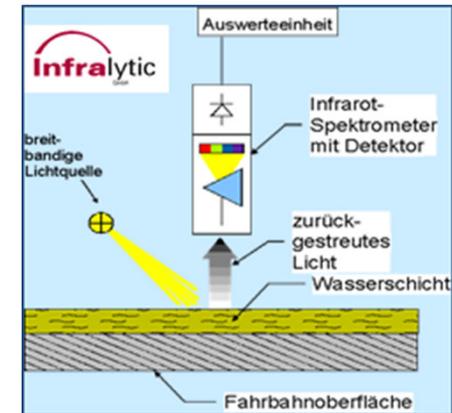
- Mobile Erfassung der relevanten Faktoren
- streckenbezogene Kurzfristprognosen

### Automatische Berechnung der objektiv notwendigen Streudichte (in Anlehnung der Modelldarstellung der BAST)



## ❖ Mobile Straßenzustandserfassung

- Sensorentwicklung zur mobilen Erfassung der Fahrbahnfeuchte (Fa. Infralytic / Straßen.NRW, Kolloquium 2003)  
Entwicklung nicht abgeschlossen!
- Mobile Erfassung Straßenzustands- u. Umfeldbedingungen (Beispiel: System MARVIS, Fa. Luft 2014)
  - Rel. Feuchte über der Fahrbahnoberfläche
  - Fahrbahnoberflächentemperatur
  - Taupunkttemperatur
  - Fahrbahnzustände: trocken, feucht, nass, Eis, Schnee, kritische/chemische Nässe
  - Eisanteil in %
  - Reibung (Friction)
  - Wasserfilmhöhe (Auflösung 0,1µm)



## ❖ Eignungsprüfung durch die BAST



System MARVIS, Fa. Luft

# Arbeitsplan zur Umsetzung „Automatisiertes Streuen“



Arbeitsplan: „Entwicklung der automatischen Streudichtebestimmung“ Quelle: BASt



# „Automatisiertes Streuen“ Ein langer Weg!



1983

- Kolloquium 1983: Forderung BMV: „Automatische Streustoffdosierung muss möglich sein“

1987

- Entwicklung SBV NRW: Streustoffdosierung in Abhängigkeit Fahrbahntemperatur und -zustand

1994

- Markteinführung (ThermoMat, Fa. Küpper-Weisser)

2003

- Versuche in NRW zur mobilen Erfassung der Fahrbahnfeuchte (Infrarotspektrometer, Fa. Infralytic)

2013

- Algorithmus zur Streustoffdosierung (Ing.- Büro Hausmann, Forschung BMVI)

2014

- Sensor zur mobilen Erfassung des Straßenzustandes und Umfelddaten (Fa. Lufft)

2015

- Empfehlungen und Hinweise zu Anforderungen an der temperaturgesteuerten Streustoffdosierung

?

- Praxisanwendung „Automatisiertes Streuen“



### ❖ **Teilautomatisierte Streustoffdosierung ermöglicht**

- situationsangepasste Streustoffdosierung
- Material- und damit Kosteneinsparung
- reduzierte Umweltbelastung
- Entlastung Einsatzpersonal

Vorteile bereits heute nutzbar

### ❖ **„Automatisiertes Streuen“ ist erreichbar durch**

- die Nutzung der vielfältigen Erkenntnisse aus der Forschung,
- die Entwicklung / Weiterentwicklung von mobilen Straßenzustandssensoren und
- die Weiterentwicklung der Streutechnik und Streumaschinensteuerung

### ❖ **Wichtig: Konzentration auf das Wesentliche und Machbare**

- Berücksichtigung von Faktoren mit wesentlicher Relevanz
- Vorhandene (geprüfte) Technologien möglichst schnell nutzen
- Anforderungen mit Augenmaß festlegen

