

## E-WIN

# Effizienter Winterdienst auf Radverkehrsanlagen am Beispiel der Stadt Hamburg

## Projektergebnisse

Dresden/Hamburg // Stand: Januar 2023

**Dr. Sven Lißner, Prof. Carmen Hagemeister, Prof. Angela Francke**

Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr – Technische Universität Dresden (TUD)

**Britta Peters, Dr. Marco Ritzkowski**

Stadtreinigung Hamburg (SRH)/ Hamburg Institute for Innovation, Climate Protection and  
Circular Economy (Hiicce)

Das Projekt wurde im Rahmen des Nationalen Radverkehrsplans 2020 durch  
das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Hintergrund und Ziele

- Kies (Split) wird aktuell in den meisten Kommunen als Streustoff auf Radverkehrsanlagen verwendet, wird jedoch von Radfahrenden z.T. als unsicher wahrgenommen und muss im Nachgang aufwendig entfernt werden, da ansonsten die Unfallgefahr steigt.
- Natriumchlorid als Sole-Lösung ist in einigen Kommunen alternativ im Einsatz, darf aber in vielen Kommunen auf Radwegen aus Gründen des Umweltschutzes nicht verwendet werden, da es vor allem für Straßenbäume schädlich ist.
- **Alternative Tau- bzw. Streustoffe sollen gefunden werden, die sowohl umweltverträglich sind, als auch eine hohe Sicherheit für Radfahrende bieten.**



© Stadtreinigung Hamburg, H. Hass

## EWIN – Das Projektkonsortium zusammengefasst:



# Vorgehensweise und Gliederung

## Technosphäre

## Nutzung und Anwendung

1. Auswahl potenzieller alternativer Streustoffe



2. Labortests bezüglich der Tauleistung und bodenkundliche Untersuchungen



3. Ökobilanzierung der verbliebenen Streustoffe



Allg. Nutzersicht

4. Umfrage zum Radfahren im Winter unter Radfahrer\*innen in ganz Deutschland

Anwendersicht

5. Umfrage zur Nutzung von Streu- und Taustoffen im Winterdienst auf Radwegen unter Radverkehrsverantwortlichen

Spezifische Nutzerbewertung

6. Praxistests zum Einsatz der Streustoffe in Hamburg, inklusive Nutzerbefragung vor Ort

7. Operative Aspekte des Einsatzes alternativer Streustoffe



**bast**

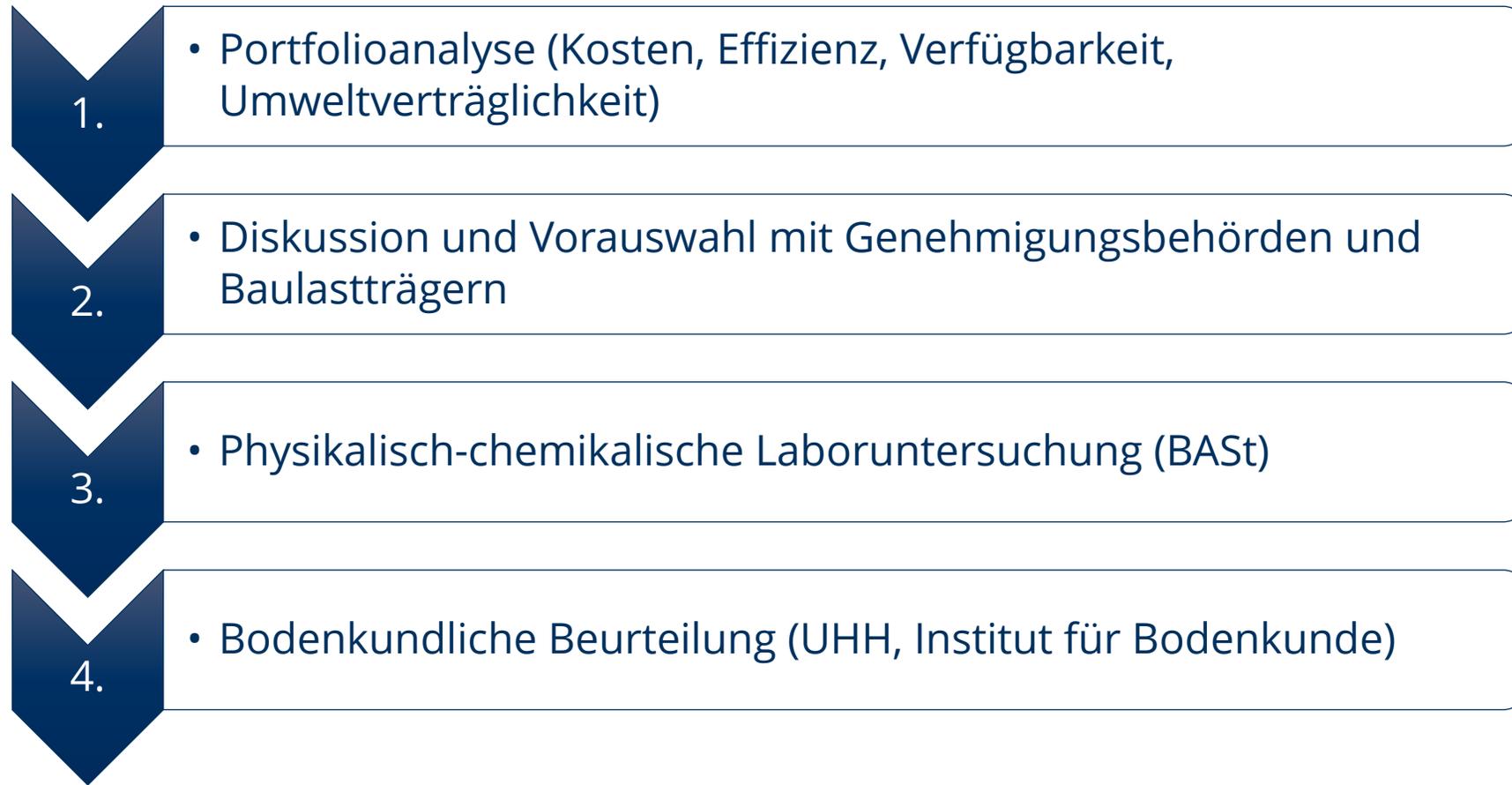


8. Bewertung der Einsetzbarkeit der alternativen Streustoffe

# 1. Auswahl potenzieller alternativer Streustoffe

# Auswahl der alternativen Streustoffe

Mehrstufiges Verfahren:



# Auswahl der alternativen Streustoffe

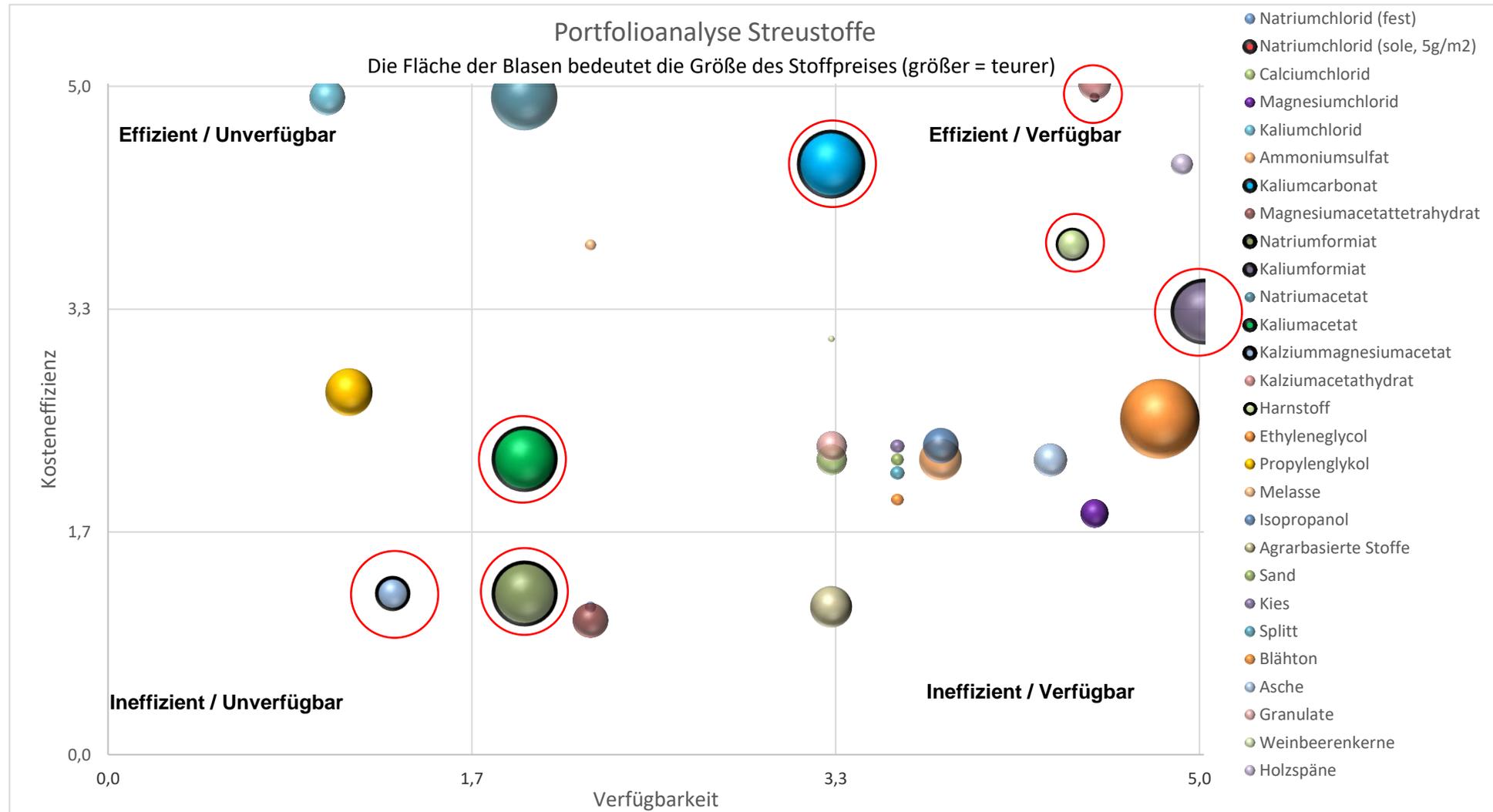
Auswahl basierend auf einer Portfolioanalyse nach vorheriger Anbieter- und Literaturrecherche

Genutzte Variablen:

- Kosten
- Verfügbarkeit
- Umweltverträglichkeit
- Effizienz

Auf Basis der unterschiedlichen Bewertungen wurden folgende Streustoffe ausgewählt:

- **Natriumformiat**
- **Kaliumcarbonat**
- **Kaliumformiat**
- **Kaliumacetat**
- **Calcium-Magnesium-Acetat**
- **Harnstoff**
- **Natriumchlorid**



## 2. Labortests bezüglich der Tauleistung und bodenkundliche Untersuchungen

# Untersuchung der Tauwirkung

Im Labor der Bundesanstalt für Straßenwesen (BaSt) wurden die sieben Streustoffe als Wasser-Tausalz-Gemische im Frühjahr 2020 auf ihr **Temperaturverhalten** und ihre **Tauleistung** untersucht.

Letztlich wurden zwei der sieben Tausalze (Harnstoff und Kaliumcarbonat) nicht für die praktische Anwendung in Betracht gezogen, da sie eine zu hohe Temperatur-untergrenze besitzen (Harnstoff) oder vom Hersteller im Sicherheitsdatenblatt als gefährlicher Abfall klassifiziert sind (Kaliumcarbonat).

Natriumformiat wurde trotz seines eutektischen Werts von  $-17^{\circ}$  in die Betrachtung eingeschlossen, da die Temperaturen in Hamburg äußerst selten diesen Wert erreichen.



Versuchsaufbau zur thermischen Analyse  
© Frederick Zantis



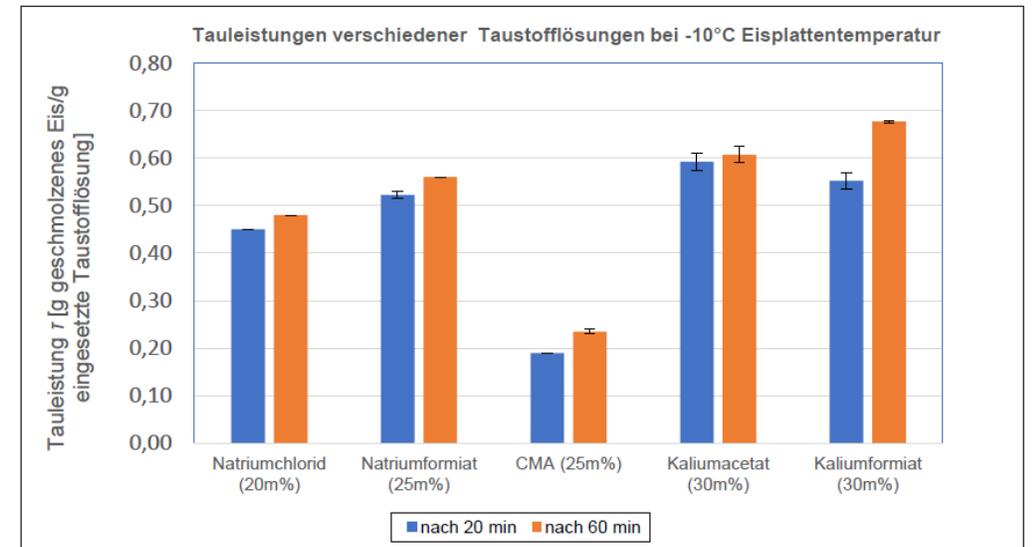
Inzeller Eisplattenverfahren zur Wirksamkeitsuntersuchung der Tausalzleistung der Streustofflösungen  
© Frederick Zantis

# Untersuchung der Tauwirkung

## Ergebnisse der physikalisch-chemischen Laboruntersuchungen:

- **Konzentration der Wasser-Tausalz-Gemische** orientiert sich, aufgrund der Technik für die Ausbringung, an der im Straßenwesen üblichen Konzentration von NaCl.
- Bei ermittelter wirksamer Konzentration **fällt Calcium-Magnesium-Acetat im Tauleistungsversuch deutlich ab.**
- Empfohlene Streustoffe auf Basis der Tauwirksamkeitsuntersuchungen:
  - Natriumchlorid (als Referenz)
  - Natriumformiat
  - Kaliumacetat
  - Kaliumformiat
  - CMA (eingeschränkt)

Name	Kalkulierte Taumenge $T_{calc}$ [g Eis/ g Sole]		
<i>Eistemperatur</i>	-5°C	-10°C	-15°C
NaCl (20 m-%)	1,8	0,5	0,15
CMA (25 m-%)	1,0	0,3	0,016
KForm (30 m-%)	2,2	0,7	0,3
KAc (30 m-%)	1,8	0,7	0,3
NaForm (25 m-%)	1,9	0,7	0,14



# Bodenkundliche Untersuchungen

In der Hansestadt Hamburg gelten besondere Anforderungen für einzusetzende Streustoffe:

„Der Einsatz von Tausalz oder tausalzhaltigen Mitteln ist **nur auf Fahrbahnen** zulässig und dort so gering wie möglich zu halten; auf die Belange des Umweltschutzes ist besondere Rücksicht zu nehmen“ (§28 HWG). Die im Projektverlauf ausgewählten Streustoffe wurden dementsprechend zunächst einer **theoretischen bodenkundlichen Untersuchung** unterzogen. Die Laboruntersuchungen wurden vom Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg durchgeführt.

Alle ausgewählten Stoffe fallen in die **WGK 1 (= schwach wassergefährdend)** und haben – sofern gegeben – einen TA Luft von 20 mg/m<sup>3</sup>. In Reinform werden die anorganischen Salze (Natriumchlorid, Kaliumcarbonat) als potentiell hautreizend ausgewiesen und unterliegen speziellen Entsorgungsregelungen, organische Salze (Acetate und Formiate) gelten **überwiegend als biologisch abbaubar**.

Bezeichnung	Summenformel	Ersteinschätzung	Auswahl
Natriumchlorid (Referenz)	NaCl	3	Ja
Natriumformiat	CHNaO <sub>2</sub>	2	Ja
Kaliumacetat	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> KO <sub>2</sub>	2	Ja
Kaliumformiat	CHKO <sub>2</sub>	2	(Nein)
Calcium-Magnesium-Acetat (CMA)	Ca <sub>x</sub> Mg <sub>y</sub> (CH <sub>3</sub> COO) <sub>2(x+y)</sub>	1	Ja
Kaliumcarbonat	CaCO <sub>3</sub>	3	Nein
Harnstoff (Urea)	CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	3	Nein

Ersteinschätzung: 1=positiv, 2=überwiegend positiv, 3=(überwiegend) negativ

# Bodenkundliche Untersuchungen

Aus operativen Gründen nach der bodenkundlichen Ersteinschätzung Konzentration auf vier Stoffe, die weitergehend im Labor untersucht wurden:

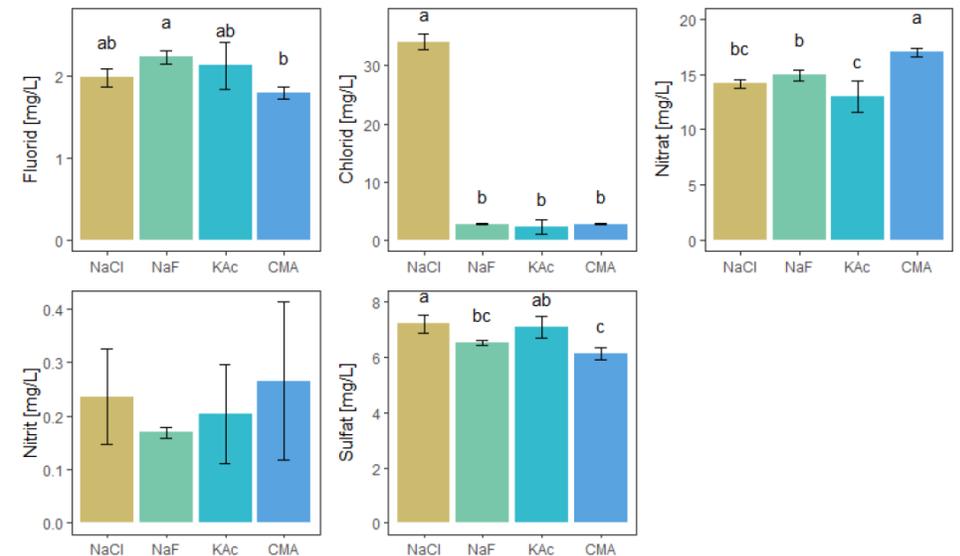
**Natriumchlorid** (Referenz), **Natriumformiat**, **Kaliumacetat**, **Calcium-Magnesium-Acetat** (wg. der positiven bodenkundlichen Ersteinschätzung)

- Bodensubstrat von Hamburger Straßenrändern mit Taumittel in entsprechender Konzentration versetzt und homogenisiert
- Anschließende Verwendung von Säulenversuchen mit luftgetrocknetem Substrat
- Somit wurde eine Einfachanwendung simuliert

## Bodenkundliche Beurteilung:

- **Signifikante** Erhöhung der Salzlast bei allen Streumitteln
- Bei **allen** getesteten Streustoffen besteht Potenzial für **negative** Umweltauswirkungen
- Stärke und Ausprägung ist von der **Konzentration** des Streumittels abhängig
- Aktive Taumittel sollten insbesondere im Einzugsbereich von stillen **Gewässern** und **Feuchtgebieten** vermieden werden
- Keine Bedenken bei Ableitung in Kanalisation
- NaCl hat höchstes Versalzungspotenzial

*Obwohl das Potenzial für negative Umweltwirkungen bei den getesteten Alternativen deutlich gering ist als bei NaCl, besteht Potenzial für negative lokale Umweltauswirkungen..*



### 3. Ökobilanzierung der verbliebenen Streustoffe

# Ökobilanzierung

---

Die umfassende Produktbewertung bzgl. ihrer Umweltbelastungen bzw. ihres Ressourcenverbrauches auf Basis einer Lebenszyklusanalyse (engl. Life Cycle Assessment (LCA)) gilt derzeit als ein ausgereiftes systemanalytisches Instrument, das auf international gültigen Normen basiert (DIN EN ISO 14044, 2018 und damit einheitliche Verfahrensstandards garantiert. Darin wird der methodische Rahmen zur Erstellung von Ökobilanzen für die Festlegung des Ziels, die Erstellung der Sachbilanz sowie für die Wirkungsabschätzung beschrieben.

Der Bilanzrahmen umfasst die Produktion der Streumittel sowie den operativen Prozess der Ausbringung. Bilanziert werden globale Umweltwirkungen wie Treibhausgase, Versauerung und Eutrophierung von Böden und Gewässern, Ozonbildung und Primärenergiebedarf.

# Ökobilanzierung: Bilanzrahmen und Datengrundlage



## Annahmen:

- keine Entsorgung bei auftauenden Stoffen
- Transport vom Herstellungs- zum Einsatzort nicht berücksichtigt (stark ortsabhängig)

Für die Recherche und die benötigten Kennzahlen wurden die Datenbanken

- GEMIS (Globalen Emissions-Modells integrierter Systeme, Öko-Institut e.V. 2012)
- Probas (Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente, UBA 2015) und
- Ecolnvent (ecoinvent-Zentrum) GaBi Professional genutzt.

Emissionen im verkehrlichen Betrieb wurden auf Basis des HBEFA 4.1 berechnet.

- Für Calcium-Magnesium-Acetat (CMA) und Kaliumacetat liegen keine spezifischen Werte in Stoffdatenbanken vor. Die Werte wurden auf Basis der Eingangsprodukte modelliert und haben daher das Potenzial zu Abweichungen gegenüber den realen Herstellungsaufwänden.
- Da auch für Kaliumformiat keine Daten verfügbar waren, erfolgte ersatzweise die Bilanzierung von Ameisensäure. Die Höhe aller betrachteten Umweltwirkungskategorien dürfte bei Kaliumformiat aufgrund des Herstellungsweges höher ausfallen als bei Ameisensäure.
- Für die Bewertung der Auswirkungen auf die Umwelt **nachdem** die Stoffe auf den Radwegen ausgebracht wurden, ist hingegen nicht Ameisensäure zu betrachten, sondern Kaliumformiat. Beide Stoffe wirken unterschiedlich auf Flora und Fauna. Die Ökobilanzierung betrachtet NICHT welche Auswirkung die Stoffe durch eine bestimmte Verwendung z.B.: auf Radwegen haben, sondern AUSSCHLIESSLICH die Umweltwirkungen durch Produktion, Betrieb und Entsorgung

# Ökobilanzierung: Umweltwirkungskategorien

1. Treibhauspotenziale als CO<sub>2</sub>-Äquivalente von Luftschadstoffen basierend auf dem GWP<sub>100</sub>

Beitrag zum Treibhauseffekt als mittlere Erwärmungswirkung über einen Betrachtungszeitraum von 100 Jahren

2. Versauerungspotenzial von Luftschadstoffemissionen als SO<sub>2</sub>-Äquivalent

Beitrag zur Versauerung, die bspw. Ablagerungen in Böden und Gewässer über Niederschlag bewirkt und Wuchschancen von Organismen und Pflanzen beeinflusst

3. Eutrophierungspotenzial als Phosphat-Äquivalent

Beitrag zur lokalen Anreicherung von Nahrung und Nährstoffen mit negativen Wirkungen auf Trinkwassergewinnung oder Artenvielfalt

4. Ozonbildungspotenzial als Ethen-Äquivalent

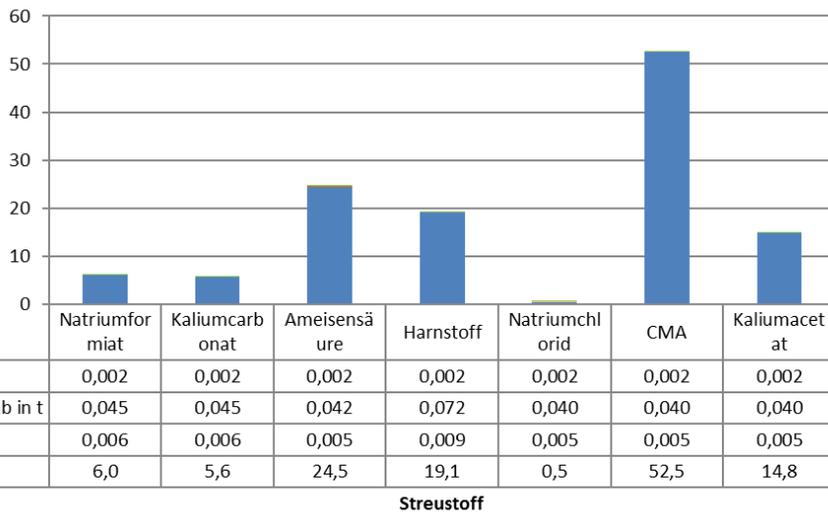
Belastungsbandbreiten von Ozon mit negativen Auswirkungen auf die Atemwegsfunktion beim Menschen und Blattorgane von Pflanzen

5. Primärenergiebedarf als Summe regenerativer, fossiler und anderer Energieträger in einzelnen Arbeitsschritten

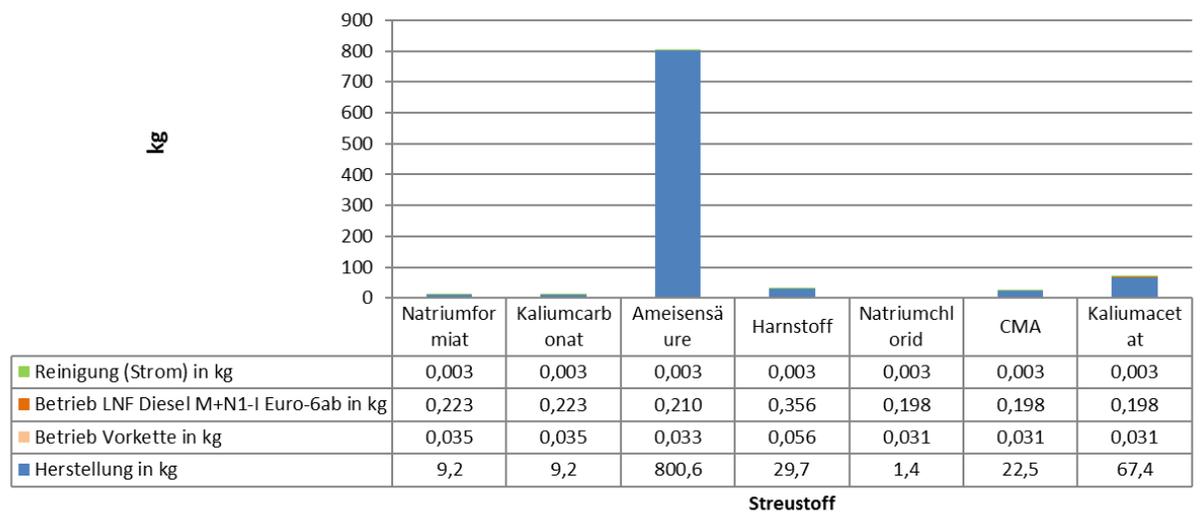
# Ökobilanzierung: Ergebnisse

$$Em(\text{gesamt}) \frac{g}{\text{Einsatz}} = \text{Emissionen Streustoffherstellung} [g/Kg] \times \text{Einsatzmenge} [kg/\text{Einsatz}] + \left( \text{Emissionen Energiebereitstellung} \frac{g}{l \text{ bzw. kWh}} \times \text{Energieverbrauch} \frac{l \text{ bzw. kWh}}{\text{Einsatz}} \right) + \text{Emissionen Betrieb} \left( \frac{g}{\text{Einsatz}} \right)$$

**Streustoffvergleich nach Emissionsart:  
Treibhauspotenzial**



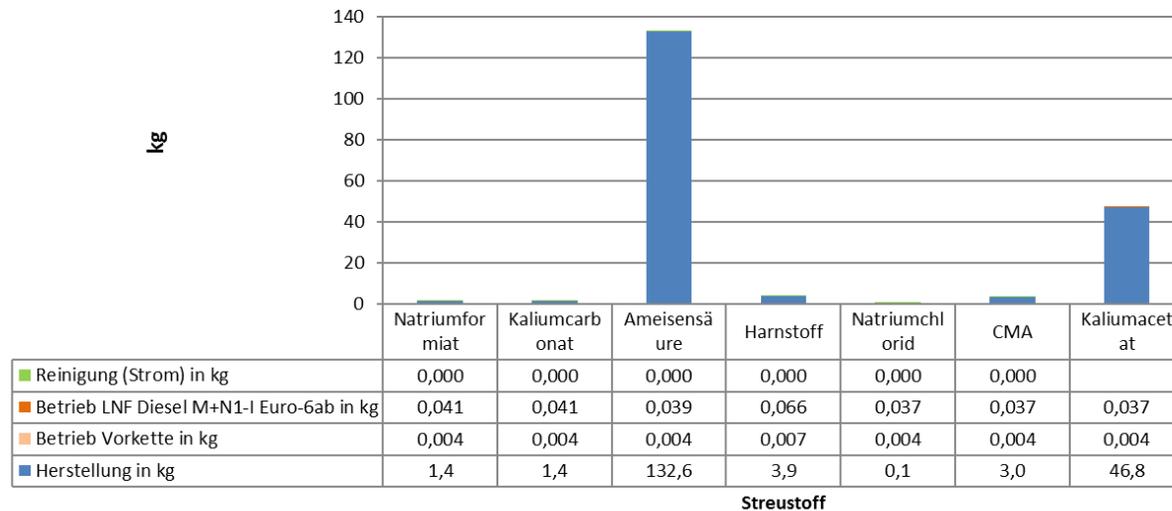
**Streustoffvergleich nach Emissionsart:  
Versauerungspotenzial**



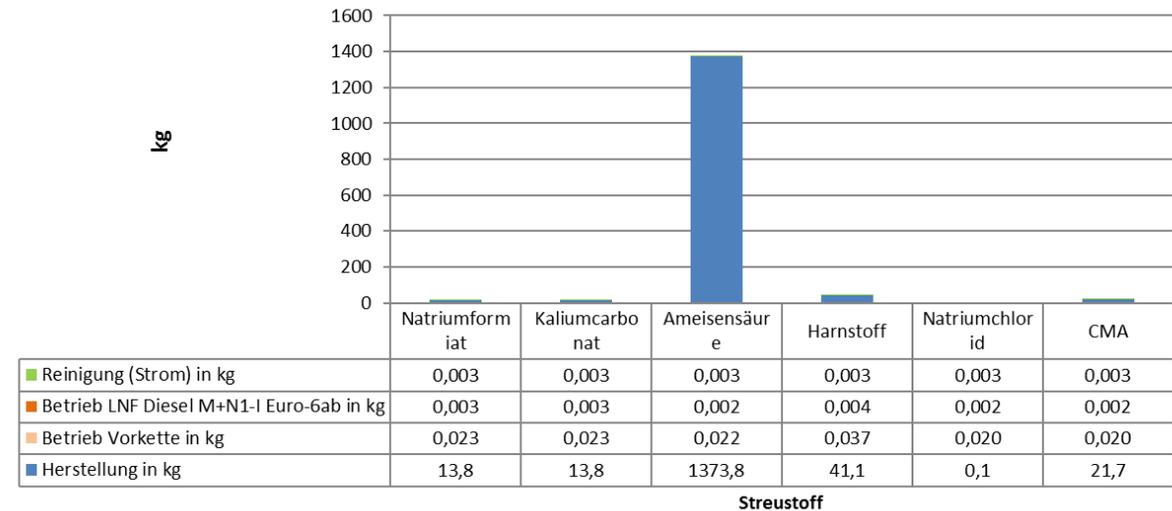
# Ökobilanzierung: Ergebnisse

Ergebnisse jeweils für eine einmalige Ausbringung auf 203km Radwegen in Hamburg

**Streustoffvergleich nach Emissionsart:  
Eutrophierungspotenzial**



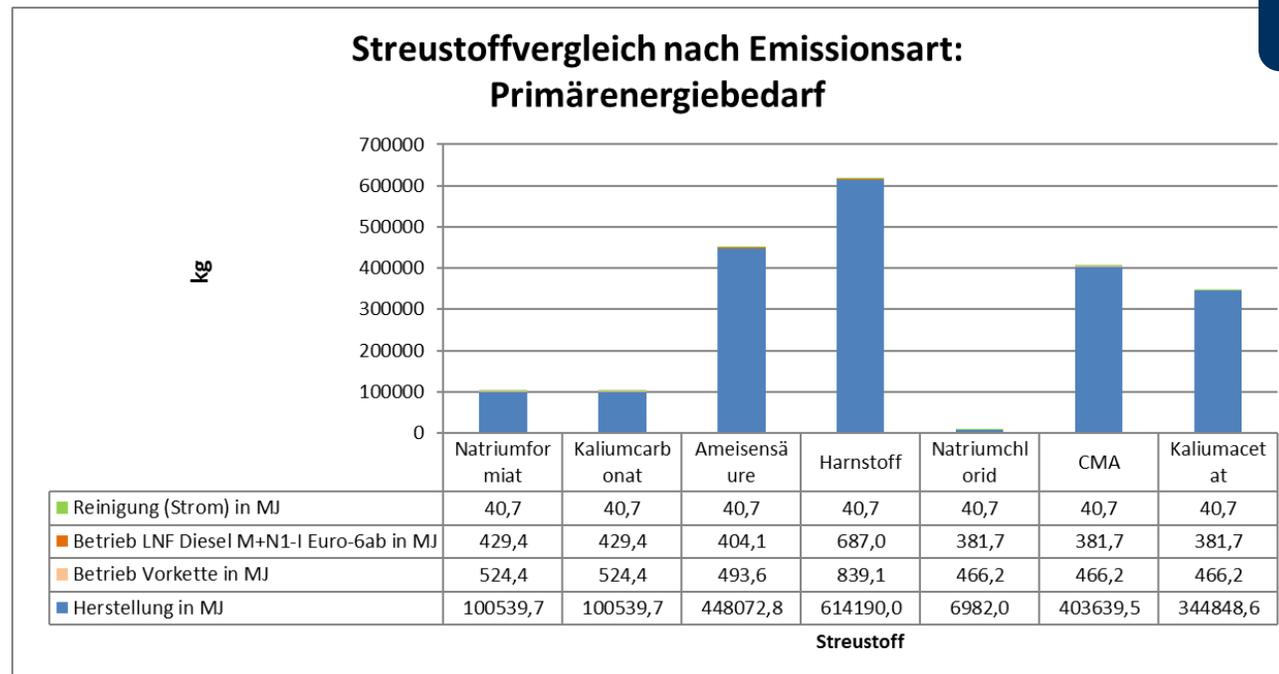
**Streustoffvergleich nach Emissionsart:  
Ozonbildungspotenzial**



# Ökobilanzierung: Ergebnisse

- Betriebsspezifische Emissionen haben ggü. herstellungsbedingten Emissionen einen vernachlässigbar geringen Anteil bzgl. der Umweltwirkungen
- Die globale Wirkung von Natriumchlorid ist deutlich geringer als die der Alternativen.

Zielkonflikt:  
lokale vs. globale Wirkung



## 4. Umfrage zum Radfahren im Winter

## 5. Umfrage zur Nutzung von Streustoffen im Winterdienst auf Radwegen

# Befragungen

## Kommunen = Angebotsseite

- Wie erfolgt Winterdienst
- Welche Betriebsmittel werden verwendet?
- Welche Konzepte gibt es?
- Gibt es Vorrangnetze?

## Radfahrende = Nachfrageseite

- Wie sicher fühlen sie sich auf geräumten Wegen?
- Was würden Sie sich wünschen?
- Welche Zeiträume werden benötigt?



## Befragung von Radverkehrsverantwortlichen



## Online-Befragung von Radfahrenden



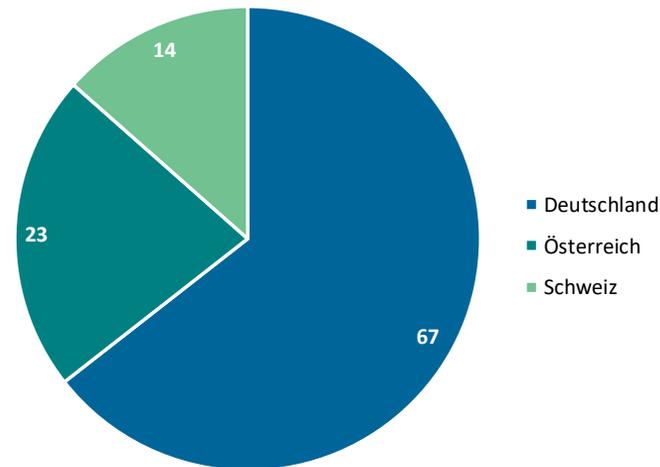
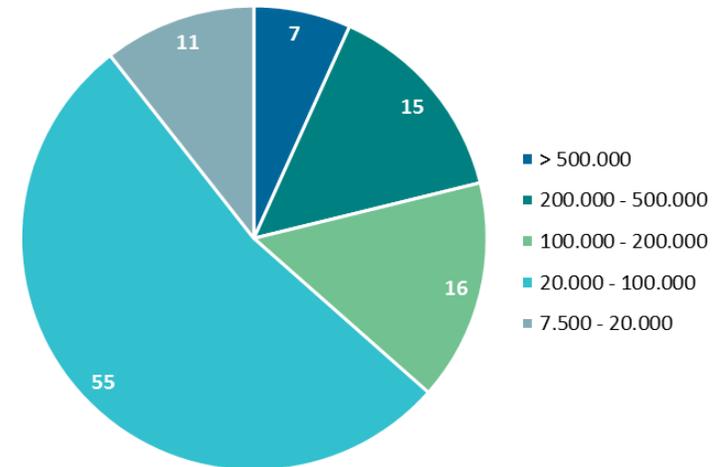
## Praxistest im Winter auf Teststrecken auf nicht öffentlichem Gelände



## Praxistest im Winter im öffentlichen Raum

# Befragung Radverkehrsverantwortlicher: Stichprobe

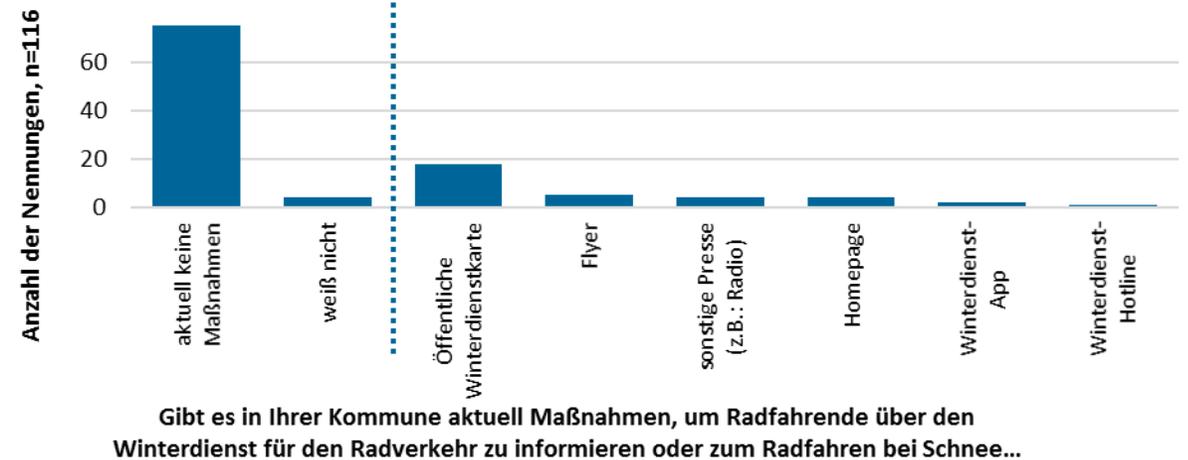
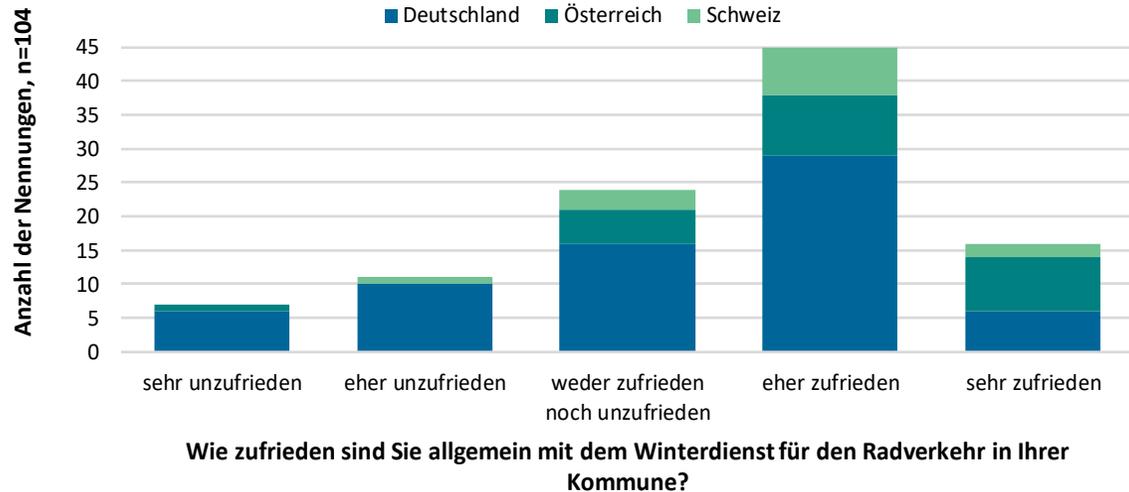
- Online Befragung über 4 Wochen (November/Dezember 2019)
- Fragen zum Winterdienst allgemein, zu betrieblichen Aspekten, Aufwand und Kosten sowie Streumittel
- 104 Fragebögen wurden ausgewertet (Rücklaufquote von 35%)
- Räumliche Verteilung:
  - 11% aus Kleinstädten (unter 20.000 EW)
  - 53 % Mittelstädten (20.000-100.000 EW)
  - 36 % Großstädten (über 100.00. EW)



Teilnahme durch  
Radverkehrsverantwortliche und  
teilweise Winterdienstzuständige

# Befragung Radverkehrsverantwortlicher : Allgemeines

- Mehr als die Hälfte der Befragten sind mit dem Radverkehrswinterdienst eher zufrieden oder sogar sehr zufrieden.
- In Österreich wird der Winterdienst signifikant positiver bewertet als in Deutschland.
- Maßnahmen zur Information und Motivation beim Winterradeln werden nur in wenigen Kommunen getroffen.
- Zahlreiche Hürden beim Radverkehrswinterdienst werden genannt, allen voran die Problematik um zugeschobene Flächen (durch Anlieger oder Winterdienstbetreibende) und eine umweltverträgliche Gestaltung (35 Nennungen).



# Befragung Radverkehrsverantwortlicher : Betriebliche Aspekte

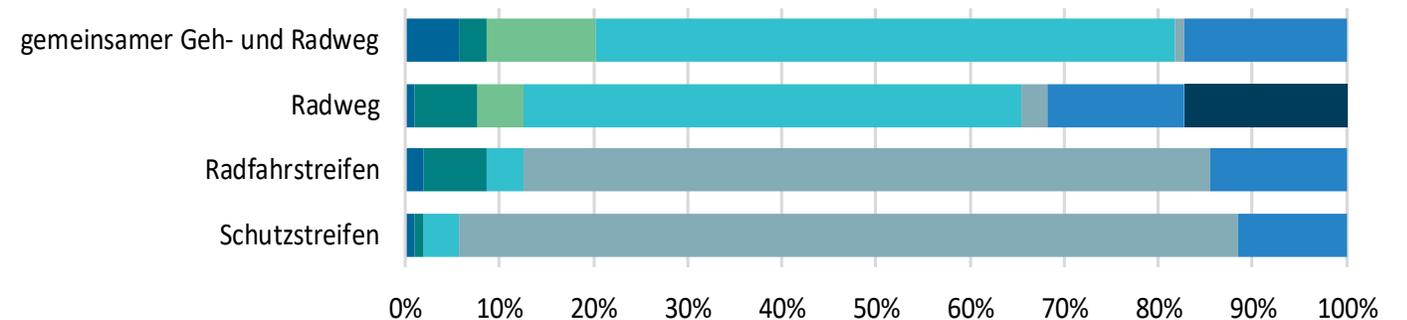
Deutliche Unterschiede zwischen abgesetzten Führungsformen und der Führung auf der Fahrbahn!

## Abgesetzte Führungsformen:

- primär eigenständiger Winterdienst
- alternativ gemeinsam mit anliegender Fahrbahn überwiegend mit (selektiver) Nachbearbeitung
- teilweise kein Winterdienst

## Führung auf der Fahrbahn:

- primär im Mitnahmeeffekt
- alternativ mit selektiver Nachbearbeitung
- eigenständiger Winterdienst eher selten

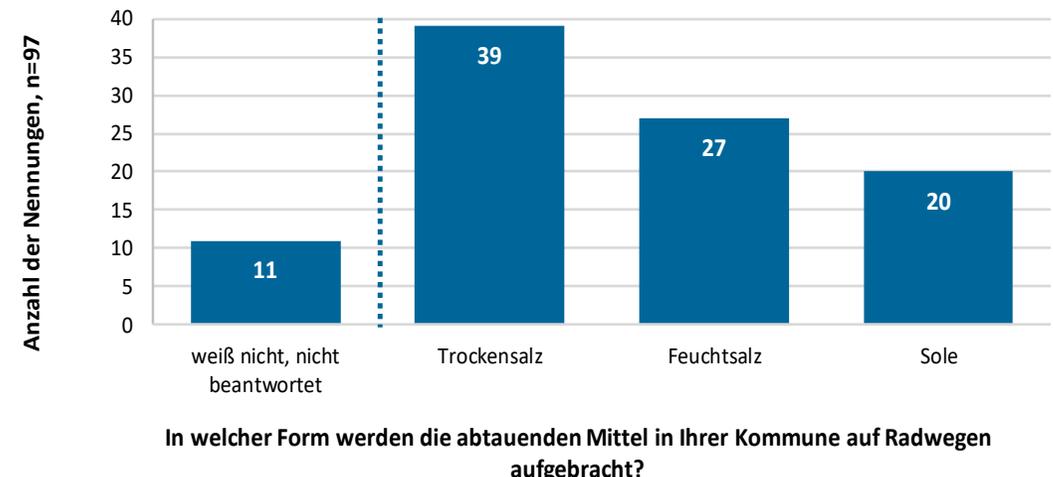
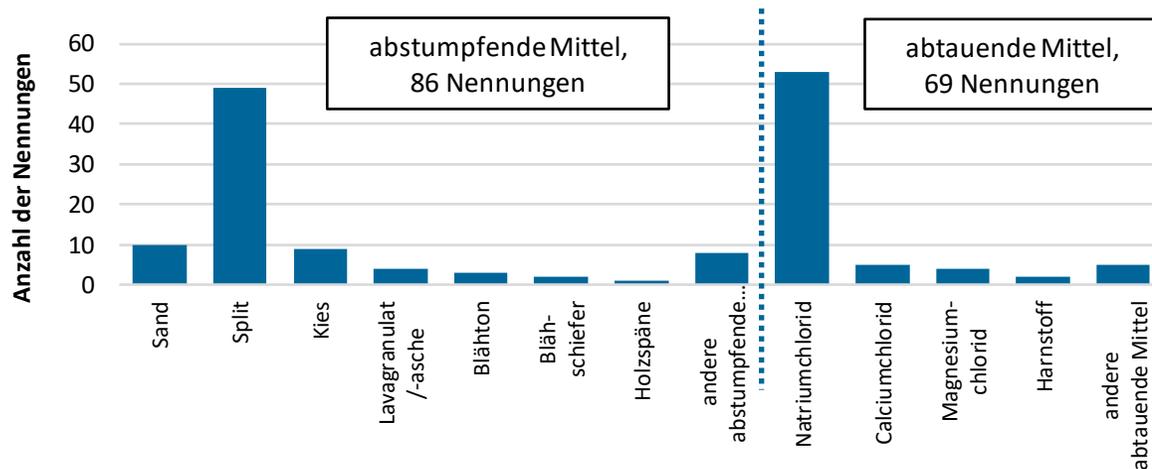


Wie läuft der Winterdienst auf verschiedenen Führungsformen des Radverkehrs in Ihrer Kommune betrieblich ab?

- nicht beantwortet/weiß nicht
- Führungsform nicht vorhanden
- kein Winterdienst
- eigenständiger Winterdienst
- mit der anliegenden Fahrbahn (Mitnahmeeffekt)
- mit der anliegenden Fahrbahn mit Nachbearbeitung (selektiv)
- mit anliegendem Gehweg

# Befragung Radverkehrsverantwortlicher: Streumittel auf Radwegen

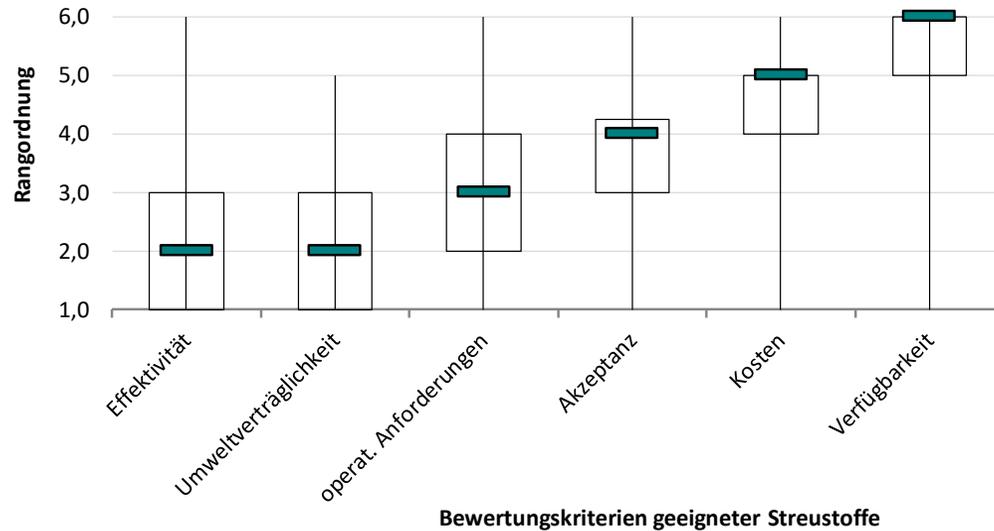
- NaCl wird trotz der Verbote in vielen Kommunen am häufigsten eingesetzt, überwiegend als Trockensalz
- von alternativen (abtauende) Streumitteln wird nur Harnstoff in zwei Kommunen verwendet
- unter andere abtauende Mittel wird nur Streusalz genannt
- Kaliumchlorid, Zucker (Melasse), Formiate, Acetate (z.B.: Kaliumacetat), Kaliumcarbonat, Ammoniumsulfat, Glykole oder Alkohole werden in den befragten Kommunen nicht eingesetzt



\* Die linke Grafik zeigt die Ergebnisse von zwei Fragen, wobei in der ersten 5 keine Antwort (weiß nicht oder nicht beantwortet) zum eingesetzten Streumittel gemacht haben und in der Detailfrage zu abtauende Mitteln 14 keine Angabe gemacht haben

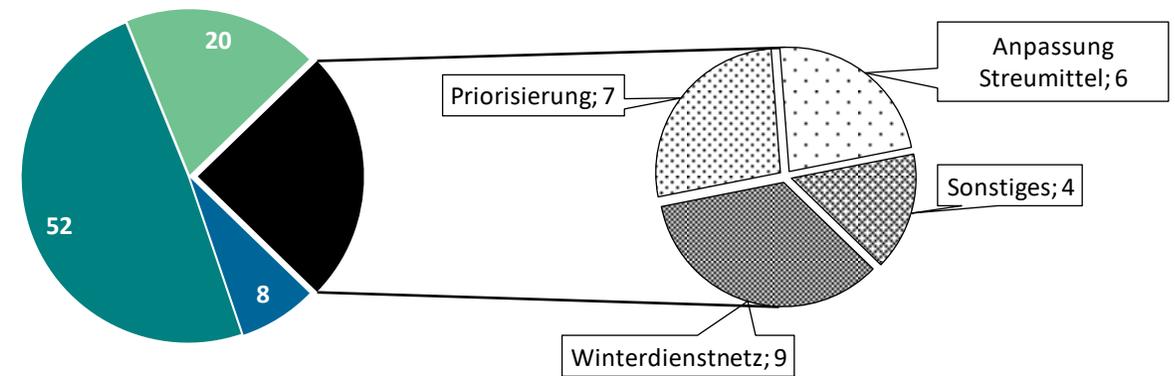
# Befragung Radverkehrsverantwortlicher : Streumittel auf Radwegen

Aus kommunaler Sicht sind Effektivität und Umweltverträglichkeit die wichtigsten Auswahlkriterien bei Streustoffen!



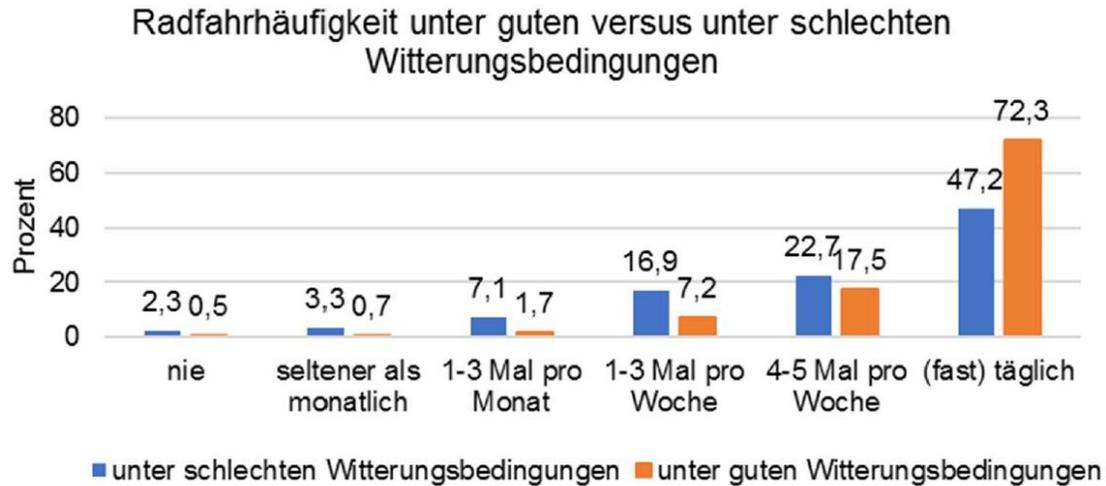
\* dargestellt ist die mittlere Rangordnung der (vorgegebenen) Auswahlkriterien für den Streumiteleinsatz auf Radwegen, sowie das 25 und 75%-Perzentil, eine Gleichbewertung der Kriterien war nicht möglich

- In 24 Kommunen sind weitere Maßnahmen für den Radverkehr bei Schnee und Eis geplant.



- weiß nicht
- Nein, (weitere) Maßnahmen sind nicht notwendig.
- Nein, auch wenn (weitere) Maßnahmen notwendig sind.

# Ergebnisse: Nutzerbefragung zu Radfahrenden im Winter



Schlechte Witterungsbedingungen: „-5°C bis 0°C, Niederschlag als Regen oder Schnee.“

Skala von 1 (sehr unwahrscheinlich) bis 5 (sehr wahrscheinlich)

- 72 % fahren „(fast) täglich“ unter guten Witterungsbedingungen
- 47 % fahren im Winter bzw. unter schlechten Witterungsbedingungen



# Ergebnisse: Nutzerbefragung zu Radfahrenden im Winter

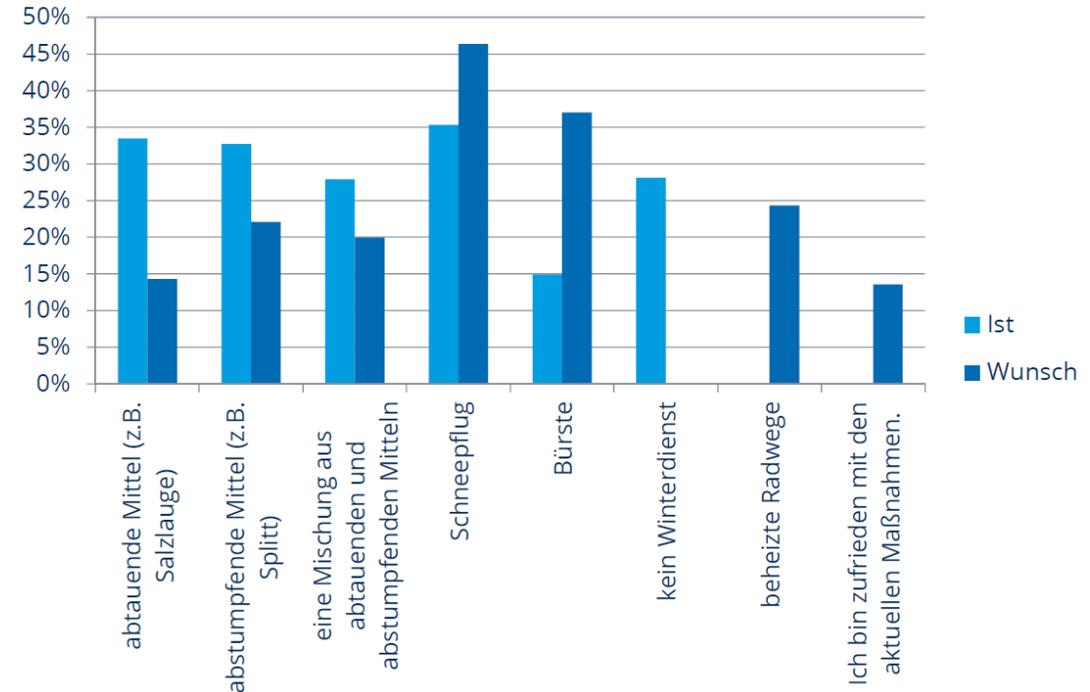
Einfluss auf Bereitschaft, im Winter mit dem Rad zu fahren:

- 1. „Probleme mit dem Winterdienst“
  - 2. „erhöhte Unfallgefahr“
  - 3. „schlechte Witterung“
- } Winterradler

- Nicht-Winterradler {
- 1. „schlechte Witterung“
  - 2. „erhöhte Unfallgefahr“
  - 3. „Probleme mit dem Winterdienst“

**26,1%** der Winterradler\*innen würden gerne häufiger im Winter mit dem Fahrrad unterwegs sein, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- 1. „bessere Radinfrastruktur“ (MW=4,59)
- 2. „(besserer) **Winterdienst auf Radwegen**“ (MW=4,54)
- 3. „entsprechende Kleidung“ (MW=3,88)

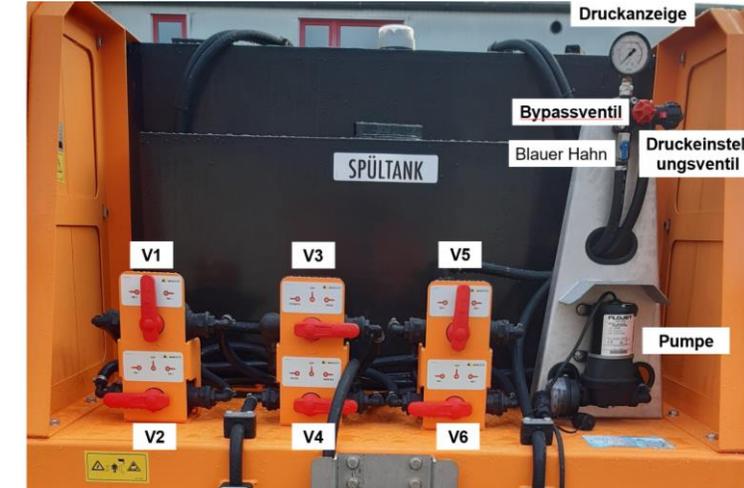


## 6. Praxistests zum Einsatz der Streustoffe in Hamburg, inkl. Nutzerbefragung vor Ort

# Fahrzeugtechnik für die Winterdiensttests

**Fahrzeuge:** Da für den Winterdienst auf Radwegen aktuell in Hamburg keine Flüssigstreustoffe verwendet werden dürfen, besitzt die SRH keine kleinen Streufahrzeuge, die auf den Teststrecken hätten eingesetzt werden können. Daher wurden zwei vorhandene Streufahrzeuge für die Ausbringung von Flüssigstreustoffen umgerüstet.

**Versuchsaufbau:** Auf den Fahrzeugen wurde jeweils ein Geräteträger montiert, auf dem vier Tanks für die Flüssigstreustoffe sowie (zunächst) elektrische Pumpen installiert wurden. Da das CMA bei diesem Versuchsaufbau wiederholt eine Verstopfung des Pumpensystems hervorgerufen hat, wurden die Fahrzeuge mit einer hydraulischen Pumpe nachgerüstet. Ein 1,50m breiter Sprühbalken diente der Ausbringung der Flüssigstreustoffe.



Flojet Pumpe



Imovilli Pumpe

	Flojet (A)	Imovilli (B)
Power	12V Batterie	Hydraulik
Leistung	2.4bar (theoret.) 2bar (tatsächl.)	25bar (theoret.) 3bar (reduziert)
Förderung	12l/min	23l/min
Funktion	Membran	Membran- kolben

Alle Abbildungen ©Stadtreinigung Hamburg

# Streustoffe für die Winterdiensttests

Basierend auf den Untersuchungen zur Tauwirksamkeit der alternativen Streustoffe wurde die **Konzentration für die vier ausgewählten Streustofflösungen** so bestimmt, dass die eutektischen Temperaturen unterhalb  $-20^{\circ}$  liegen (mit Ausnahme von CMA, da liegt der eutektische Punkt bei  $-15,5^{\circ}$ ).

- Natriumchloridsole 20m% (Referenz)
- Natriumformiat 25m%
- CMA 25m%
- Kaliumacetat 30m%

• Ausfällung bei CMA und Na-Formiat  
 • Hohe Viskosität von CMA  
 • Ca. 15 bis 20l Verbrauch pro Einsatz

Alle Abbildungen ©Stadtreinigung Hamburg



	Natriumchlorid	Natriumformiat	Calcium-Magnesium-Acetat	Kaliumacetat
Konzentration (in %)	22	25	25	30
Menge (in l)	1.000	650	1.000	880
Dichte (in kg/l)	1,14	1,16	1,15	1,14
Preis* (in €/kg)	0,034	3,00	0,55	2,30
Preis** (in €/km)	1,50	135,00	24,80	103,50

\*Preis wurde für die jeweilige Lösung (kg) mit der Einsatzkonzentration geschätzt (April 2020).

\*\*Preis wurde für die Strecke (km) mit der Breite von 1,50m und mit der Streulösung von 30g/m<sup>2</sup> geschätzt (April 2020).

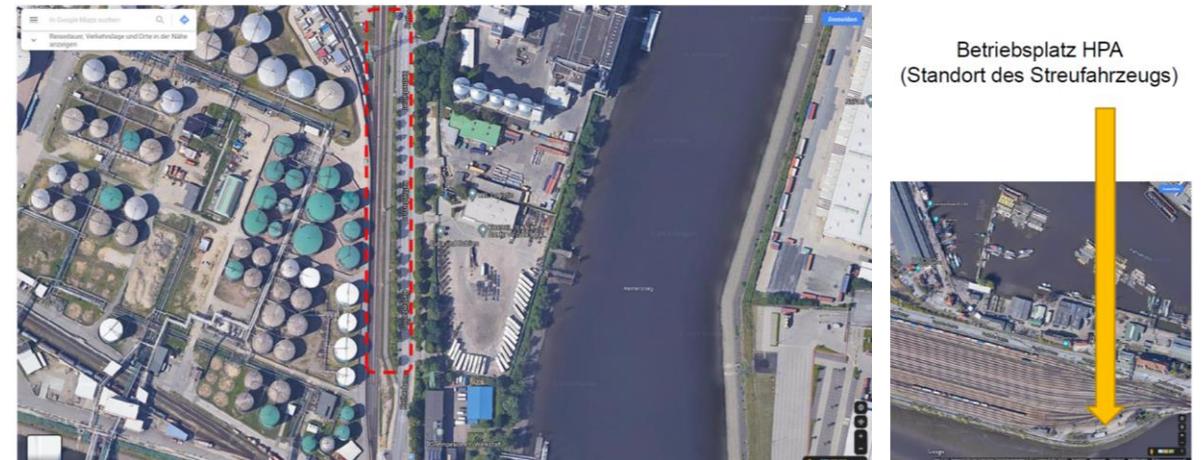
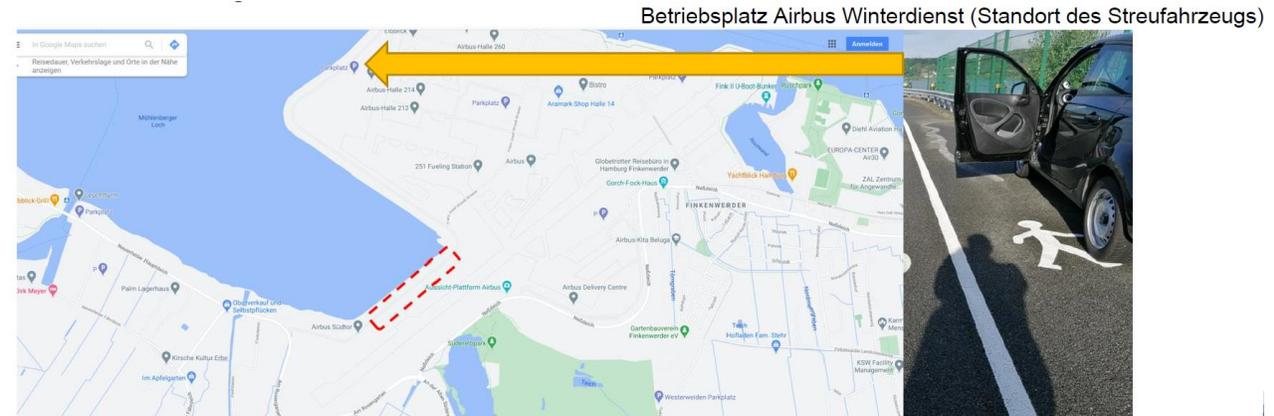
# Praxistest im Winter 2020/21 auf Betriebsgeländen

Für die **Praxistests im Winter 2020/21** wurden in Rücksprache mit den Hamburger Genehmigungsbehörden **zwei Teststrecken auf Betriebsgeländen** ausgewählt, da für diese eine vereinfachte Genehmigung zur Durchführung der Winterdienststests zu erlangen war:

1. Airbus
2. Hamburg Port Authority (HPA)

Die Teststrecken wurden so ausgewählt, dass nacheinander alle 4 Streustoffe auf Streckenabschnitten mit jeweils 50 bis 100m Länge und 1,50m Breite ausgebracht werden konnten.

Bei Durchführung der Tests wurde die Strecke mit Warnkegeln und Hinweisschildern gekennzeichnet und die einzelnen Streckenabschnitte zusätzlich mit Sprühkreide optisch voneinander getrennt. Am Ende der Teststrecke wurde außerdem ein Stehtisch mit Sonnenschirm aufgebaut, um den Ort der Befragung sichtbar zu machen.



# Praxistest im Winter 2021/22 auf Teststrecken auf öffentlichem Gelände

Im **Winter 2021/22** wurden die Tests auf den **öffentlichen Raum** ausgeweitet. Es wurden zwei Teststrecken in Absprache mit den Hamburger Genehmigungsbehörden ausgewählt, die

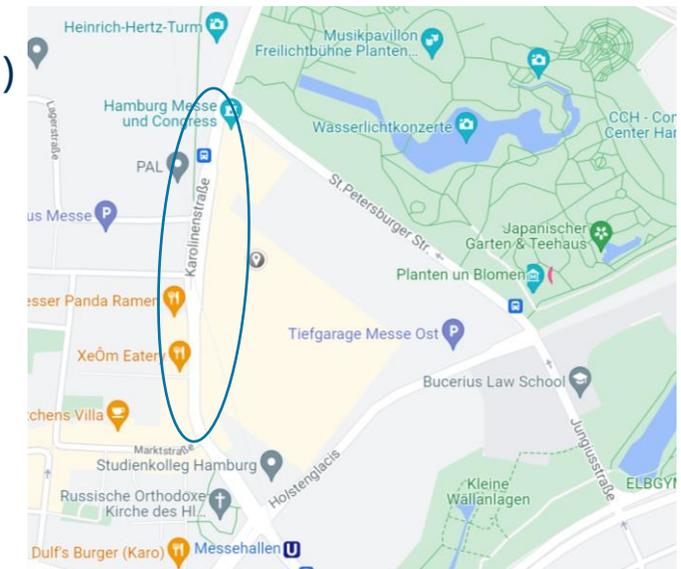
- in den Wintermonaten stark von Radfahrenden frequentiert werden,
- mit den zukünftig hauptsächlich für Radverkehrsanlagen eingesetzten Oberflächenmaterialien Asphalt und Betonpflastersteinen ausgestattet sind,
- bei denen die alternativen Streustoffe nicht in stehende Gewässer entwässern.

Hierzu hat die Hamburger Behörde für Verkehr und Mobilitätswende im November 2021 eine **Befreiung gemäß §71 Absatz 1 i.V.m. § 28 Absatz 3 Satz 3 des Hamburgischen Wegegesetz** erteilt.

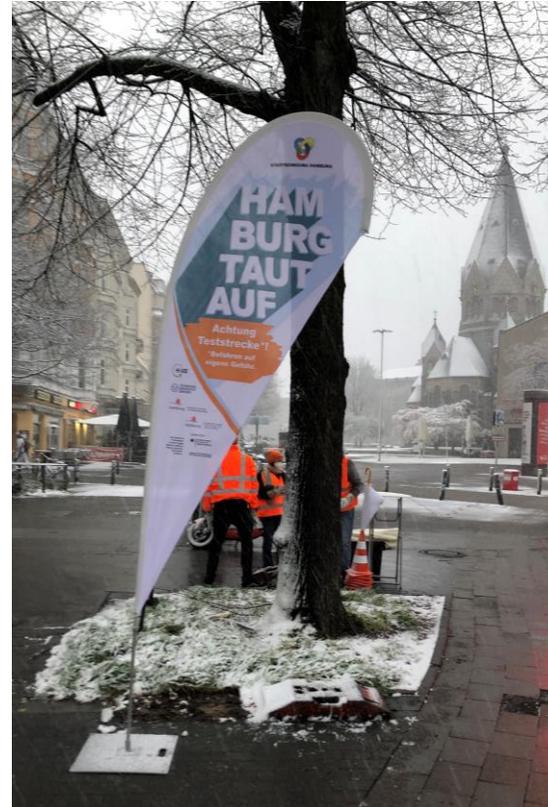
## 1. Elbuferweg (Asphalt)



## 2. Karolinenstraße (Betonpflastersteine)



# Aufbau der Teststrecken



Kennzeichnung der Teststrecken und Zonen



Befragung der Radfahrenden

Alle Abbildungen ©Stadtreinigung Hamburg

# Streuvorgang/ Winterdiensttest

- Einrichtung einer E-WIN Winterdienstzentrale
- Ausrufen von Rufbereitschaft bei entsprechender Wetterlage
- Entscheidung über Einsatz am Vorabend
- Ab 4.00 Uhr Räumung der Strecke (Bürste), Streuen und Kennzeichnen der Teststrecken
- Ab 5.00 Uhr Befragung der Radfahrenden
- Später Vormittag/ Mittag: Abbau, abhängig von der Wetterlage und Streckefrequentierung



Alle Abbildungen ©Stadtreinigung Hamburg



# Sensibilisierung der Radfahrenden

Alle Abbildungen ©Stadtreinigung Hamburg

Im Winter 2021/22 wurde eine Öffentlichkeitskampagne durchgeführt, mit dem Ziel

- Radfahrende für sicheres Radfahren bei Schnee und Glätte zu sensibilisieren,
- über das Forschungsvorhaben E-WIN zu informieren,
- über die Winterdienststests im öffentlichen Raum zu informieren.

Microsite zum Forschungsvorhaben E-WIN unter dem Hashtag #hamburgtaut auf

[hamburgtaut auf — Hii <https://www.hiicce.de/hamburgtaut auf/CCE>](https://www.hiicce.de/hamburgtaut auf/CCE)

**Testen und gewinnen!**  
Machen Sie mit: Testen Sie mit Ihrem eigenen Rad bei Glätte und Schnee auf unseren zwei Teststrecken im Stadtgebiet und nehmen Sie an unserer Befragung vor Ort oder online teil.  
Mit ein bisschen Glück gewinnen Sie dabei sogar noch einen unserer 3 Gutscheine für Fahradservice und Fahrradzubehör!  
Unter allen Teilnehmenden verlosen wir 3 Gutscheine im Wert von je 100 Euro der SHIELS OUTDOOR COMPANY (S.O.C.)

**Was ist „E-WIN“?**  
Mit dem Projekt E-WIN (Effizienter Winterdienst auf Radverkehrsanlagen) trägt die Stadtreinigung Hamburg einem Forschungsvorhaben für effiziente und ökologisch sinnvolle Streumittel am Beispiel Hamburg. Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit dem Hamburg Institute for Innovation, Climate Protection and Circular Economy (Hiicce) durchgeführt und von der Technischen Universität Dresden begleitet. Ziel ist es, alternative Streumittel für Radwege zu finden, die den Radfahrenden ein hohes Maß an Sicherheit und eine Alternative zu dem bislang genutzten Kies bieten – ohne den Straßenbelag und Bewässern zu schaden. Denn das handelsübliche Streusalz hat für die Umwelt nachteilige negative Auswirkungen und darf in Hamburg auf Fuß- und Radwegen aus diesem Grund nicht verwendet werden.

**Das Ziel des Projekts ist daher:**

- die Verbesserung der Sicherheit auf Radwegen bei Schnee und Glätte,
- das Radfahren auch in den Wintermonaten zu fördern und attraktiver zu machen,
- die Entschärfung von Verkehrs- und Umweltverträglichkeit alternativer Streumittel sowie
- Erkenntnisse zu dokumentieren und anderen Städten oder Kommunen zur Verfügung zu stellen.

**Das Ziel des Projekts ist daher:**

- die Verbesserung der Sicherheit auf Radwegen bei Schnee und Glätte,
- das Radfahren auch in den Wintermonaten zu fördern und attraktiver zu machen,
- die Entschärfung von Verkehrs- und Umweltverträglichkeit alternativer Streumittel sowie
- Erkenntnisse zu dokumentieren und anderen Städten oder Kommunen zur Verfügung zu stellen.

**Das Ziel des Projekts ist daher:**

- die Verbesserung der Sicherheit auf Radwegen bei Schnee und Glätte,
- das Radfahren auch in den Wintermonaten zu fördern und attraktiver zu machen,
- die Entschärfung von Verkehrs- und Umweltverträglichkeit alternativer Streumittel sowie
- Erkenntnisse zu dokumentieren und anderen Städten oder Kommunen zur Verfügung zu stellen.

**Abstricht: Empfohlenes Mittel:**

- ZONE 1: Natriumchlorid
- ZONE 2: Kaliumacetat
- ZONE 3: Natriumformiat
- ZONE 4: Kalium-Magnesium-Acetat (CMA)

**Alternative Streumittel für sichere Radwege – auch im Winter!**  
#hamburgtaut auf



Fuhrparkplakate



Inflyer

**Radfahren im Winter? Aber sicher!**  
Wenn es draußen schneit und kalt ist, bleibt das Fahrrad oft steil wie ein Nadeln. Obwohl es weiterhin das gesündeste und umweltbewussteste Fortbewegungsmittel ist, wissen Sie, dass rutschige Radwege bei Schnee und Glätte einer der häufigsten Gründe dafür sind? Durch Prüfung von der Angst vor Rutschgefahr auf anderer Verkehrsteilnehmerinnen.

**Dafür gibt es doch „Streusalz“?**  
Richtig, aber Natriumchlorid greift die Bäume und Pflanzen so stark an, dass das herkömmliche Wegesalz keine theoretische oder tatsächliche Alternative auf Fuß- und Radwegen erlaubt. Denn je geringer der Abstand zu Bäumen und Sträuchern, desto größer sind die Schäden. Die eingetragene Alternative Kies führt jedoch bei vielen Radfahrerinnen zu einem Gefühl der Unsicherheit und die Befragung ist nach dem Winter sehr aufwendig.

**Hamburg erforscht die Alternativen!**  
2016 – 2022: Labortests zu Wirksamkeit und Umweltauswirkungen  
Winter 2020/21: Test der alternativen Streumittel auf Betriebsgeländen  
Winter 2021/22: Test im öffentlichen Raum, Befragung der Radfahrenden

**Drei alternative Stoffe machen jetzt den Praxisstest:**

Stoff	Bekannte Auswirkung
Kaliumacetat	Nicht schädlich für Pflanzen, potenzielle Bindung zum Kalium
Natriumformiat	Positive Einwirkung auf die Lebensfähigkeit der Bakterien im Boden
Kalium-Magnesium-Acetat (CMA)	Sehr positive Einwirkung auf die Pflanzen, keine direkte Schädigung von Pflanzen, Verbesserung der Bodenqualität

**Wie wird getestet?**  
Die Auswahl der Teststrecken erfolgt nach den Kriterien:  
• Straßennetz des Untergrundes  
• Ausreichende Auslastung der Strecken im Winter  
• Möglichkeit einer persönlichen Befragung vor Ort

**Wann wird getestet?**  
Bei einsetzenden Frost und Schneefall machen wir eine Prognose für ein mögliches Testtag. Ist diese für einen Test ausreichend, stellen wir Material und ein Team zusammen. Somit können wir weiter nicht fest vorsehen, wann die Teststrecken besetzt sein werden. Sollten Sie uns dort antreffen, freuen wir uns sehr über Ihre Teilnahme und Ihre Meinung.

**So testen wir:**  
An acht Uhr: Umsetzung der Strecke in vier Zonen: Auftragen der 3 alternativen Streumittel, sowie des Vergleichsstoffes Natriumchlorid („Streusalz“).  
Ab 7:30 Uhr: Befahren der Strecke durch Testpersonen und anschließende Befragung zu Sicherheit und Fahrgenüßlichkeit, sowie der Wahrnehmung des Winterdienstes in den Wintermonaten.  
Ab 9:30 Uhr: Abbau

**10 gute Tipps für das Radfahren – auch im Winter**

1. Achten Sie bei Frost Regen auf ein gutes, nicht abgefahrenes Profil.
2. Leichtes Absteigen des Radbikes kann die Bodenhaftung erhöhen.
3. Sorgen Sie für eine funktionierende Beleuchtung.
4. Einige Hersteller bieten spezielle Winterreifen für Fahrerinnen mit einer Spikes-Struktur.
5. Spikes sind für Fahrerinnen erlaubt. Sie verbessern auf Eis den Grip, haben aber einen höheren Rollwiderstand.
6. Passen Sie Ihre Geschwindigkeit an und vermeiden Sie das Bremsen oder Probieren (i) Karren „Aufgrund“ des Bremsens (i) sich nach vorne zu schiefen.
7. Bei E-Bikes ggf. die Bremsleistung reduzieren.
8. Fahren Sie vorsichtiger und mit Rückhalt auf andere Teilnehmer:innen denn: Sichelfeld möglicherweise durch Bremsen.
9. Halten Sie Abstand zu anderen Radfahrerinnen.
10. Bei nicht geräumtem Radweg darf auf die Fahrbahn ausweichen werden.

**Übrigens:** Beim Radfahren wird einem auch im Winter schneefrei gemacht, daher tragen Sie eine warme Kleidung wie im Frühling oder Herbst.  
Bei Frost an Handgelenke denken!

**hamburgtaut auf**  
#hamburgtaut auf

# Befragung der Radfahrenden nach Befahren der Teststrecken

Befragungsergebnisse:

*Insgesamt wurden 92 Personen befragt. Davon...*

- 24 auf dem Gelände der Hamburg Port Authority (HPA), 30 auf dem Werksgelände von Airbus und 38 an der Karolinenstraße in Hamburg.
- waren 76% (= 70 Personen) Männer; der Altersdurchschnitt lag bei 42,5 Jahren (SD = 10,5 Jahre).
- hatten 90% (= 83 Personen) einen Führerschein.
- fuhr der Großteil sehr viel Rad und wenig Kfz, siehe Abb.
- Wenn Befragte selten/nicht mit dem Rad fuhren, nutzten sie sowohl im Sommer (58,8%) als auch im Winter (64,7%) das Kfz, gefolgt vom ÖPNV (jeweils 35,3%); jeweils N = 17

## Häufigkeit der Radnutzung Gesamtstichprobe

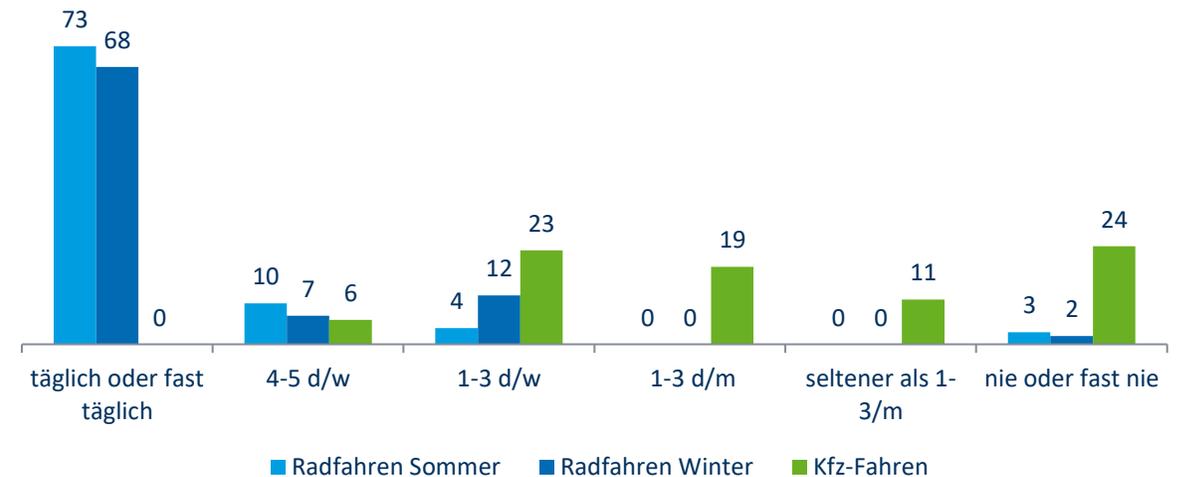


Abb.: Häufigkeit, mit der die Befragten der Gesamtstichprobe angaben, im Sommer/Winter Rad zu fahren und allgemein mit dem Kfz zu fahren, N variabel = 81 - 90.

# Befragung der Radfahrenden nach Befahren der Teststrecken

## Erkennbarkeit der Streustoffe

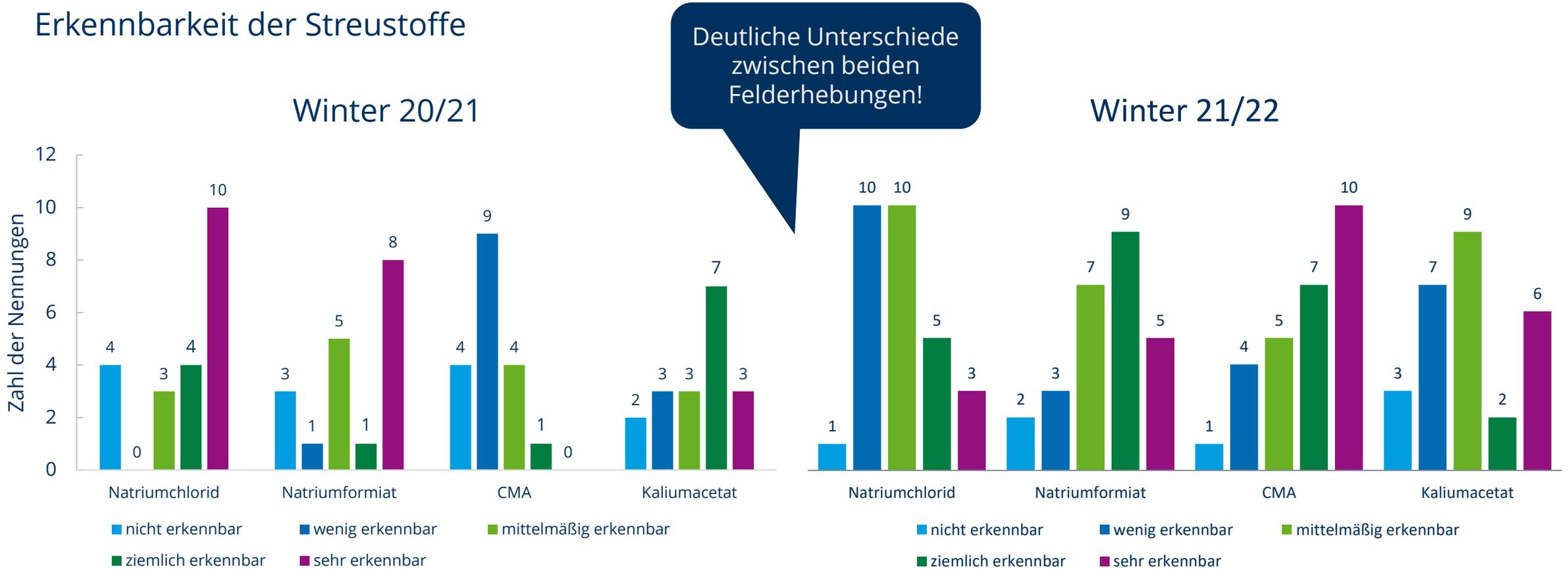
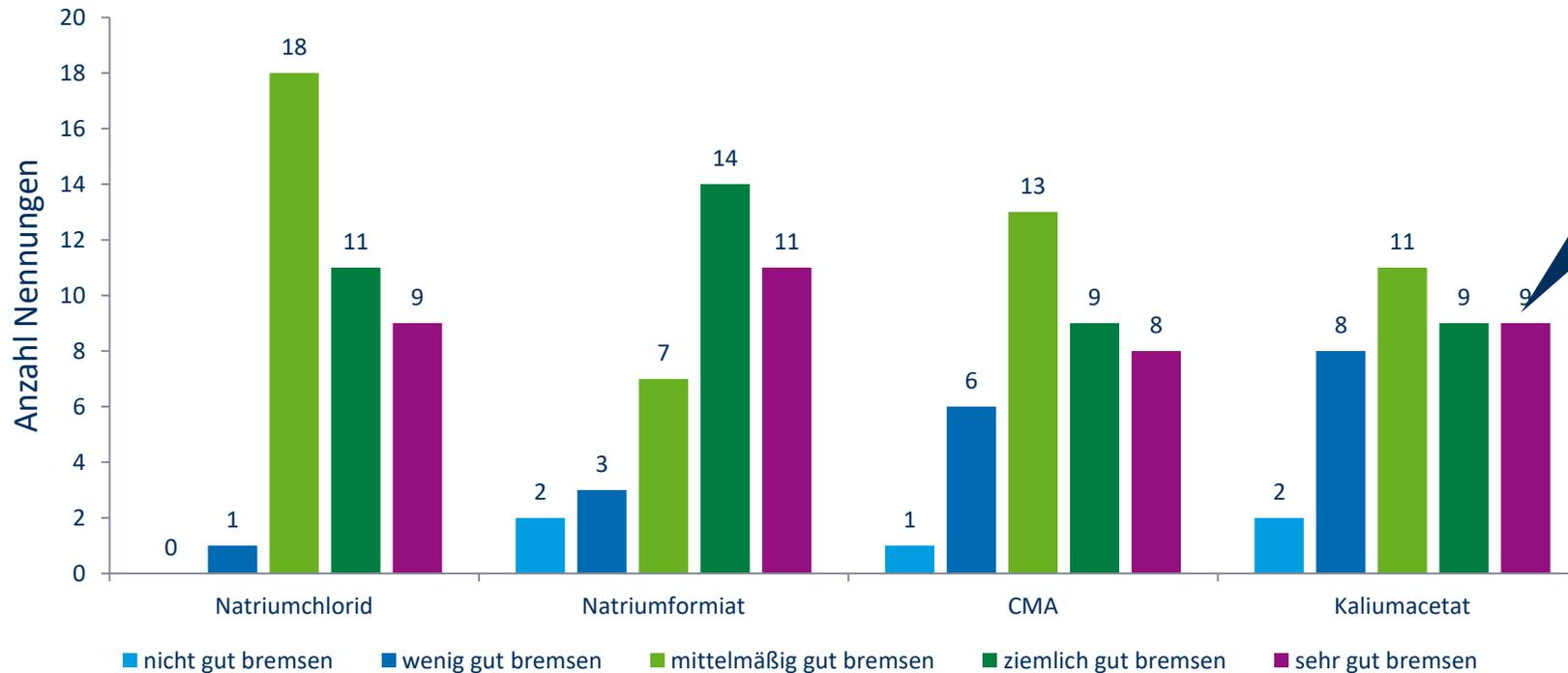


Abb.: Einschätzungen der Befragten, wie gut die Streustoffe erkennbar sind, nach Befragungsabschnitt, N Abschnitt 1 = 21, N Abschnitt 2-4 = 18. Im Winter 21/22 (N= 26-29)

# Befragung der Radfahrenden nach Befahren der Teststrecken

## Bremsbarkeit der Streustoffe

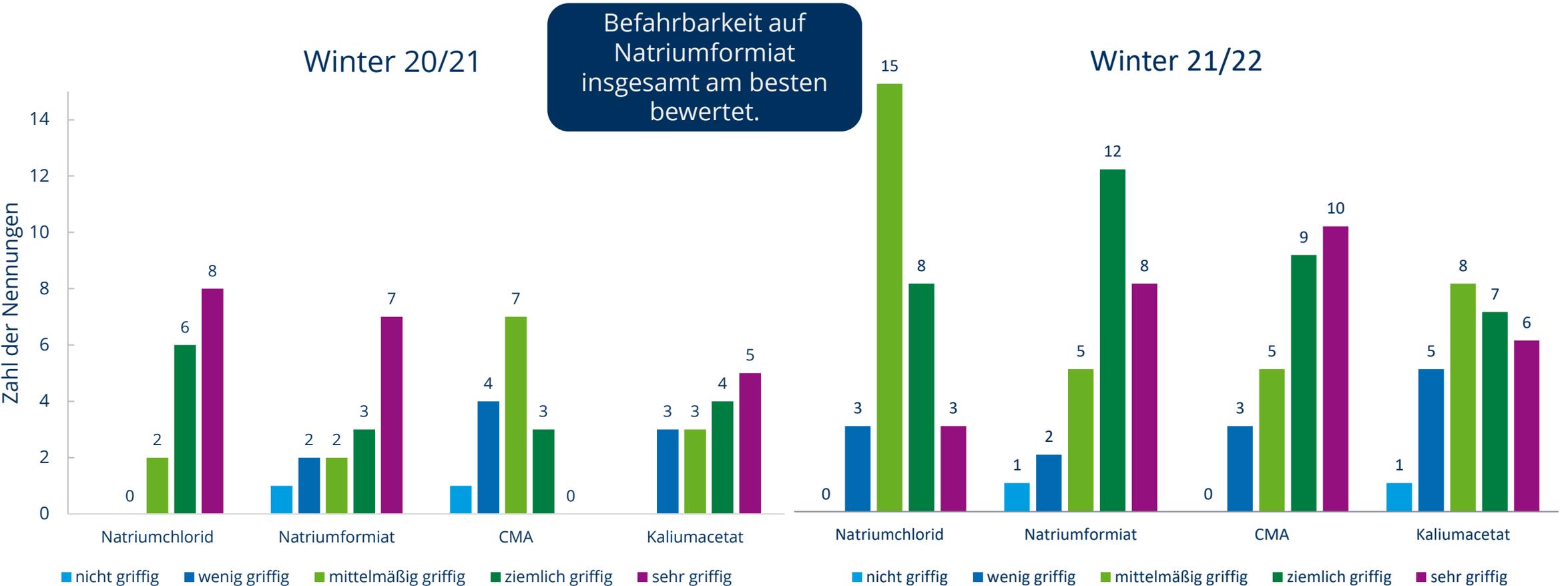
Gesamtstichprobe Winter 20/21 und Winter 21/22



Bremseigenschaften auf Natriumchlorid und Natriumformiat am besten. Unterschiede sind insgesamt jedoch gering.

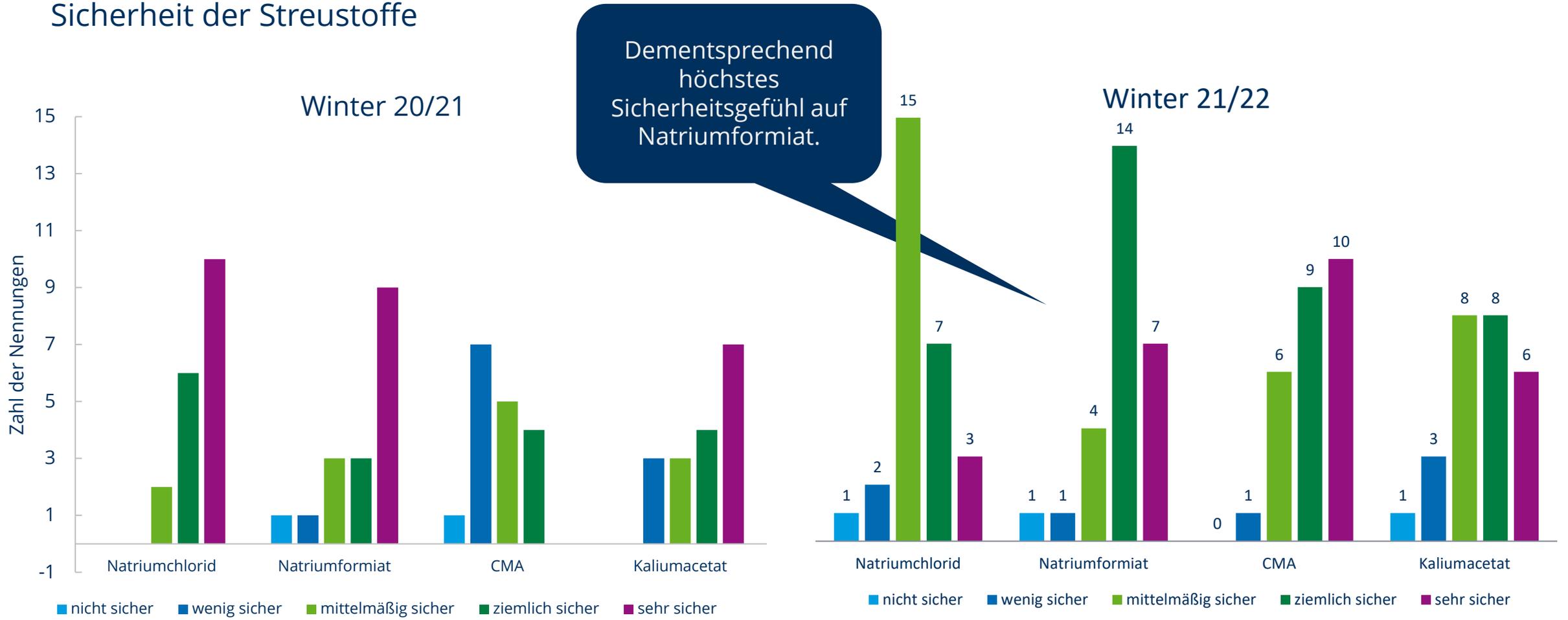
# Befragung der Radfahrenden nach Befahren der Teststrecken

## Griffigkeit der Streustoffe



# Befragung der Radfahrenden nach Befahren der Teststrecken

## Sicherheit der Streustoffe



# Befragung der Radfahrenden nach Befahren der Teststrecken

## Vergleich der Untersuchungsabschnitte

Deutliche Unterschiede zwischen beiden Felduntersuchungen!

## Gesamtstichprobe Winter 20/21 und Winter 21/22

Natriumformiat vor Natriumchlorid und Kaliumacetat.

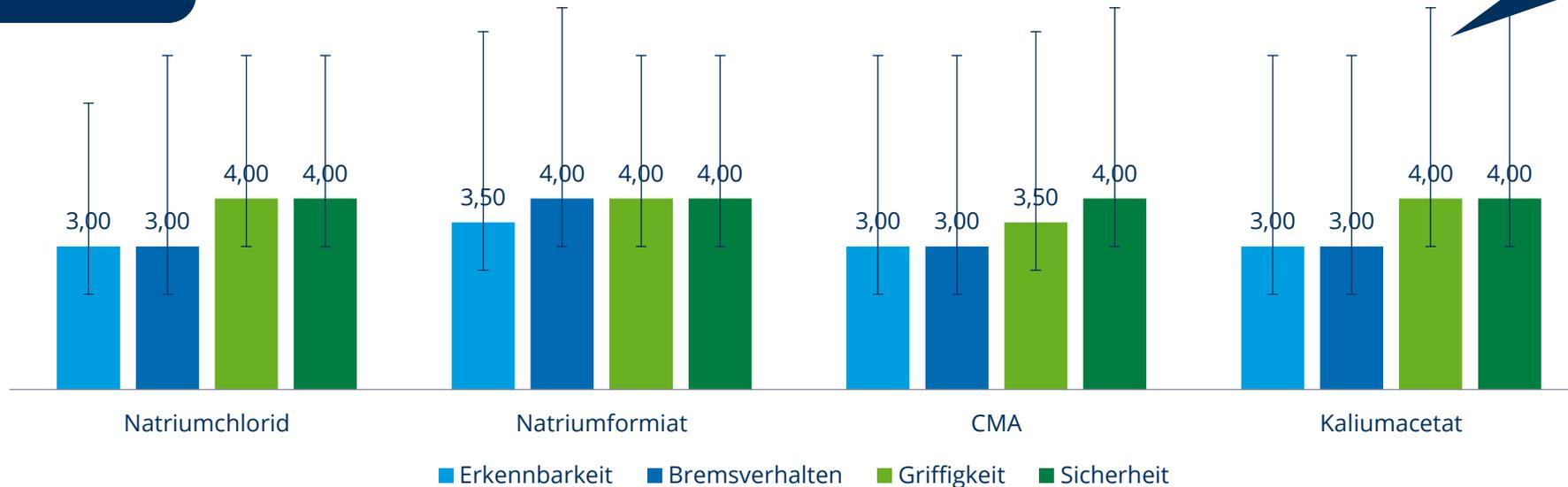


Abb.: Mittelwerte und Standardabweichungen der Einschätzungen der Befragten zu Erkennbarkeit, Bremsverhalten, Griffigkeit und Sicherheit nach Aufbringen der Streustoffe. Skala von 1 = *nicht gut erkennbar/gut zum Bremsen/griffig/sicher* bis 5 = *sehr gut erkennbar/gut zum Bremsen/griffig/sicher*. Erkennbarkeit: N Abschnitt 1 = 21, N Abschnitt 2-4 = 18. Bremsverhalten N Abschnitt 1 = 15, N Abschnitt 2-4 = 14. Griffigkeit N Abschnitt 1 = 16, N Abschnitt 2-4 = 15. Sicherheit N Abschnitt 1 = 18, N Abschnitt 2-4 = 17.

# Befragung der Radfahrenden nach Befahren der Teststrecken

## Wichtigste Merkmale der Streustoffe

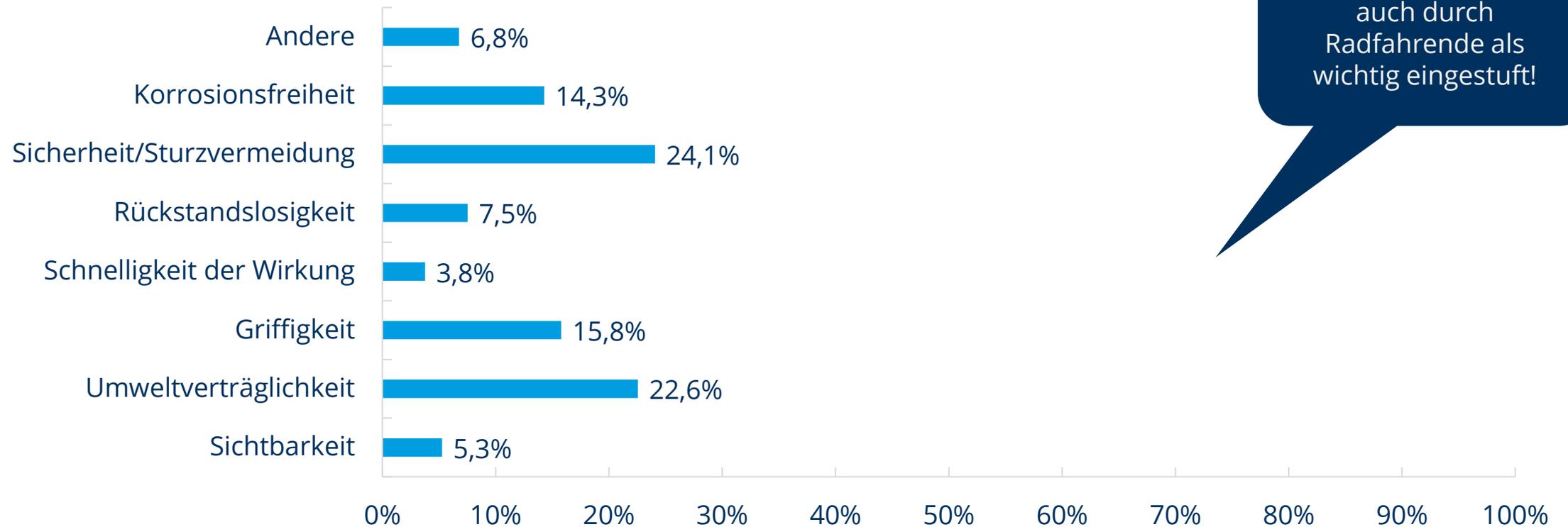


Abb. 8. Antworten auf die Frage „Was ist Ihnen bei einem Streustoff besonders wichtig? Nennen Sie bis zu drei Aspekte.“  
N = 54, 133 Nennungen.

## 7. Operative Aspekte des Einsatzes alternativer Streustoffe

# Operative Einschätzung der Praxistests in Hamburg

---

- Verbesserung der Situation für Radfahrende **wichtiges politisches und Unternehmensziel**. In der Umsetzung im Winterdiensteinsatz schwierig, weil es **nicht den idealen Streustoff** gibt, der allen Anforderungen genügt.
- Eine fundierte operative Einschätzung ist aus den folgenden Gründen nicht möglich
  - geringe Anzahl an Testtagen im öffentlichen Raum aufgrund der schlechten Wetterlage im Winter 2021/22,
  - fehleranfällige Pumpentechnik beim Versuchsaufbau (Streufahrzeuge),
  - Ausfällungen des CMA bei tiefen Temperaturen und dadurch aufwendigerer Streuvorgang (umrühren erforderlich),
  - Schwierigkeit bei kritischem Winterwetter Fahrer für die Tests abzustellen (Priorität Verkehrssicherungspflicht).
- Großes Interesse anderer Kommunen und Winterdienstleister an dem Forschungsvorhaben und den Tests.

## 8. Bewertung der Einsetzbarkeit der alternativen Streustoffe

# Bewertung Streumitteltest

- Von Ende Januar 2021 bis Mitte Februar 2021 gab es in Hamburg eine Kälteperiode mit 6 Winterdienstesätzen auf dem Betriebsgelände der Hamburg Port Authority und 7 Einsätzen auf dem Betriebsgelände von Airbus, in einem **Temperaturbereich von 0° bis -6°**, bei leichter Schneedecke, Schneematsch und leichter Eisbildung.
- Die drei alternativen Streustoffe haben sich gut bewährt und die **Fahrsituation für die Radfahrenden ließ sich durch den Streustoffeinsatz im Vergleich zu abstumpfenden Streumitteln deutlich verbessern.**

Praxistest im Winter 2020/21, beispielhafte Darstellung für **Natriumchlorid (Referenz)**



2. Februar: -2° bis -1°, klar



3. Februar: 0°, Regen, kalter Wind

Praxistest im Winter 2020/21, beispielhafte Darstellung für **Kaliumacetat**



2. Februar (Airbus), -2° bis -1°, klar



3. Februar (Airbus), 0°, Regen, kalter Wind

# Bewertung Streumitteltest

- Über  $-2^{\circ}$ : Ähnlich wie Laborergebnis wirkte Natriumchlorid am schnellsten. Natriumformiat und Kaliumacetat folgten danach. CMA wirkte deutlich schlechter.
- Vergleich nach 1 h: unterschiedliche Tauwirkung zwischen Stoffen : Natriumchlorid > Natriumformiat > Kaliumacetat > CMA
- Bei  $-6^{\circ}$ : nur geringfügige Tauwirkung sichtbar (unter den angewandten Streustoffmengen und ohne präventives Ausbringen der Streustoffe).
- Tauwirkung der alternativen Streustoffe bei Eisbildung gering.
- Gemäß Laborergebnis ist zu erwarten, dass Natriumformiat und Kaliumacetat bei tieferen Temperaturen ( $< -6^{\circ}\text{C}$ ) leicht effektiver sind als Natriumchlorid.

Praxistest im Winter 2020/21, beispielhafte Darstellung für **Natriumformiat**



2. Februar (Airbus),  $-2^{\circ}$  bis  $-1^{\circ}$ , klar



3. Februar (Airbus),  $0^{\circ}$ , Regen, kalter Wind

Praxistest im Winter 2020/21, beispielhafte Darstellung für **CMA**



2. Februar (Airbus),  $-2^{\circ}$  bis  $-1^{\circ}$ , klar



3. Februar (Airbus),  $0^{\circ}$ , Regen, kalter Wind

# Operative Bewertung Streumitteltest

- Neben der Umweltwirkung der Streustoffe auf die Böden wird deren Wirkung auf stehende Gewässer ausschlaggebend für eine **potentielle Genehmigung in Hamburg** sein (das war bei Projektkonzeption nicht absehbar und eine diesbzgl. Untersuchung daher nicht Bestandteil des Forschungsvorhabens E-WIN).
- Für eine **Ausweitung der Tests auf einen betrieblich relevanten Maßstab** wäre es wichtig, die Planung der Winterdienstesätze in die „normale“ Winterdienstzentrale und betrieblichen Abläufe zu integrieren.
- Zum Ausbringen von Flüssigstreustoffen ist neue **standardisierte Fahrzeugtechnik** erforderlich. Der Versuchsaufbau hat keine Feinjustierung der Ausbringkonzentration und damit auch kein präventives Streuen ermöglicht. Die einzusetzenden Fahrzeuge benötigen einen ausreichend großen Tank, der die Behandlung möglichst langer Strecken ermöglicht und die Anzahl des Nachtankens möglichst gering hält. Gleichzeitig darf das Gesamtgewicht der Fahrzeuge nicht das für Radwege zugelassene Gesamtgewicht übersteigen.
- Für die Beschaffung der neuen Fahrzeugtechnik und die teureren alternativen Streustoffe sind **zusätzliche Finanzmittel für den Winterdienst auf Radwegen** erforderlich.

# Ausblick

- Ein Fazit ist zum jetzigen Zeitpunkt schwer zu ziehen, aufgrund der relativ geringen Erhebungsumfänge. Bisher deuten die Ergebnisse auf einen **Zielkonflikt zwischen lokaler und globaler Schadwirkung** hin.
- Keines der getesteten Taumittel war frei von negativen Wirkungen auf Böden. Die globalen Umweltwirkungen waren insgesamt allerdings deutlich negativer als für den Referenzstoff Natriumchlorid. Hierbei ist einschränkend zu beachten, dass oftmals keine expliziten Herstellerangaben vorlagen. Wahrscheinlich ist zudem eine **Kostensteigerung** gegenüber NaCl und Kies – die Preise für die Beschaffung von Kleinmengen der alternativen Streumittel deuten jedenfalls in diese Richtung.
- Weiterer Untersuchungsbedarf besteht aktuell zu den Auswirkungen der alternativen Streustoffe auf stehende Gewässer. Dies wurde durch die Stadt Hamburg im Rahmen der **Genehmigungsfähigkeit** explizit gefordert, war allerdings nicht Bestandteil des vorliegenden Projekts.
- Um die bestehenden Ergebnisse zu erhärten, ist eine **Ausweitung der Tests auf den betrieblichen Maßstab** sinnvoll. Dabei ist eine Fokussierung auf ein bis zwei alternative Streustoffe (Natriumformiat und/ oder Kaliumacetat), ggf. unter Berücksichtigung des Einsatzes eines Gemisches aus Flüssig- und Feststoffen ähnlich dem Feuchtsalz (siehe Versuche in Lübeck) anzuraten. Vorgeschlagen wird der Einsatz von **standardisierter Technik** zur Feinjustierung der ausgebrachten Streustoffkonzentrationen.
- Des Weiteren ist eine **Ausweitung der Tests auf weitere Kommunen** angeraten. Insbesondere aufgrund anderer Wetterlage/Schneestabilität in Verbindung mit einer deutlichen Erhöhung der Analysetage kann so die Übertragbarkeit der Ergebnisse sichergestellt werden. Ergänzend zu den Nutzerbefragungen im Rahmen der Feldtests erscheinen zudem Griffigkeitsmessungen der einzelnen alternativen Taustoffe als sinnvoll.

# Informationsfilm zum Forschungsvorhaben E-WIN

Weitere Informationen zum Forschungsvorhaben finden sie in dem Informationsfilm zum Projekt:



[HAMBURG TAUT AUF – Forschungsprojekt E-WIN: Für sicheres Radfahren im Winter - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=sFaXWC4Q0xc&t=8sRadfahren%20im%20Winter)

# Kontaktinformationen

## TU Dresden

Dr.-Ing. Sven Lißner  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Professur für Verkehrsökologie  
[sven.lissner@tu-dresden.de](mailto:sven.lissner@tu-dresden.de)

## Stadtreinigung Hamburg/ HiiCCE

Britta Peters  
Senior Advisor  
[britta.peters@hiicce.hamburg](mailto:britta.peters@hiicce.hamburg)



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das Projekt wurde im Rahmen  
des Nationalen Radverkehrsplans  
2020 durch das Bundesministerium  
für Digitales und Verkehr (BMDV)  
gefördert.