

CMA+

Bedienungshandbuch 1.1

zur Reduktion der Feinstaubbelastung durch
die Anwendung von flüssigem „Feinstaubkleber“
(Calcium-Magnesium-Acetat)



An diesem Handbuch haben mitgewirkt:

Wolfgang Hafner, Erich Staudegger, Gudrun Treffer (Magistrat Klagenfurt, Abt. Umweltschutz, Österreich)

Oskar Januschke, Michael Moritz, Martin Preßlauer (Stadtgemeinde Lienz, Österreich)

Alexander Steiner, Michael Niedermair (Stadtpolizei Bruneck, Italien)

Johann Koban, (Magistrat Klagenfurt, Abt. Kommunale Dienste, Österreich)

Gerhard Bachler (IVT, Technische Universität Graz)

Tina Klarskov (Nordsik Aluminat, Dänemark)

Mats Gustafsson (VTI, Schweden)

Joachim Wittstock (R.A.W. Handel und Beratungs GmbH, Deutschland)

Layout: Sigrid Bostjancic, boss GRAFIK, Klagenfurt

Druck: Satz- & Druckteam GesmbH, Klagenfurt

Fotos: aus den Archiven der Projektpartner

Impressum und Copyright

Magistrat der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee

Abteilung Umweltschutz

Bahnhofstraße 35/II

9020 Klagenfurt am Wörthersee

Austria

umweltschutz@klagenfurt.at

www.klagenfurt.at

www.life-cma.at

Klagenfurt, September 2012

Einleitung	4
Feinstaub (PM ₁₀) – Belastung, Quellen, Gesundheitseffekte, Gesetzlicher Hintergrund, Minderungsstrategien ...	5
Einflüsse von Straßenreinigung und Winterdienst auf PM ₁₀	7
Eigenschaften von flüssigem CMA und CMA:KF-Mischungen	9
Auswirkungen von CMA auf die Umwelt	10
Anwendung von CMA zur Feinstaubbindung in der Winterperiode	11
CMA als Auftaumittel	13
CMA zur Staubbindung auf unbefestigten Straßen und Baustellen	14
Luftgütemessungen zur Evaluierung der Wirkung von CMA	16
Einflüsse von CMA auf das Reibungsverhalten und die Verkehrssicherheit	18
Restmengenbestimmung	20
Ausrüstung für CMA-Nutzer	21
Kostenkalkulation	23
Fallbeispiele	24
Zusammenfassung und Empfehlungen	25
Literaturverzeichnis	26
Anhang	28

Das vorliegende Bedienungshandbuch (Version 1.1) stellt für Gemeinden eine serienreife Methodik zur deutlichen Verringerung (bis zu 30 % bezogen auf einen Tagesmittelwert) der Feinstaubbelastung an stark befahrenen Straßen dar. Es basiert auf den Ergebnissen des EU-Projektes CMA+ und ist als ein Leitfaden für Anwender mit ausschließlich empfohlenem Charakter zu verstehen.

Das CMA+ -Projekt wurde vom Förderprogramm LIFE+ gefördert und erstreckte sich über einen Projektzeitraum von 4 Jahren (2009-2012). Ziel des EU-Projektes war es, die Anwendung von CMA (Calcium-Magnesium-Acetat) als „Feinstaubkleber“ im Winter und Sommer in Klagenfurt am Wörthersee und in den Projektpartnerstädten Bruneck und Lienz zu optimieren, demonstrieren und evaluieren. Dabei wurden neben Fragen bzgl. Aufbringungsmenge, Zeitpunkt und Häufigkeit auch jene der Verkehrssicherheit untersucht. Zur Klärung der Verkehrssicherheit wurden der Österreichische Automobil-, Motorrad- und Touring-Club (ÖAMTC) sowie das Kuratorium für Verkehrssicherheit (KfV) als auch die Technische Universität Wien (Institut für Verkehrswissenschaften) mit Messungen beauftragt. Wissenschaftliche Luftgüteuntersuchungen wurden von der Technischen Universität Graz (Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik) durchgeführt. Das schwedische Straßenforschungsinstitut VTI machte Tests im Roadsimulator. CMA sowie das im Zuge des Projektes entwickelte verbesserte Produkt CMA:KF (eine Mischung aus CMA mit Kaliumformiat/KF), werden vom Projektpartner aus Dänemark, der Firma Nordisk Aluminat produziert.

Rechtliche Haftungsfragen, die bei der Anwendung von CMA bzw. Mischungen von CMA mit KF auftreten könnten, sind seitens des Käufers bzw. Anwenders mit dem Hersteller dieser Produkte abzuklären.

Ergeben sich bei den weiteren Anwendungen neue Erkenntnisse, wird das Handbuch aktualisiert und ergänzt.

Abkürzungsverzeichnis

NO _x	Stickstoffoxide
PM ₁₀	Particulate Matter, Feinstaub; jene Teilchen, deren Durchmesser weniger als 10 Mikrometer (10 µm = 0,01 mm) betragen
CMA	Calcium-Magnesium-Acetat
FSZ	Fahrsicherheitszentrum
KfV	Kuratorium für Verkehrssicherheit
KF	Kaliumformiat
LCA	Life Cycle Assessment (Lebenszyklus Analyse)
CBA	Cost Benefit Analysis (Kosten-Nutzen-Analyse)
IBC	Intermediate Bulk Container
WDS	Wet Dust Sampler
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr

Belastung, Quellen, Gesundheitseffekte, Gesetzlicher Hintergrund, Minderungsstrategien

Staub (PM, particulate matter) ist ein komplexes Gemisch aus festen und flüssigen Teilchen. Diese unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Größe, Form, Farbe, chemischen Zusammensetzung, physikalischen Eigenschaften und ihrer Herkunft bzw. Entstehung. Grundsätzlich wird zwischen primären und sekundären Partikeln unterschieden. Erstere werden als primäre Emissionen direkt in die Atmosphäre abgegeben, letztere entstehen durch luftchemische Prozesse aus gasförmig emittierten Vorläufersubstanzen (z.B. Ammoniak, Schwefeldioxid, Stickstoffoxide).

Die als PM₁₀ bezeichnete Staubfraktion enthält Teilchen mit einem Durchmesser kleiner 10 µm. Partikel dieser Größe können über den Kehlkopf hinaus bis tief in die Lunge gelangen. Sie sind daher besonders gesundheitsschädlich. Sie sind maximal so groß wie Zellen und können mit freiem Auge nicht gesehen werden. Der gut sichtbare Staub, der bei Baustellen oder durch Streusplitt entsteht, besteht zum Großteil aus Grobstaub.

PM_{2,5} ist eine Teilmenge von PM₁₀ und umfasst Teilchen mit einem Durchmesser kleiner 2,5 µm.

Feinstaub kann sowohl aus natürlichen Quellen stammen als auch menschlichen Ursprungs sein. Hauptverursacher der natürlichen Staubbelastung sind Pollen, Vulkane, Seesalz, Waldbrände, Verwehungen von (Wüsten-)Staub und Erosion. Als anthropogene Quellen kommen insbesondere Hausbrand (Einzelöfen, Holzheizungen und offene Kamine), Industrie, Fernheiz-(kraft-)werke, Landwirtschaft, Schüttgutumschlag, Straßenverkehr (Abrieb von Reifen, Bremsen, Asphalt, Auspuff-Abgase wie Dieselruß) sowie Bahn- u. Flugverkehr in Frage.

Zahlreiche Studien haben in den letzten Jahren einen Zusammenhang zwischen der Belastung durch Feinstaub und gesundheitlichen Auswirkungen gezeigt. Diese Auswirkungen reichen von vorübergehenden Beeinträchtigungen der Lungenfunktion bis zu zurechenbaren Todesfällen, vor allem aufgrund von Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Nach einer aktuellen Einschätzung der Weltgesundheitsorganisation (WHO) [1] gehört die Außenluftbelastung zu jenen Umwelteinflüssen, die die größten gesundheitlichen Auswirkungen in westlichen Industrieländern verursachen. Es gibt für PM₁₀ keinen Schwellenwert. Die WHO (2005) empfiehlt **20 µg/m³ als Jahresmittelwert** und **50 µg/m³ als Tagesmittelwert** (max. 3 Überschreitungstage).

Zum Schutz der Gesundheit wurden in Europa Immissionsgrenzwerte für Schadstoffe eingeführt. Mit der Tochterrichtlinie 1999/30/EG vom 22. April 1999 zur Luftqualitätsrichtlinie wurden erstmals Grenzwerte für Feinstaub festgelegt. Derzeit gilt in der EU die Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa (Luftqualitätsrichtlinie).

Grenzwerte für PM₁₀ und PM_{2,5}

PM ₁₀	50 µg/m ³	Tagesmittelwert; pro Kalenderjahr ist die folgende Zahl von Überschreitungen zulässig: 35
PM ₁₀	40 µg/m ³	Jahresmittelwert
PM _{2,5}	25 µg/m ³	Jahresmittelwert, gültig ab 1.1.2015
PM _{2,5}	20 µg/m ³	AEI (Average Exposure Indicator), gleitender 3-Jahresmittelwert als Durchschnittswert von städtischen Hintergrundmesstationen, gültig ab 31.12.2015 mit weiteren Reduktionsverpflichtungen

Können natürliche Emissionsbeiträge zu Luftschadstoffen mit hinreichender Sicherheit nachgewiesen werden und sind Überschreitungen ganz oder teilweise auf diese natürlichen Emissionsbeiträge zurückzuführen, können diese bei der Beurteilung der Einhaltung der Luftqualitätsgrenzwerte unberücksichtigt bleiben. Dies gilt auch für die Ausbringung von Streusand oder -salz auf Straßen, sofern sinnvolle Maßnahmen zur Senkung der Konzentrationen getroffen wurden. [22]

Bei Grenzwertüberschreitung ist ein Luftreinhalte- oder Aktionsplan aufzustellen. Darin werden in den einzelnen europäischen Ländern unterschiedliche Strategien verfolgt. [21]

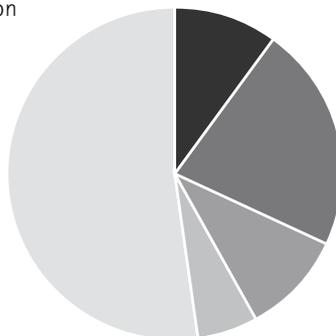
An verkehrsnahen Messstationen in Ballungsgebieten ist der Straßenverkehr zumeist der Hauptverursacher der PM_{10} -Belastung, wobei die Wiederaufwirbelung von Straßenstaub den größten Anteil ausmacht.

Als Minderungsmaßnahmen der PM_{10} -Belastung aus dem Sektor Straßenverkehr kommt die Reduktion der Schadstoff-Emissionen in Frage (Elektromobilität, Umrüstung der Kraftfahrzeuge auf Euro 5 oder 6, Einrichtung von Umweltzonen, temporäre und/oder sektorale Fahrverbote, City-Maut, Parkraumbewirtschaftung, Ausbau und Förderung des öffentlichen Nahverkehrs, Geschwindigkeitsreduktionen).

Der Straßenerhalter kann lokal ebenfalls im Rahmen des Sommer- bzw. Winterdienstes mittels Straßenreinigung (Kehrmaschinen zur Feinstaubrückhaltung, Nassreinigung der Straßen) sowie mittels Aufbringung des flüssigen Feinstaubklebers CMA oder von CMA:KF Mischungen effektive Maßnahmen setzen, um die Aufwirbelung von Straßenstaub im innerstädtischen Bereich zu reduzieren.

Abb. 1 Verursacheranteile von PM_{10} an der Messstation Völkermarkterstraße in Klagenfurt (23.000 DTV) Jahresmittelwert 2005.

10% Verkehr-Abgas
22% Verkehr-Abrieb und Wiederaufwirbelung
10% Hausbrand
6% Industrie
0% Landwirtschaft
52% Hintergrund



von Straßenreinigung und Winterdienst auf PM₁₀

Straßenreinigung

Die Aufwirbelung von Straßenstaub trägt in vielen Verkehrsbereichen wesentlich zur gemessenen PM₁₀-Konzentration bei. Insbesondere in den Nordischen Ländern führen der Verschleiß von Spike-Reifen, die Splittstreuung und die Verwendung von Streusalz im Winter zu hohen Anteilen an Straßenstaub. Die Straßenreinigung kann eine geeignete Gegenmaßnahme zur Verminderung der Aufwirbelung von Straßenstaub darstellen.



Abb. 2 Straßenreinigung in Schweden



Abb. 3 Straßenreinigung in Schweden

Gemäß einer Zusammenfassung von Amato et al. (2010) [2] sind wissenschaftliche Studien in diese Richtung eher rar und zeigten bisher enttäuschende Ergebnisse bzgl. der Reduktion von PM₁₀-Emissionen. Es scheint die Straßenreinigung mittels herkömmlicher Kehrmaschinen ineffektiv zu sein, um PM₁₀ in Summe zu reduzieren, wobei einige Kehrmaschinen sogar die lokale PM₁₀-Konzentration erhöhen. In einigen wenigen Studien konnten zwar positive Effekte festgestellt, aber der Einfluss meteorologischer Effekte auf die Resultate letztlich nicht eindeutig ausgeschlossen werden.

Eine aktuelle Studie in Schweden zeigte hingegen, dass moderne Kehrmaschinen durchaus den lokalen Beitrag an PM₁₀-Konzentrationen um bis zu 20% reduzieren können, wenn auch der Effekt auf das Gesamt-PM₁₀ eher gering ausfiel (Gustafsson et al., 2011) [4]

Winterdienst

In Gebieten, wo im Winter-Temperaturen unter 0°C vorherrschen, sind Winterdienste dafür verantwortlich, die Oberflächenreibung der Straßen dahingehend zu erhalten, dass diese befahrbar bleiben. Die am meisten angewandten Methoden stellen die Applikation von Streusalz (Natriumchlorid) in fester oder wässriger Form bzw. als Feuchtsalz sowie von Splitt (Sand) dar.

Splitt kann bereits sehr feine Staubanteile beinhalten, wenn er auf die Straße aufgebracht und in weiterer Folge vom Verkehr weiter zerkleinert wird. Es konnte gezeigt werden, dass Splitt im Labor zu hohen PM₁₀-Anteilen beiträgt und somit eine wichtige Feinstaubquelle darstellt. Der Beitrag zum PM₁₀ ist wahrscheinlich hoch, wenn auch nur kurzfristig,

zumal der Verkehr den Splitt rasch mit den Reifen abtransportiert. Kupiainen (2007) [5] zeigte, dass die Größenverteilung und Materialeigenschaft von Splitt wichtig für die PM_{10} -Emission ist. Er entdeckte ebenfalls den sogenannten „Sandpapier-Effekt“, was bedeutet, dass Splitt unter Einfluss des Straßenverkehrs den Straßenabrieb erhöht und somit mehr zur PM_{10} -Emission beiträgt. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde etwa in Helsinki Splitt vor dessen Anwendung durch Siebung oder Waschung von Feinstanteilen getrennt sowie generell härteres, abriebresistenteres Felsmaterial verwendet.

Generell sollte aber Splitt wenn überhaupt nur im untergeordneten Straßennetz Verwendung finden.

Es konnte auch gezeigt werden, dass Streusalz zum PM_{10} beiträgt (z.B. Furujsjö et al., 2007)[3] und somit eine wichtige Quelle für PM_{10} im Winter in der Umgebung von Straßen sein könnte.

Nach der Luftqualitätsrichtlinie können PM_{10} -Belastungen, die auf die Anwendung von Streusalz oder Splitt zurückzuführen sind, von der Jahresbelastung nachträglich abgezogen werden [22]. Nach bisherigen Analysen von Feinstaubfilterproben können in Klagenfurt bis zu 8 Überschreitungstage pro Jahr auf erhöhte NaCl-Konzentrationen zurückgeführt werden.



Abb. 4 Salzkristalle auf Straßenasphalt

von flüssigem CMA und CMA:KF-Mischungen

CMA ist unter dem Namen ICE & DUST-AWAY auf dem Markt erhältlich und besteht aus einer wässrigen Lösung aus 25 Gewichts-% Calcium-Magnesium-Acetat. Es wird verfahrenstechnisch produziert, indem man Essigsäure mit Branntkalk und Magnesiumoxid reagieren lässt. ICE & DUST-AWAY wird ohne Zusatz von Additiven oder Inhibitoren hergestellt.

Eine Mischung von CMA mit Kaliumformiat (KF, hergestellt aus Ameisensäure und Kaliumhydroxid) ist unter dem Namen ICE & DUST-AWAY PLUS 50 auf dem Markt. Dieses Produkt (50 Gew-% CMA und 50 Gew-% KF) hat einen niedrigeren Gefrierpunkt und eine bessere Schmelzkapazität als CMA (siehe Abb. 31). Im Roadsimulator ist der Staubbinde-Effekt und Wirkungsdauer ebenfalls besser (siehe Abb. 22). Fahrversuche sowie Reibungstests seitens des ÖAMTC zeigten vergleichbare bis leicht bessere Ergebnisse für ICE & DUST-AWAY PLUS 50 als für ICE & DUST-AWAY. ICE & DUST-AWAY PLUS 50 ist allerdings um einiges (1,8 mal) teurer als ICE & DUST-AWAY.

Die Produkte können leicht mittels Sprühdüse oder Streugerät appliziert werden. Die Handhabung beider Produkte, die auch bei längerer Lagerung völlig stabil bleiben, ist einfach.

Die Produkte werden zur Staubbindung auf Straßen und als Enteisungsmittel auf Straßen, Gehwegen und in Fußgängerzonen verwendet.

Die Produkte sind zur Anwendung in der Nähe von Grünanlagen gut geeignet, weil es keine schädlichen Effekte auf Pflanzen hat. Die Produkte sind auch für den Fußgängerbereich gut geeignet, um Korrosionen und Salzirritationen von Tierpfoten zu vermeiden.

Klassifikation

Das Produkt ist nicht klassifiziert.

Erste Hilfe

Im Falle eines Kontaktes mit Augen, sofort mit viel Leitungswasser spülen und medizinische Beratung aufsuchen.

Hersteller/Vertrieb

Nordisk Aluminat A/S
Stejlhøj 16, DK-4400 Kalundborg
E-mail: tko@aluminat.dk (Frau Klarskov)

Produkteigenschaften

	ICE & DUST-AWAY	ICE & DUST-AWAY PLUS 50
Dichte bei 20 °C	1.14 g/cm ³	1.22 g/cm ³
Viskosität bei +5/0/-5/-10/-15 °C	32/37/44/53/- cP	-/28/32/36/43 cP
pH	8.8 ± 0,5	9.0 ± 0,5
Gefrierpunkt	-14 °C	-23 °C
Gesamtchloridgehalt	< 0.01 Gew.%	
Aussehen	transparente Flüssigkeit	transparente Flüssigkeit

Auswirkungen

von CMA auf die Umwelt

Als Enteisungsmittel besitzt ICE & DUST-AWAY das nordische Umweltzeichen „Der Schwan“. Ein KF-hältiges Produkt hat auch das nordische ECO-Label. Die Umwelt-Schwellenwerte für das ECO-Kennzeichen sind unten angeführt. ICE & DUST-AWAY PLUS 50 wurde noch nicht getestet.

Umwelt-Schwellenwerte für das ECO-Kennzeichen

Parameter	Schwellenwerte	ICE & DUST-AWAY
Chloridgehalt (Cl ⁻)	1,0 Gew.-%	0,006 Gew.-%
Biologische Abbaubarkeit	Mind. 70 % in 28 Tagen (OECD 301 A)	70 % wurde in 3 Tagen abgebaut
Sauerstoffverbrauch	5 g O ₂ /m ²	1,2 g O ₂ /m ²
Ökotoxizität (zwischen 1-100 mg/l muss die Substanz leicht abbaubar sein)		
Fisch	LC50 > 1 mg/l	LD50 > 11,4 g/l
Daphnien	EC50 > 1 mg/l	EC50 > 1,8 g/l
Algen	LC50 > 1 mg/l	EC50 = 13 g/l
Nährstoffe, total-Stickstoff	1 Gew.-%	0,00008 Gew.-%
Nährstoffe, total-Phosphor	1 Gew.-%	0,002 Gew.-%
Schwermetalle		
Arsen(As)	10 mg/kg Trockensubstanz (TS)	7,5 mg/kg TS
Kadmium (Cd)	0,8 mg/kg TS	0,1 mg/kg TS
Quecksilber (Hg)	0,8 mg/kg TS	0,6 mg/kg TS
Nickel (Ni)	30 mg/kg TS	10 mg/kg TS
Blei (Pb)	40 mg/kg TS	16 mg/kg TS
Zink (Zn)	30 mg/kg TS	9,3 mg/kg TS
Chrom (Cr)	40 mg/kg TS	9,1 mg/kg TS
Kupfer (Copper)	40 mg/kg TS	8,9 mg/kg TS

Test durchgeführt von Eurofins, Dänemark für Nordisk Aluminat A/S

Materialintensität und globales Erwärmungspotenzial (GWP) von CMA im Vergleich mit Kaliumformiat (KF) und Streusalz (Natriumchlorid)

	CMA 20g/m ²	CMA 20g/m ² 1x in 4 Tagen	KF 20g/m ²	Salzsole 20g/m ²	Streusalz 20g/m ²
Abiotisches Material [g/m ²]	15,3	3,8	70,8	25,0	27,2
Luft [g/m ²]	4,6	1,2	39,6	1,6	2,5
Wasser [g/m ²]	385	96	3,978	162	356
GWP [g CO ₂ Äquiv./m ²]	5,77	1,35	25,73	0,46	0,58

Studie durchgeführt vom Wuppertal Institut, Deutschland, im Rahmen des Life CMA+ Projektes

von CMA zur Feinstaubbindung in der Winterperiode

Die Ausbringung von CMA auf asphaltierten Straßen im Winterhalbjahr (Oktober-April) basiert auf einem dynamisiert ausgerichteten Winterdienst.

Folgende Punkte sind zu beachten:

- Durch die Anwendung kann die Straßenoberfläche feucht werden, wo ansonsten eine trockene Fahrbahn zu erwarten ist. Es sollten keine Straßenabschnitte mit minderer Griffigkeit bzw. mit hohem Verschleiß oder Spurrillen behandelt werden. Griptester-Untersuchungen zur Ermittlung der Griffigkeit im Straßennetz vor Anwendungsbeginn werden daher empfohlen.
 - Rechtzeitig vor Anwendungsbeginn sind die behandelten Streckenbereiche oder -gebiete zu beschildern (Beispiele für Beschilderung siehe Abb. 11, 12, 29 und 30), die Bevölkerung ist durch Öffentlichkeitsarbeit zu informieren.
 - Die Anwendung ist witterungsabhängig und sollte nur unter folgenden Bedingungen durchgeführt werden: trockene Witterungsverhältnisse, Luftfeuchtigkeit unter 80 %, keine Niederschläge zu erwarten, Feinstaubbelastung mit steigender Tendenz, Grenzwertüberschreitungen ($> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sind bereits gegeben oder zu erwarten.
 - Eine Entscheidung zur Aufbringung sollte durch ein Expertenteam (Luftgüte, Meteorologe, Winterdienst) tagesaktuell getroffen werden. Ein täglich aktualisiertes Planungs- und Prognosemodell dient als Entscheidungsgrundlage für den Winterdiensteinsatz (Prognose- und Interpretationsmodell Lienz siehe Abb. 19 im Anhang).
 - Die Dosierung einer einmaligen Behandlung sollte
- aus Gründen der Verkehrssicherheit nicht mehr als $10\text{g}/\text{m}^2$ betragen. Kreuzungsbereiche, Fußgängerübergänge, Kurven, Kreisverkehre und Brücken sowie Straßenabschnitte mit verminderter Griffigkeit sind von der Behandlung auszunehmen.
- Die Behandlung sollte bei stark befahrenen Straßenabschnitten (mehr als 7500 DTV je Fahrspur) einmal täglich, bei sehr stark befahrenen Straßen (> 15000 DTV je Fahrspur) zweimal täglich erfolgen. Bei weniger stark befahrenen Straßen (< 5000 DTV) ist eine Behandlung jeden zweiten Tag ausreichend, unter 2.500 DTV jeden 3. Tag. Bei schwach befahrenen Straßen (unter 1000 DTV je Fahrspur) ist eine Behandlung nicht mehr zielführend. Das Aufbringen des flüssigen Streumittels sollte wenn möglich vor dem Frühverkehr (bis max. 7 Uhr) erfolgen.
 - Eine Restmengenbestimmung von CMA zur Kontrolle und besseren Steuerung der Aufbringungsintervalle wird empfohlen.
 - Ab einer Außentemperatur unter minus 10 Grad Celsius ist die Aufbringung zu unterlassen, da die Gefahr der Vereisung besteht.
 - Die Straßenabschnitte sind sobald es die Witterungsverhältnisse erlauben, zwischendurch sooft wie möglich zu reinigen und zu waschen (PM_{10} -taugliche Kehrmaschine mit Einsatzmöglichkeit bis minus 5 Grad, Hochdruckwaschfahrzeug).
 - Zur optimalen Verwendung von CMA und Einsparung von Ressourcen und Kosten kann die Aufbringung alternierend über die ganze Straßenbreite und danach nur auf Reifenspurbreite erfolgen, sofern die

Streifahrzeuge entsprechend ausgerüstet sind.

- Die bestmögliche Feinstaubbindewirkung ist aufgrund der Laborversuche mit dem Verwendungserzeugnis CMA/KF im Mischungsverhältnis 50:50 zu erreichen. Diese Mischung wurde jedoch im Freiland bisher nicht getestet. Die Häufigkeit der Aufbringung könnte bei gleichbleibender Aufbringungsmenge reduziert werden.
- Zur Kontrolle und Dokumentation der ausgebrachten Menge und Einhaltung der Dosierung sind genaue Aufzeichnungen zu führen und nach jeder Ausbringungsfahrt die ausgebrachte Menge und befahrene Fahrbahnstrecke zu bilanzieren (Protokolle siehe Abb. 27 und Abb. 28 im Anhang).
- Schulung und Sensibilisierung der Mitarbeiter des Straßendienstes, insbesondere der Fahrer der Streiffahrzeuge, sowie Erfahrungsaustausch mit Winterdienstverantwortlichen anderer Kommunen trägt wesentlich zum Erfolg bei.
- Bei konsequenter Aufbringung beträgt die zu erzielende Feinstaubreduktion am Straßenrand bis zu 30 % bezogen auf den Tagesmittelwert, 20 % bezogen auf den Monatsmittelwert und 10 % bezogen auf den Jahresmittelwert.

Die Enteisungswirkung von CMA wurde insbesondere in Parkanlagen und sensiblen fließgewässernahen Verkehrswegen sowie auf Gehsteigen im innerstädtischen Bereich getestet.



Abb. 5 Anwendung in Lienz, Fußgängerbereich: eine Enteisungswirkung ist bis ca. 3 cm Neuschneemenge deutlich erkennbar.

- Bei größeren Neuschneemengen ist eine anschließende Erleichterung der „Schwarzräumung“ zu verzeichnen. Der Schnee bindet nicht so kompakt mit der Straßenoberfläche ab, was einen besseren Räumerfolg erbringt.
- Die Wirkung als Auftaumittel ist präventiv und die Dosierung abhängig von den zu erwartenden Schneemengen zwischen 10 und 40 g/m². Da die Wirkung von CMA deutlich weniger lang anhält als bei Streusalz, wird eine alleinige Anwendung im Straßenverkehr nicht empfohlen (siehe Abb. 25). Die gleichzeitige Anwendung von CMA und Streusalz ist unproblematisch.
- Gute Erfahrungen gibt es im Bereich von Fußgängerzonen und Parkplätzen, aber auch hier nur vorbeugend. Bei starken Schneefällen oder bereits eingetretener Vereisung wird die zusätzliche Anwendung von Salz oder abstumpfenden Streumitteln empfohlen.
- Im privaten Bereich eignet sich die Anwendung in 5 Liter Kanistern mit manuellen Sprühgeräten, wie sie im Gartenbereich Verwendung finden. Auch hier ist ein leichter Essiggeruch zu erwarten, der mitunter über die Schuhsohlen in den Hausinnenbereich verschleppt wird, was jedoch unproblematisch ist und zu keinen Schäden führt.
- Der optimale Anwendungszeitpunkt ergibt sich aus den allgemeinen Erfahrungen des Winterdienstes.
- Das effizienteste Auftaumittel ist die CMA/KF Produktmischung. Je höher der KF-Anteil, desto besser die Auftauwirkung.

CMA zur Staubbindung

auf unbefestigten Straßen und Baustellen

Eine Staubbindung auf unbefestigten Straßen ist mit geringem Aufwand aber höherer Dosierung von 100-200 g/m² als im Winterdienst durchführbar.

Die Behandlung nicht asphaltierter Fahrwege mit CMA in einer Dosierung bis zu 200 g/m² ist sinnvoll, um die lokale Aufwirbelung und Luftverfrachtung von Staubpartikeln in sensible benachbarte Areale (Wohnsiedlungen etc.) zu minimieren.

Die Ausbringung von CMA etwa auf Schotterstraßen im Freiland oder in Schottergruben kann grundsätzlich mit denselben Geräten wie zur Winteranwendung oder aber auch praktikabel mit einer herkömmlichen Gießblanze mit Gießfass bewerkstelligt werden.

Die Häufigkeit richtet sich nach den Witterungsverhältnissen, der Oberflächenbeschaffenheit und der Verkehrsstärke. Die Wirkungsdauer kann aus den bisherigen Erfahrungen mehrere Wochen betragen und direkt vor Ort beobachtet werden, da eine vermehrte Staubentwicklung sofort sichtbar ist.

Vor der Applikation sollte der zu behandelnde Boden feucht sein, damit die flüssigen CMA-Tröpfchen die Bodenmatrix besser benetzen können. Eine Befeuchtung des Bodens kann entweder natürlich gegeben sein (Morgentau, Regen) oder maschinell erzielt werden (Besprühen mit Wasser).

Bedingt durch das Produkt und die hohe Dosierung ist



Abb. 6 Teststecke Druckerweg mit Luftgütemessstation, Klagenfurt

in der nächsten Umgebung der Anwendungsflächen mit einem leichten Essiggeruch zu rechnen, der jedoch keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt hat.

Eine Anwendung auf Baustellen ist ebenfalls möglich, um die infolge Baustellenverkehrs bedingte lokale Staubentwicklung zu minimieren. Zu beachten ist, dass durch den starken Staubbindeeffekt Schmutz von unbefestigten oder befestigten Flächen über die Kfz-Reifen in öffentliche befestigte Straßenabschnitte verfrachtet werden können. Bei der Anwendung auf Baustellen sollte daher im Idealfall eine Radwaschanlage installiert sein, um eine Verschmutzung öffentlicher Verkehrswege zu vermeiden.



Abb. 7 Aufbringung auf Stegener Marktplatz, Bruneck

Limitierende Faktoren

1. Zentimeterdicke trockene Staubschichten verhindern eine Benetzung der Flüssigkeitströpfchen aufgrund der hohen physikalischen Oberflächenspannung von Wasser. Dieser Effekt ist insbesondere bei hochsommerlicher Witterung mit heißen Tagen zu beobachten.



Abb. 8 CMA auf trockener Staubschicht

2. Eine Verwehung von trockenen Staubpartikeln aus nichtbefestigten großflächigen Tagbau-Arealen (Mineralrohstoffgewinnung im Tagbau, Schottergruben) kann mit dieser Methode bei Starkwind nicht verhindert werden.



Abb. 9 Fahrweg Schottergrube, Hörtdorf bei Klagenfurt

Luftgütemessungen

zur Evaluierung der Wirkung von CMA

Allgemein

Die Durchführung von Luftgütemesskampagnen in alpinen Beckenlagen erfordert vor allem aufgrund der speziellen meteorologischen Bedingungen in den Wintermonaten (Inversionswetterlagen, niedrige Windgeschwindigkeiten ...) eine Adaption des Messkonzeptes. Der Ansatz wird dahingehend geändert, dass 2 geeignete straßennahe Messstationen und eine Messstation zur Erfassung der lokalen Hintergrundbelastung ausgewählt werden. Auf dieser Basis werden die Differenzen der Schadstoffbelastung von PM_{10} (ΔPM_{10}) und NO_x (ΔNO_x) gebildet, da im Gegensatz zu PM_{10} die NO_x -Emission kaum größeren Schwankungen unterliegt und rechnerisch sehr gut prognostizierbar ist. Dadurch wird die durch den Verkehr verursachte Immission bestmöglich erfasst. Zum besseren Verständnis ist dieser Ansatz in nachstehender Grafik dargestellt.

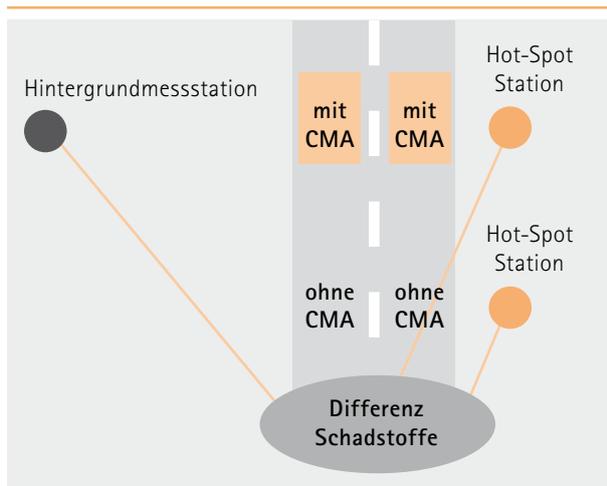


Abb. 10 Schema Messanordnung Luftgütemessstationen TU Graz

Die berechneten straßeninduzierten Immissionsbeiträge und eine Verkehrszählstelle zur genauen Erfassung des Pkw- bzw. Lkw-Anteils bilden die Grundlage

für den nächsten Berechnungsschritt. Mit Hilfe der einzelnen Verkehrsanteile und der Emissionsfaktoren für NO_x , die mit dem Modell NEMO berechnet wurden, kann der flottengemittelte Emissionsfaktor für NO_x in $g/km \cdot Fzg$ bestimmt werden. Dieser flottengemittelte Emissionsfaktor für NO_x wird nun mit dem Verhältnis von ΔPM_{10} zu ΔNO_x multipliziert. Als Ergebnis bekommt man den flottengemittelten Emissionsfaktor für PM_{10} in $g/km \cdot Fzg$, der bei der Hot-Spotstation ohne CMA höher ist als mit CMA.

$$EF PM_{10} [g/km \cdot Fzg] = EF NO_x \cdot \frac{\Delta PM_{10}}{\Delta NO_x}$$

Das Ergebnis kann auf das effektive PM_{10} -Reduktionspotential rückgerechnet werden.

Tage mit Niederschlägen oder hoher Luftfeuchtigkeit sind bei der Auswertung nicht zu berücksichtigen. Steht nur eine straßennahe Messstation zur Verfügung ist auch ein Episodenvergleich mit und ohne CMA-Anwendung möglich, vorausgesetzt die meteorologischen Rahmenbedingungen sind ähnlich. Beispiel einer Auswertung siehe Abb. 20 und 21 im Anhang.

Messtechnik

Zur Erfassung der lokalen Schadstoffbelastung im Rahmen der Luftgütemesskampagnen werden folgende Komponenten messtechnisch erfasst: PM_{10} ($PM_{2.5}$, PM_1), NO , NO_2 , NO_x sowie die meteorologischen Parameter Temperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und -richtung. Bei den straßennahen Messstationen werden zusätzlich mittels Seitenradargeräten die Verkehrszahlen detektiert. Zur besseren Vergleichbarkeit der Messergebnisse empfiehlt es sich nach Möglichkeit Messgeräte desselben Herstellertyps und Messprinzips zu verwenden.

Wintermesskampagnen

Neben dem Verkehr liefern vor allem Hausbrand und Industrie in Stadtgebieten einen wesentlichen Anteil zur lokalen PM_{10} -Belastung. Um die Auswirkungen des Verkehrs auf die Luftgüte bestmöglich abbilden zu können, ist die Wahl einer geeigneten Hintergrundmessstation von entscheidender Bedeutung. Dabei sollte auf folgende Gesichtspunkte Rücksicht genommen werden:

- Geringes Maß an Verbauung
- Geringer Einfluss von Einzelquellen (Hausbrand, Industrie ...)
- Geringes Verkehrsaufkommen an der nächstgelegenen Straße

Um die Auswirkungen des Verkehrs bzw. von CMA auf die Luftgütesituation auch mittels Kurzzeitmittelwerten betrachten zu können, ist wesentlich, dass sich der gemessene Tagesgang der Luftschadstoffkonzentrationen an der Hintergrundstation nicht zu stark von jenen der straßennahen Messstationen unterscheidet. Der straßennahe Messaufbau sollte im Idealfall aus zumindest zwei Messstationen bestehen. Im Nahbereich einer Messstation wird auf + 200m CMA ausgebracht. Der Bereich der nächstgelegenen, straßennahen Messstation wird nicht mit CMA behandelt, der Abstand zum Ende der CMA-Teststrecke sollte mindestens 500m betragen (Verschleppungseffekt!). Auf dieser Basis sollte, durch den Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit der Hintergrundmessstation, das Reduktionspotential von CMA auf die Luftgütesituation bestimmt werden können.

Sommermesskampagnen

Die Durchführung von Sommermesskampagnen verläuft ähnlich wie im Winter. Folgende Aspekte sollten

berücksichtigt werden:

- Geringes Maß an Verbauung
- Geringer Einfluss von Einzelquellen (Baustelle, Manipulationsvorgänge ...)
- Ausreichendes Verkehrsaufkommen (~300 Kfz/Tag)
- Splitt-/Schotterstraße

Um die Auswirkungen des Verkehrs bzw. von CMA auf die Luftgütesituation betrachten zu können, ist ein möglichst einheitlicher Straßenbelag (Splitt, Schotter) und ein ausreichend hohes Verkehrsaufkommen entscheidend. Der straßennahe Messaufbau sollte wie zuvor beschrieben aus zwei Messstationen bestehen. Die Hintergrundmessstation sollte in einem ausreichend großen Abstand (>500 m) zur unbefestigten Straße sein, um Beeinflussungen auf die Luftschadstoffbelastung durch den Straßenverkehr zu vermeiden.

von CMA auf das Reibungsverhalten und die Verkehrssicherheit

Im Rahmen des Projektes wurden eine Vielzahl an Untersuchungen zur Beeinflussung des Reibungsverhaltens und Verkehrssicherheit durchgeführt:

- Brems tests und Vergleichsfahrten in der Kreisbahn im ÖAMTC-Fahrsicherheitszentrum in Mödling, Kärnten 2009 und 2011.
- Griptesteruntersuchung der TU Wien, Institut für Verkehrswissenschaften in Klagenfurt, Lienz und Bruneck 2010 [6]
- Laboruntersuchungen am ACCT
- Unfallerbhebungen und Konfliktuntersuchungen in Klagenfurt, Lienz und Bruneck durch das Kuratorium für Verkehrssicherheit (2009-2012)

Sobald eine trockene, saubere Fahrbahnoberfläche mit einem Zwischenmedium (Wasser, Feuchtigkeit, Schmutz, Öl, Sand, Salz, Splitt, CMA etc.) benetzt wird, verschlechtert sich die Haftung zwischen Fahrbahn und Reifen.

Griptesteruntersuchungen, Brems test und Fahrten in der Kreisbahn zeigten unmittelbar nach Aufbringen von CMA oder CMA:KF eine Verminderung der Griffbarkeit um bis zu 25% (im Vergleich zur trockenen Fahrbahn). Je nach Fahrbahnoberfläche erfolgt damit eine Reduktion auf Nassniveau oder geringfügig darunter [6]. Eine Dosierung von 20g/m² führt zu einer höheren Verminderung als 10g/m².

Bei milden Außenlufttemperaturen in Kombination mit Sonneneinstrahlung und Wind trocknet die Asphalt-Fahrbahn jedoch rasch ab und wird dadurch wieder „griffiger“, d.h. die Haftung zwischen Reifen und Fahrbahn verbessert sich wieder. Das auf der trockenen Fahrbahn verbleibende Streumittel beeinflusst den Reibwert nicht. Nach 5 Minuten bis

zu ca. 2 Stunden (je nach Witterung) hat die behandelte Fahrbahn wieder das trockene Ausgangsniveau (teilweise sogar darüber) erreicht. Eine Akkumulierung nach dreimaligem Aufbringen von 10 g/m² wurde nicht festgestellt.

Verschleppungs-Effekt

KFZ-Reifen nehmen Feinstaubkleber von der Asphaltoberfläche auf und „verschleppen“ diesen in Fahrtrichtung. Dies kann je nach Witterung bereits nach 1 Stunde zu einer Reduktion des CMA-Gehaltes in den Reifen-Asphalt-Kontaktzonen (Fahrspuren) bis zu 1/3 führen verglichen mit der Straßenmitte bzw. den Straßenrändern (siehe Abb. 26).

Die Verschleppung führt zu keiner signifikanten Verringerung des Griffbarkeitsniveaus in unbehandelten Straßenabschnitten.

Verkehrssicherheit

Durch das Kuratorium für Verkehrssicherheit konnte bei keinem Verkehrsunfall oder vor Ort beobachteter Konfliktsituation ein Zusammenhang mit dem aufgetragenen Feinstaubkleber hergestellt werden. Es wurden keine Hinweise gefunden, dass durch CMA die Verkehrssicherheit beeinträchtigt wird. [8]

Die Praxis zeigt jedoch, dass jeder Kraftfahrer mit viel oder wenig Fahrpraxis seine Fahrgeschwindigkeit den äußeren Witterungsbedingungen anpasst. „Gutes“, d.h. „trockenes und mildes Wetter“ suggeriert eine „gute Fahrbahnbedingung“: Entsprechend diesem optischen Eindruck und der subjektiven Einschätzung des Fahrers sind der Fahrstil und die Fahrgeschwindigkeit.

Statistisch gesehen sind etwa ein Viertel der inner-

städtischen Unfälle sogenannte Schleuderunfälle, welche größtenteils bei schlechter Witterung auftreten. Insbesondere in Kurven bzw. Kreisverkehren kann es zu fahrdynamisch kritischen Situationen kommen, welche die Fahrer überfordern. Vor allem die Einlenkphase in eine Kurve oder in einen Kreisverkehr ist besonders kritisch. Dies betrifft insbesondere die motorisierten Zweiradfahrer.

Aus diesem Umstand heraus wurden vorbeugende Begleitmaßnahmen bei der Anwendung von CMA abgeleitet:

- Exakte und gleichmäßige Dosierung von max. 10 g/m²
- Kurven, Kreisverkehre, Kreuzungsbereiche, Zebrastrifen, glatte Fahrbahnoberflächen oder Straßen

in schlechtem baulichem Zustand sind von einer Behandlung auszunehmen. Das Aufbringen ist ca. 20 m vor den oa. neuralgischen Straßenabschnitten einzustellen.

- Die mit CMA behandelten Straßen sind für die Straßenbenutzer deutlich sichtbar mit entsprechenden Hinweisschildern zu kennzeichnen.
- Präventiv können desolate Straßenabschnitte auch mit entsprechenden Straßenverkehrszeichen (etwa Gefahrenzeichen „Schleudergefahr“, „Andere Gefahren“) gekennzeichnet bzw. ein Geschwindigkeitslimit verordnet werden.

Beispiel für eine Kennzeichnung im Testgebiet Klagenfurt siehe Abb. 11, 12, 29 und 30.



Abb. 11 Beschilderung der Feinstaub-Teststrecke Druckerweg, Klagenfurt



Abb. 12 Eröffnung der Versuchsstrecke in Bruneck

Restmengenbestimmung

Die SOBO-20 Messungen sind zeitlich an die örtlichen Gegebenheiten anzupassen und variabel zu gestalten (erfahrungsgemäß im Abstand von 30 min. oder stündlich), bis kein CMA mehr auf der Fahrbahn nachweisbar ist.

Dauer der Messungen

Die Messung des Querprofils eines kurzzeitig abgesperrten Straßenabschnittes (mit 1 Fahrstreifen pro Fahrtrichtung) nimmt nur wenige Minuten in Anspruch.

Messbedingungen

Es ist waagrechter, durchgehend homogener und intakter Straßenabschnitt zu wählen.

Da das Messprinzip des SOBO 20 auf der Leitfähigkeit einer Salzlösung basiert, ist dieses Gerät für Alkali- u. Erdalkalisalze (NaCl , CaCl_2 , MgCl_2) querempfindlich; d.h. es misst de facto die Summenleitfähigkeit der beprobten Fahrbahn.

Restgehalte von CMA oder CMA:KF können nur verlässlich bestimmt werden, wenn das Gerät auf die zu untersuchende Substanz kalibriert ist, und sichergestellt ist, dass sich kein Streusalz auf der Fahrbahn befindet.

In Untersuchungen in Klagenfurt wurde festgestellt, dass bei einer Fahrbahn mit 500 Kfz/h bereits nach 4h kein CMA mehr nachweisbar war. In den Spurrillen war die Reduktion deutlich höher, als in der Fahrbahnmitte oder am Fahrbahnrand (siehe Abb. 26 im Anhang).



Abb. 13 Sobo Messvorgang



Abb. 14 Messbild Querprofil

für CMA-Nutzer (Lagerung, Streuungssystem)

3 verschiedene Substanzen in einem Streugerät



Abb. 15 Streufahrzeug Lienz

CMA Tellermodus

Beim Tellermodus wird CMA über eine konstante Breite von 3 m mit einer Dosierung von 10 Gramm pro m² ausgebracht. Im Modus kann die Dosiermenge nicht von Hand verändert werden, damit es zu keinen ungewollten Fehlbedienungen kommt. Lediglich eine Taste zum Ein- und Ausschalten der CMA Streuung – speziell im Bereich von Kreuzungen und Kreisverkehrs – wird vom Fahrer bedient. Die Steuerung erfolgt voll wegabhängig, das bedeutet, dass sich die Dosierung an die Fahrgeschwindigkeit voll automatisch anpasst und somit ein konstanter CMA-Film von 10 Gramm pro m² hinter dem Streufahrzeug entsteht. (Bedienungskonsole und -anleitung Streuungssystem Springer siehe Abb. 23 und 24)

Bei Nichtverwendung von mehr als zwei Tagen sind die Leitungen von der Pumpe bis zum Streuteller mit Wasser zu reinigen (Verklebung der Ventile möglich)



Abb. 16 Sprühteller

CMA Düsenmodus

Der Düsenmodus ermöglicht es CMA gezielt auf die Reifenspuren aufzutragen. Das hat den Hintergrund, dass oft die Straße in verschiedenen Grautönen erscheint. Die Stellen wo sich noch CMA vom letzten Streuvorgang auf der Fahrbahn befindet, erscheinen dunkel (meist am Rand und in der Fahrbahnmitte) und die Stellen, wo hauptsächlich die Reifen der Fahrzeuge laufen, erscheinen heller, da dort durch die vielen Überfahrten kaum noch CMA auf der Fahrbahn haftet und somit Partikel bindet. Aus diesem Grund ist es zweckmäßig, das CMA in diesen Situationen nur im Bereich der hellen Bereiche aufbringen zu können. Bei einer Fahrbahnbreite von 3m, kann man die hellen und dunklen Bereiche ca. in 1/3 zu 2/3 einteilen. Der Modus am CMA Streuautomat der es nun ermöglicht, ausschließlich im Bereich der hellen



Abb. 17 Sprühdüse

Bereiche zu streuen, bringt dann 2/3 weniger CMA für dieselbe Strecke aus.

Dafür ist zusätzlich zum Streuteller ein Sprühbalken angebracht worden, an dem genau im dem Bereich, wo sich tendenziell die hellen Fahrspuren befinden, Düsen platziert werden (Position ist beliebig einstellbar). Jede Düse hat eine Sprühkegelbreite von ca. 50 cm auf der Fahrbahn. Das Streuergebnis ist 2 CMA-Streifen mit je 50 cm. Die Dosierung beträgt, wie auch beim Tellermodus, 10 Gramm pro Quadratmeter.

Lagerung von CMA

Die Lagerung kann entweder im Freilager stapelbar in Intermediate Bulk Containern (IBC) à 1000 Liter Fassungsvermögen oder in größeren Tankbehältern erfolgen. Alternativ dazu ist seitens des Produzenten von CMA auch eine Anlieferung bzw. Befüllung mittels Tankwagen möglich, was letztlich auch eine Frage des Preises ist.

Der kommunale Dienst der Stadt Klagenfurt hat einen überdachten Lagerbereich zur Stapelung der IBC realisiert.



Abb. 18 CMA Lagerbereich, Klagenfurt

Generell (gilt für den Winter- und Sommerdienst):
LKW und CMA-Streuer verursachen bei einem veranschlagten Grundpreis von € 51/h für LKW und € 10/h für CMA-Streuer bei einer Streugeschwindigkeit von 20 km/h (1 km in ca. 3 min) in Summe Kilometerkosten in der Höhe von € 3,05.

Materialkosten

Im CMA-Winterdienst fallen pro Kilometer Materialkosten in der Höhe von EUR 13,50 an. 1 km Straße entspricht bei 10 g/m² und 3 m-Streubreite 3.000 m² behandelte Fläche bzw. 30 kg Verbrauch an CMA-Lösung.

Bei der Anwendung von CMA:KF-Mischungen erhöhen sich zwar die Materialkosten je nach Produktpreis (1t CMA kostet ca. € 520 brutto inkl. Fracht, 1t CMA:KF € 880 brutto inkl. Fracht), welche jedoch durch die geringere Aufbringungshäufigkeit im Tellermodus kompensiert werden können. Im Düsenmodus (d.h. Behandlung der Fahrspuren) ist eine Reduktion der Materialkosten um 2/3 möglich.

In Klagenfurt entstanden bei der großflächigen Anwendung im Winter 2012 bei 30 Aufbringungstagen und 164 km Streckenlänge Kosten von rund € 84.000.

Auf unbefestigten Straßen entstehen pro Kilometer € 270 an Materialkosten.

1 km Straße entspricht bei 200 g CMA/m² und 3 m-Streubreite 3.000 m² behandelte Fläche bzw. 600 kg Verbrauch an CMA-Lösung.

Fallbeispiele

Stadt	Start Applikation Jahr	Applikation Teststrecke [km]	Ergebnisse Reduktion PM ₁₀	Ergebnisse Verkehrssicherheit	Literatur Quellen
Klagenfurt (A)	2006	bis 164 km	-10% (Episode)	Keine Beeinträchtigung	8
Lienz (A)	2010	bis 12 km	-30% (24h)	Keine Beeinträchtigung	8
Bruneck (I)	2010	bis 12 km		Keine negativen Auswirkungen	8
Wolfsberg (A)	2010	25		Keine Beeinträchtigung	9
London (U.K.)	2010	City of London, 3 km	-14% (Episode)	Keine Beeinträchtigung	10
Stockholm (S)	2005-2008, 2011-2012	Certain streets in city centre and highways	-20-50% (24h)	Verminderte Griffigkeit bei hoher CMA Dosierung. Nicht bei 10-15 g/m ² .	11-14
Göteborg (S)	2005-2008	Certain streets in city centre	-20-40% (24h)	Verminderte Griffigkeit bei hoher CMA Dosierung.	15
Norrköping (S)	2006-2010	Certain streets in city centre		Verminderte Griffigkeit bei hoher CMA Dosierung.	
Linköping (S)	2006	Rural road	-35-40% (24h)		16
Stuttgart (D)	2010-2011	1,2 km B 14 Neckartor	Keine Reduzierung festgestellt	Keine Beeinträchtigung	7, 17-19

und Empfehlungen

Mithilfe des vorliegenden CMA+ Bedienungshandbuches kann bei konsequenter Anwendung von CMA als Feinstaubkleber eine deutlich messbare PM_{10} -Reduktion in der Luft an straßennahen Messstationen (bis zu 30% bezogen auf Tagesmittelwert, 10-20% in Wintermonaten, 5-10% im Jahresdurchschnitt) erzielt werden.

Auf öffentlichen Straßen ist mit keinen Verkehrsbeeinträchtigungen oder Folgeschäden zu rechnen, wenn die exakte und gleichmäßige Dosierung von max. 10 g/m² eingehalten wird und keine Aufbringung bei Kurven, Kreisverkehren, Kreuzungsbereichen, Zebrastreifen, glatten Fahrbahnoberflächen oder Straßen in schlechtem baulichem Zustand erfolgt.

Auch sind die mit CMA zu behandelnden Straßen mit entsprechenden Hinweisschildern zu kennzeichnen und die Bevölkerung zu informieren.

Der optimale Zeitpunkt und Häufigkeit der Applikation von CMA hängt von der Feinstaubbelastung, Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Niederschläge und Verkehrsstärke ab. Bei deutlich unter dem Grenzwert liegenden Feinstaubwerten, bei hoher Luftfeuchtigkeit (über 80%) oder zu erwartenden Niederschlägen ist eine Anwendung als Feinstaubkleber nicht erforderlich.

CMA hat eine gute Auftauwirkung, wirkt jedoch nur präventiv. Eine kombinierte Anwendung als Feinstaubkleber und Auftaumittel ist daher möglich, ebenso die gemeinsame Anwendung mit Streusalz.

Die Anwendung als Auftaumittel kann für Fußgängerzonen oder sensible Bereiche zur Vermeidung von Umweltschäden durch Streusalz empfohlen werden.

CMA:KF-Mischungen sind sowohl hinsichtlich Auftauwirkung als auch hinsichtlich der Feinstaubbindung effektiver und länger wirksam als das reine CMA-Produkt. Nach den Ergebnissen im Roadsimulator wird die optimale Wirkung bei einer CMA:KF-Mischung im Verhältnis 50:50 erzielt.

Ein sehr guter und lang anhaltender Staubbindeeffekt auf unbefestigten Flächen (mind. - 50%), ist durch CMA bei einer Dosierung von mind. 100-200 g/m² zu erzielen.

1. WHO-Luftgüterichtlinie für Feinstaub, Ozon, Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid, Zusammenfassung der Risikobewertung, Global gültige Aktualisierung, 2005
2. Amato F, Querol X, Johansson C, Nagl C, Alastuey A. A review on the effectiveness of street sweeping, washing and dust suppressants as urban PM control methods. *Science of the Total Environment* 2010; 408: 3070–3084.
3. Furusjö E, Sternbeck J, Cousins AP. PM₁₀ source characterization at urban and highway roadside locations. *Science of the Total Environment* 2007; 387: 206-219.
4. Gustafsson M, Bennet C, Blomqvist G, Johansson C, Norman M, Sjövall B. Utvärdering av städmaskiners förmåga att minska PM₁₀-halter. VTI Rapport 707 2011. In Swedish with English abstract.
5. Kupiainen K. Road dust from pavement wear and traction sanding. Department of Biological and Environmental Sciences. Ph.D. University of Helsinki, Faculty of Biosciences, Helsinki, 2007, pp. 50.
6. Kirchmaier L. u. Blab R., Projektbericht Nr. 0925E, Griffigkeitsmessungen im Rahmen des EU-LIFEplus-Projektes CMA+ mit dem Messsystem GripTester, Institut für Verkehrswissenschaften, Forschungsbereich Straßenwesen, TU Wien, Juli 2010
7. Wittstock, J., Forum Kommunaler Verkehrswegebau in Baden-Württemberg, Feinstaubbindung durch CMA – Erfahrungsbericht (Referat in Bruneck/I), 16.06.2010
8. <http://www.life-cma.at>
9. <http://www.kleinezeitung.at/kaernten/wolfsberg/2502264/heuer-kommt-kleber-gegen-den-feinstaub.story> , http://www.krone.at/Kaernten/Feinstaubkleber-Teststrecke_im_Lavanttal-Pilotprojekt-Story-224551
10. URS Transport for London: Targeted Application of Calcium Magnesium Acetate (CMA) Pilot Study Monitoring Report, August 2011, Final, 49306764/LERP0002
11. Johansson C, Norman M, Westerlund K-G. Försök med dammbindning längs E4-Vallstanäs och i Norrmalm i Stockholms innerstad. SLB 10:2005, SLB analys, Stockholm, 2005. Available at http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2005_010.pdf
12. Johansson C, Norman M, Westerlund K-G. Försök med dammbindning längs E4 och i Stockholms innerstad 2006. SLB 6:2006, SLB analys, Stockholm, 2006. Available at http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2006_H06.pdf
13. Norman M, Johansson C. Försök med dammbindning längs E4/E20 vid L:a Essingen 2007. SLB 3:2007, SLB analys, Stockholm, 2007. Available at http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2007_003.pdf
14. Norman M. Försök med dammbindning med CMA mot höga partikelhalter i Stockholms innerstad 2007 och 2008. SLB-analys, Miljöförvaltningen, Stockholm, 2008. Available at http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2008_004.pdf

15. Bäck E.: Utvärdering av partikeldämpande åtgärder våren 2008, Miljöförvaltningen i Göteborgs stad, Uppdragsrapport 2008:16. Available at [http://www5.goteborg.se/prod/Miljo/Miljohandboken/dalis2.nsf/vyFilArkiv/N800_2008_16.pdf/\\$file/N800_2008_16.pdf](http://www5.goteborg.se/prod/Miljo/Miljohandboken/dalis2.nsf/vyFilArkiv/N800_2008_16.pdf/$file/N800_2008_16.pdf)
16. Gustafsson M, Blomqvist G, Jonsson P, Ferm M. Effekter av dammbindning av belagda vägar, VTI Rapport 666. VTI, Linköping, 2010. Available with English abstract at <http://www.vti.se/sv/publikationer/pdf/effekter-av-dammbindning-av-belagda-vagar.pdf>
17. Pressemitteilung Regierungspräsidium Stuttgart, vom 27.09.2011.
18. Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Stuttgart, Teilplan Landeshauptstadt Stuttgart, Regierungspräsidium Stuttgart, Baden-Württemberg, Februar 2010
19. Reuter U.: Mit CMA gegen Feinstaub? Beispiel Stuttgart. Vortrag beim internationalen Kongress „Innovativer Winterdienst-Feinstaubreduktion“ am 30.09.2010 in Lienz.
20. Hausmann G., Einsatz von Straßenbewässerung im Winterdienst zur Minderung der PM₁₀-Belastung, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1036, 2010.
21. C. Nagl C., Moosmann L., and Schneider J. ASSESSMENT OF PLANS AND PROGRAMMES REPORTED UNDER 1996/62/EC - FINAL REPORT, Wien, 2006
22. Guidance on assessing the contribution of winter-sanding and -salting under the EU Air Quality Directive, draft, European Commission, DG Environment, July 2009.

	FREITAG, 24.2.2012	SAMSTAG, 25.2.2012	SONNTAG, 26.2.2012	MONTAG, 27.2.2012
Wetterzustand				
Niederschlag	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Regen <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Schnee	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Regen <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Schnee	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Regen <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Schnee	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Regen <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Schnee
Luftfeuchtigkeit (Mittagszeit)	45%	50%	60%	40%
Temperatur (Tiefst-/Höchstwert)	Min/Max -1/14°	Min/Max 0/14°	Min/Max 1/11°	Min/Max -1/13°
Wind	Mäßig bis lebhaft	Mäßig bis lebhaft	Mäßig bis lebhaft	Leicht bis mäßig
Wichtige Hinweise	-	-	-	-

Abb. 19 Prognose- und Interpretationsmodell Lienz (Grafik: Meteo Experts, Lienz, 2012)

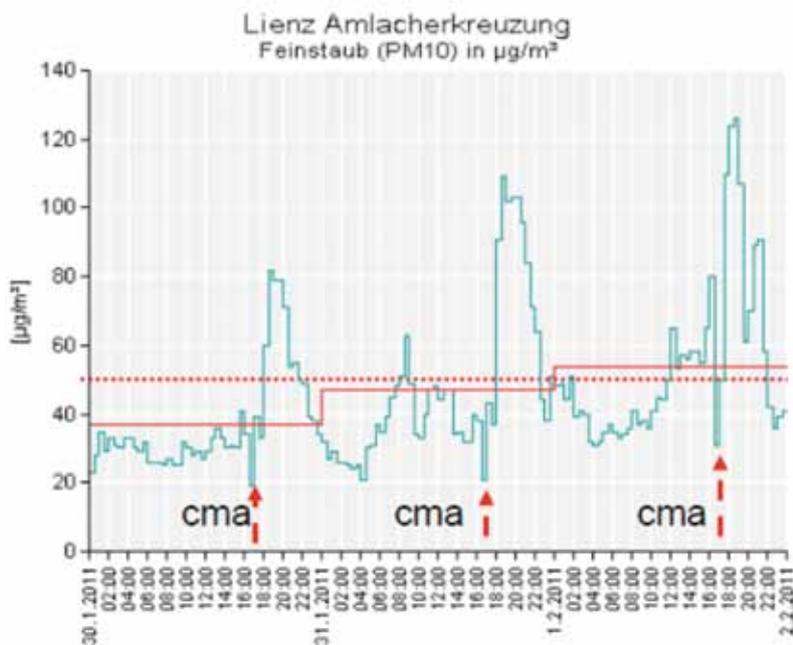


Abb. 20 Zusammenhang der CMA-Aufbringung und Feinstaubbildung, Quelle Umweltbundesamt, Luftgüte, Zeitverlauf, 2011

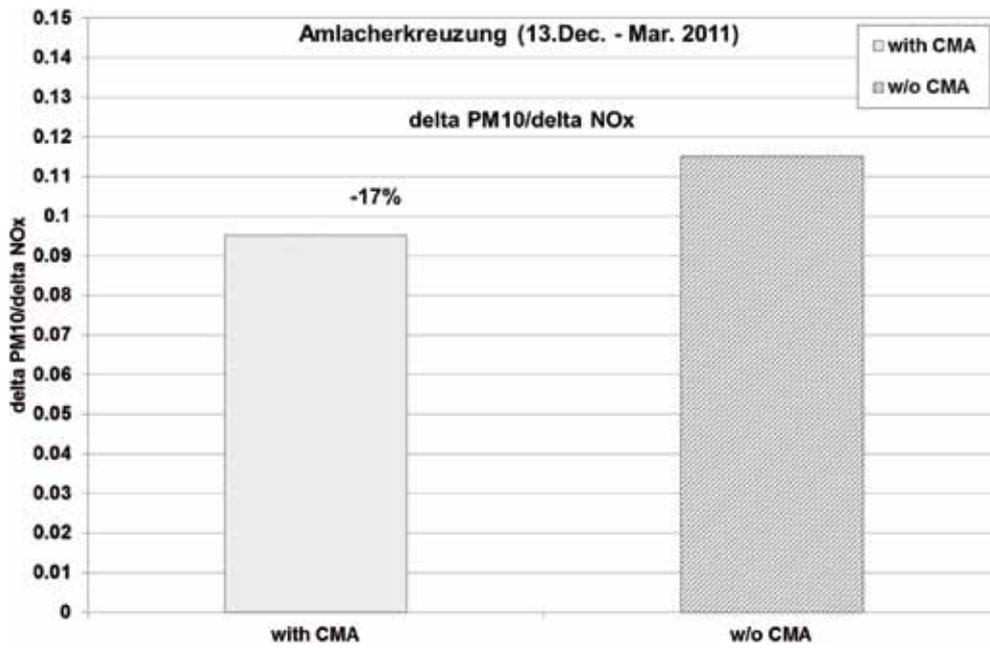


Abb. 21 Reduktionspotential von CMA in Bezug auf den flottengemittelten PM₁₀ Emissionsfaktor an der Amlacherkreuzung in Lenz (Winter 2011)

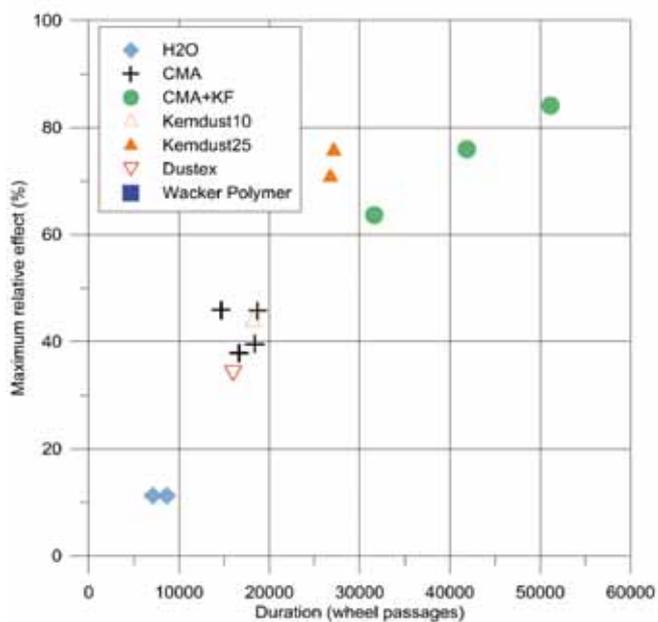


Abb. 22 Vergleich der Wirkung unterschiedlicher Staubbindemittel

ELMR 150/60 (digital) für Feuchtsalz- und CMA- Streuung:

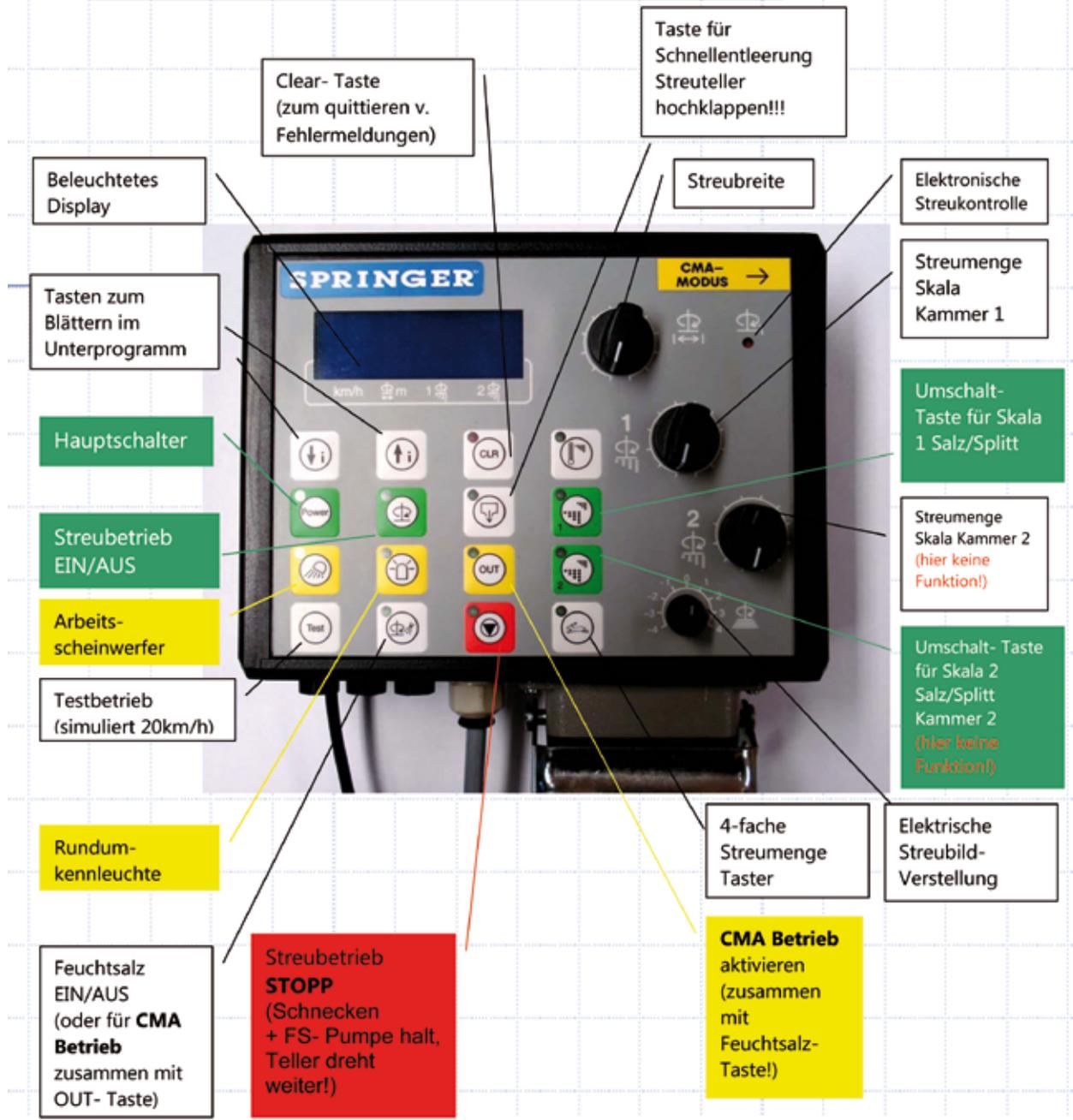


Abb. 23 Bedienungskonsole Streugerät Fa. Springer

Bedienung: Vorgangsweise im Streubetrieb

1. Streubetrieb Salz/Feuchtsalz:



Hauptschalter betätigen – LED brennt – Bedienpult bereit (beleuchtet).



Welches Medium ist in Kammer geladen?

Salz – LED brennt nicht (Salzskala 0-40g/m²)!

Splitt die Taste betätigen – LED brennt (Splittskala 0-240 g/m²)

Wenn alle Vorbereitungen ordnungsgemäß durchgeführt wurden und keine Mängel festgestellt wurden, kann der Streueinsatz aufgenommen werden.



Streubetrieb EIN – LED brennt. (Teller dreht sich und sobald sich das Fahrzeug in Bewegung setzt wird der eingestellte Wert – sprich g/m² - voll wegabhängig ausgebracht). Streubetrieb AUS – LED brennt nicht.



Streumenge Kammer 1 kann beliebig eingestellt werden. Die eingestellte Menge wird rechts unten am Display angezeigt (hier im Bild 12 g. Menge 2 hat hier keine Funktion!). Auch die Streubreite ist beliebig mit einem eigenen Drehschalter verstellbar und am Display (siehe links) unten dargestellt.

Zur Feuchtsalzzstreue Feuchtsalztaste betätigen



– LED brennt – Feuchtsalzzstreue
– LED brennt nicht – Trockensalzzstreue.

2. CMA Streueung:



Hauptschalter betätigen – LED brennt – Bedienpult bereit (beleuchtet).



OUT Taste **und** dann Feuchtsalz- Taste betätigen – beide LEDs brennen (unten am Display erscheint CMA) - nun sind die fixen Werte für die CMA Streueung übernommen und können nicht mehr über die Drehschalter verändert werden (Streubreite 3 m | Streumenge 10g / m²).

(Zum Ausschalten **OUT Taste** ausschalten. Beide LEDs brennen nicht. CMA am Display erlischt. Streuer befindet sich im Streumodus zur Trockensalzzstreueung.)



Streubetrieb EIN – LED brennt. (Teller dreht sich und sobald sich das Fahrzeug in Bewegung setzt wird der CMA- FIXWERT voll wegabhängig ausgebracht). Streubetrieb AUS – LED brennt nicht.



Um den Streubetrieb/CMA Betrieb kurzzeitig zu unterbrechen wird dieser Knopf betätigt (LED blinkt und Steuerung piepst fünfmal). Um wieder in den Streubetrieb zu gehen, den Knopf noch mal betätigen – LED erlischt.

Abb. 24 Bedienungsanleitung für Springer-Streugerät

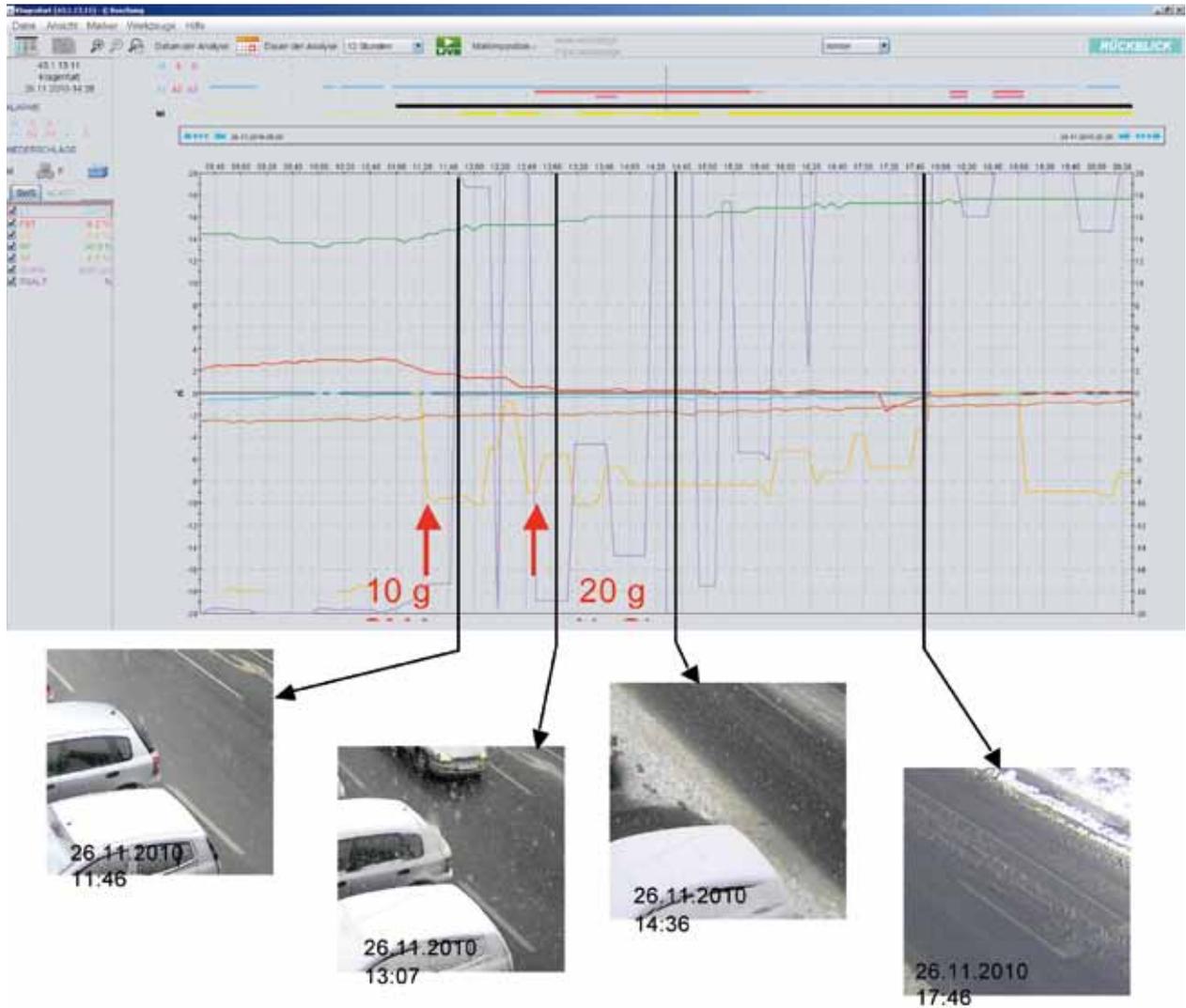


Abb. 25 Bodensonde online-Messsystem Fa. Boschung, Teststrecke Rudolfsbahngürtel, Vergleich der Gefrierpunktniedrigung 10 g CMA mit 20 g NaCl

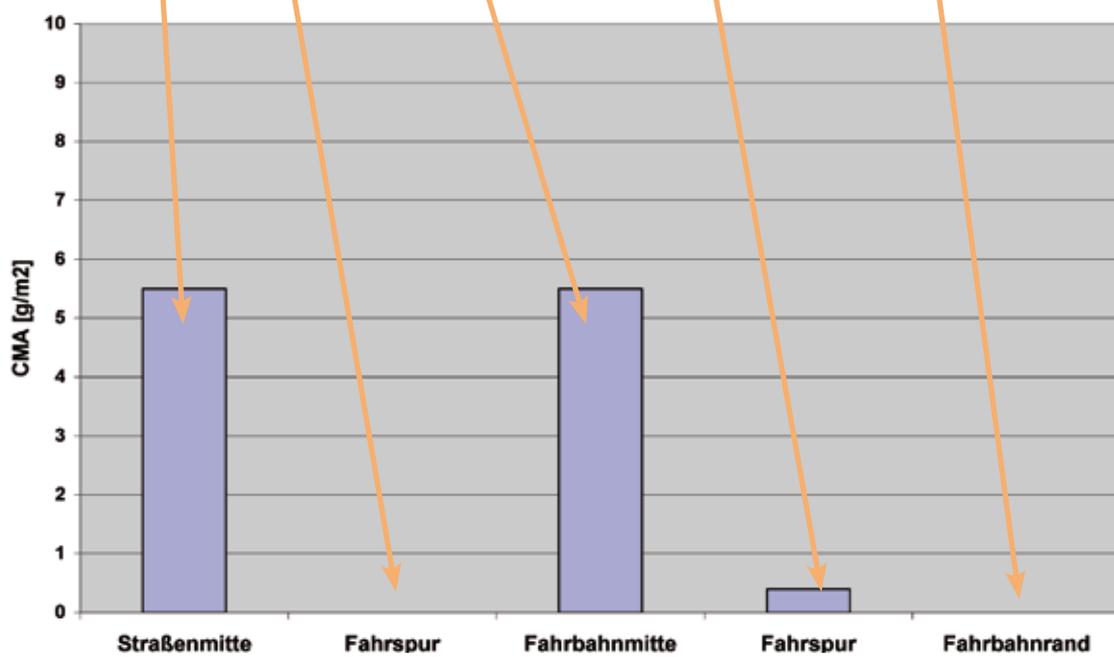


Abb. 26 Teststrecke Rudolfsbahngürtel, Querprofil-Messung (schematisch) nach 4 Stunden und 2000 Kfz, gemittelte Werte nach 4 h Applikation (10 g/m^2 CMA).

Bezeichnung	Auftraggeber	FA. Privat	Neuer Platz	Alter Platz + Fußgängerzone	Div. Streuaufträge	Druckerweg 480 m	Testgebiet 92,000 Km	Menge	Lieferscheinnummer
	2012								
CMA	Auftrag Abt.US						2475.00	kg	10817
CMA	Auftrag Abt.US						500.00	kg	10818
CMA	Auftrag Abt.US						2600.00	kg	10819
CMA	Auftrag Abt.US						2500.00	kg	10820
CMA	Auftrag Abt.US						2500.00	kg	10821
CMA	Auftrag Abt.US					700.00		kg	10822
CMA	Auftrag Abt.US						500.00	kg	10823
CMA	Auftrag Abt.US	6000.00						kg	11177
CMA	Auftrag Abt.US			50.00				kg	11289
CMF	Auftrag Abt.US						2420.00	kg	10824
CMA	Auftrag Abt.US						2520.00	kg	10824
CMA	Auftrag Abt.US		25.00					kg	12505
CMA	Auftrag Abt.US						2600.00	kg	10833
CMA	Auftrag Abt.US	6000.00						kg	11191
CMA	Auftrag Abt.US		20.00	60.00				kg	12507
CMA	Auftrag Abt.US						2600.00	kg	10849
CMA	Auftrag Abt.US						800.00	kg	10850
CMA	Auftrag Abt.US						2650.00	kg	13351
CMA	Auftrag Abt.US						2630.00	kg	13352
CMA	Auftrag Abt.US		45.00	45.00				kg	12537
CMA	Auftrag Abt.US						890.00	kg	13353
CMA	Auftrag Abt.US						2600.00	kg	13354
CMA	Auftrag Abt.US						850.00	kg	13355
CMA	Auftrag Abt.US						1800.00	kg	13357
CMA	Auftrag Abt.US						1450.00	kg	13360
CMA	Auftrag Abt.US	5000.00						kg	13362
CMA	Summe:	17000,00	90,00	155,00	0,00	700,00	34885,00	kg	

Abb. 27 Streudienstprotokoll Klagenfurt

Fahrer	Baustelle	Datum	Abteilung	Partie/Firma	Bezeichnung	KFZ	Zeit	KS	Bemerkung	Stunden
	2012								2012	
W. Z.	Testgebiet / 2012	11.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 903 CZ	0,00 - 8,00	615	Streuteller	8,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	12.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 903 CZ	0,00 - 7,00	615	Sprühdüsen	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	13.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 903 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	16.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 903 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	18.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 903 CZ	0,00 - 8,00	615	Streuteller	8,00
W. Z.	Schotterstraßen	18.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 903 CZ	9,00 - 12,00	615	Streuteller	3,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	19.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 903 CZ	0,00 - 7,00	615	Sprühdüsen	7,00
J. Z.	Lieferung Fa. Stark	18.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 904 CZ	9,00 - 12,00	615	Lieferung	3,00
G. L.	Testgebiet / 2012	19.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 149 EK	4,00 - 8,00	615	Streuteller	4,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	20.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 903 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	26.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 903 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
G. L.	Testgebiet / 2012	01.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 149 EK	11,00 - 12,00	615	Streuteller	1,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	02.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 903 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
J. Z.	Lieferung Fa. Stark	03.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 904 CZ	6,30 - 9,00	615	Lieferung	2,50
G. L.	Testgebiet / 2012	03.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 149 EK	4,00 - 6,00	615	Streuteller	2,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	22.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	23.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 7,00	615	Sprühdüsen	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	24.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	27.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
P. D.	Testgebiet / 2012	27.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 149 EK	4,00 - 12,00	615	Streuteller	8,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	28.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 7,00	615	Sprühdüsen	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	29.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	01.03.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 7,00	615	Sprühdüsen	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	07.03.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 5,00	615	Streuteller	5,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	09.03.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 5,00	615	Streuteller	5,00
W. Z.	Lieferung Fa. Stark	09.03.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	Selbstabholung				
Jahr	2012	52830,00							Stunden:	147,50
Jahr	2011	58049,00							Stunden:	186,00
Jahr	2010	11872,00							Stunden:	125,00
Jahr	2009	60680,00							Stunden:	350,00
Gesamt [kg]:	183431,00								Gesamt [h]:	808,50



Partnerstadt: Wolfsberg
Ansprechperson: Hr. Vallant

Datum	Ausbringung		Teststrecke	Fahrweglänge [m]	Maßnahme	Menge [l/d] bzw. [kg/d]	Straßenzustand bei Aufbringung
	Beginn	Ende					
29.11.2011	11:45	12:45	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	48/42	nebelig
29.11.2011	11:00	12:38	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	144/118	nebelig
11.01.2012	12:46	12:54	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	34/38	sonnig
11.01.2012	12:36	13:20	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	127/160	sonnig
12.01.2012	06:07	06:24	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	29/28	klar
12.01.2012	06:35	07:15	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	82/100	klar
13.01.2012	06:06	06:35	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	79/37	heiter
13.01.2012	06:04	06:50	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	82/78	heiter
16.01.2012	07:42	07:54	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	37/37	klar
16.01.2012	07:57	08:22	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	119/93	klar
17.01.2012	07:51	08:05	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	40/38	bewölkt
17.01.2012	08:08	08:25	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	86/75	bewölkt
26.01.2012	10:27	10:35	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	46/51	sonnig
26.01.2012	10:37	10:50	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	110/95	sonnig
31.01.2012	08:04	08:15	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	60/44	heiter
31.01.2012	08:20	08:40	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	60/55	heiter
01.02.2012	09:20	09:30	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	48/44	bewölkt
01.02.2012	09:25	09:40	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	112/90	bewölkt
23.02.2012	09:45	09:55	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	38/39	bewölkt
23.02.2012	09:20	10:15	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	74/101	bewölkt
27.02.2012	10:10	10:30	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	45/45	wolkenlos
27.02.2012	10:35	10:55	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	90/90	wolkenlos
29.02.2012	11:06	11:16	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	46/46	sonnig
29.02.2012	10:45	11:38	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	154/104	sonnig
07.03.2012	10:05	10:13	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	38/40	sonnig
07.03.2012	10:02	10:32	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	128/108	sonnig

Abb. 28 Streudienstprotokoll Wolfsberg

Versuchsgebiet für eine saubere Luft



Feinstaubkleber
CMA+
2009 - 2012

<p>Klagenfurt Kärnten AUT</p> 	<p>Lienz Osttirol AUT</p> 	<p>Bruneck Südtirol ITA</p> 
<p>www.life-cma.at</p>	 	

Abb. 29 Kennzeichnung Versuchsgebiet

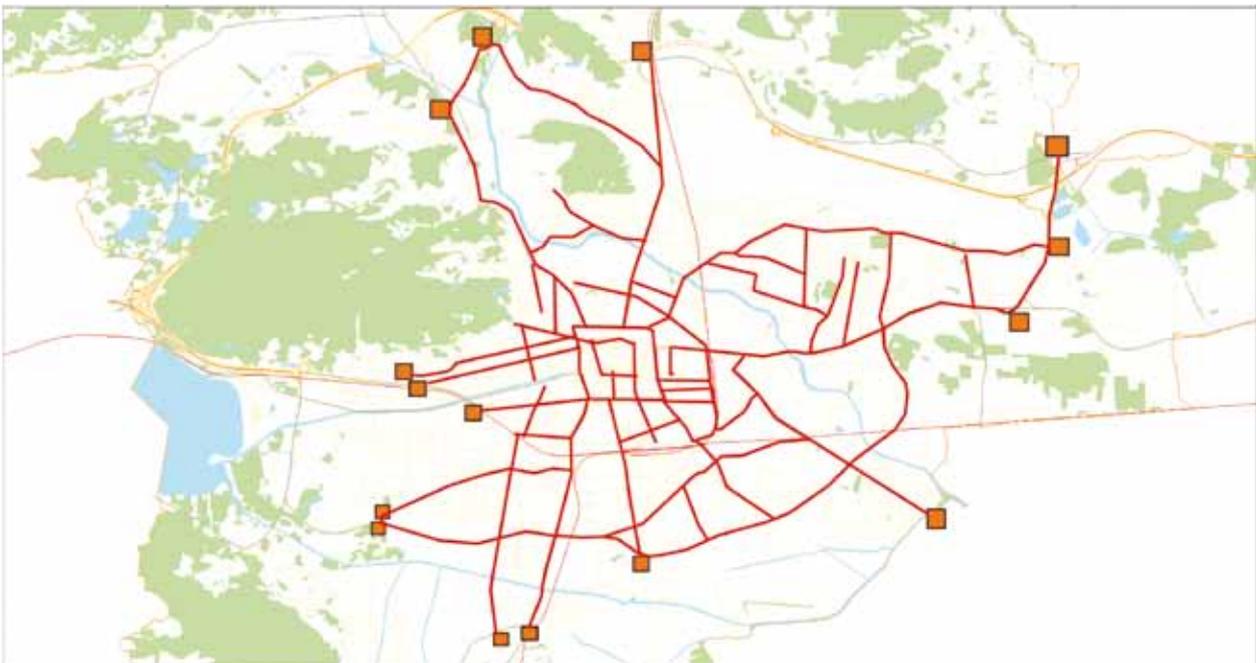


Abb. 30 CMA Testgebiet (164 km) Klagenfurt am Wörthersee mit Standorte der Kennzeichnungstafeln

Gefrierpunktverlauf von CMA:KF Mischungen

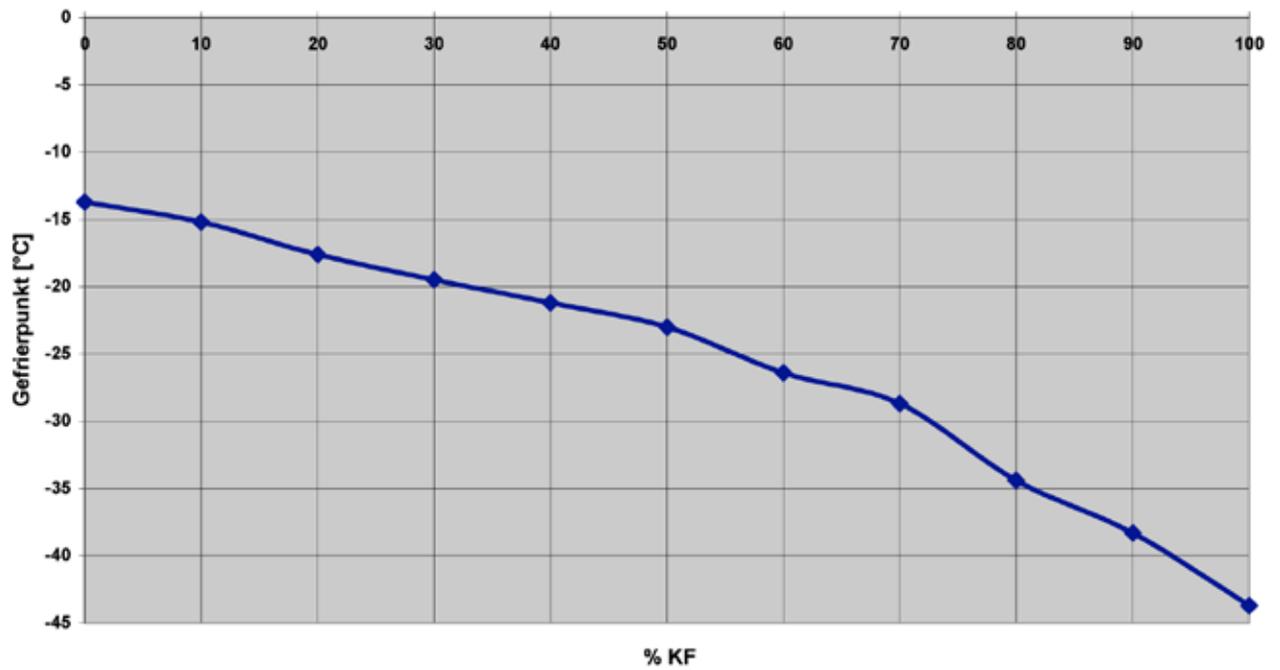


Abb. 31 Gefrierpunkte von CMA, CMA:KF Mischungen (w/w %) und KF in wässriger Lösung; ermittelt gem. Methode ASTM D 1177 von Saybolt, Dänemark, Analysenreport Nr. 102/11639-0/11, vom 19.9.2011, im Auftrag von Nordisk Aluminat, DK.

www.life-cma.at



FEIN! Staub frei.

