INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
ZUSAMMENFASSUNG		vi
1	**EINFÜHRUNG**	1
2	**VORGEHEN, METHODIK UND ABGRENZUNG**	4
3	**BISHERIGE BESTANDESAUFNAHMEN**	6
3.1	WIRTSCHAFTLICHKEIT	6
3.1.1	Allgemeines zur Wirtschaftlichkeit	6
3.1.2	Salzstreuung	7
3.1.3	Splittstreuung	11
3.2	UMWELT	14
3.2.1	Umweltauswirkungen der Salzstreuung	14
3.2.2	Umweltauswirkungen der Splittstreuung	17
3.3	SICHERHEIT	22
3.3.1	Sicherheitsaspekte bei der Salzstreuung	22
3.3.2	Sicherheitsaspekte bei der Splittstreuung	23
3.4	LEISTUNGSFÄHIGKEIT DER STRASSEN	31
3.4.1	Leistungsfähigkeit der Strassen bei der Salzstreuung	31
3.4.2	Leistungsfähigkeit der Strassen bei der Splittstreuung	31
3.5	SYNTHESE	33
3.6	PRAKTISCHE HINWEISE ZUR OPTIMIERUNG DES WINTERDIENSTES	37
3.6.1	Winterdienst auf Strassen innerorts	37
3.6.2	Winterdienst auf Radwegen	41
3.6.3	Winterdienst auf Gehwegen	42
4	**DATENERHEBUNGEN ZUM WINTERDIENST IN DREI STÄDTEN: TESTSTRECKEN**	43
4.1	EINFÜHRUNG	43
4.2	VORGEHEN UND GRUNDLAGEN	43
4.2.1	Teststrassen	43
4.2.2	Testtrottoirs	44
4.3	ERGEBNISSE	44
4.3.1	Winterdienst in den drei Städten	44
4.3.2	Anzahl Einsätze auf den Strassen in den beiden Wintern	45
4.3.3	Streumengen	46
4.3.4	Sicherheitsaspekte	49
4.3.5	Kostenvergleich Splitt/Salz bei den gewählten Teststrassen	49
4.3.6	Kostenvergleich bei den gewählten Trottoirs	55
4.3.7	Bewertung der Resultate aus der Sicht Umwelt und Wirtschaftlichkeit	55

INHALTSVERZEICHNIS (Fortsetzung)

		Seite
5	**REPRÄSENTATIVE DATEN FÜR DIE GEWÄHLTEN STÄDTE**	58
5.1	ZIELE	58
5.2	VORGEHEN UND METHODIK	58
5.3	ERGEBNISSE	58
5.3.1	Ablaufschema Winterunterhalt	58
5.3.2	Hochrechnung der Kosten der Teststrecken auf das Stadtnetz	59
5.3.3	Volkswirtschaftliche Bedeutung des Winterdienstes	63
5.3.4	Zuverlässigkeit der Resultate	63
5.3.5	Diskussion der Resultate	63
6	**VEREINFACHTE ÖKOBILANZ SALZ/SPLITT**	65
6.1	ZIEL	65
6.2	VORGEHEN UND SYSTEMABGRENZUNG	65
6.3	ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ SALZ/SPLITT	65
6.4	ZUVERLÄSSIGKEIT DER RESULTATE	66
6.5	BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	66
7	**GESAMTBEWERTUNG UND SYNTHESE**	70
7.1	WIRTSCHAFTLICHKEIT	70
7.2	UMWELT	71
7.3	SICHERHEIT	72
7.4	SYNTHESE	73
8	**EMPFEHLUNGEN UND AUSBLICK**	77
8.1	EMPFEHLUNGEN	77
8.2	FORSCHUNGSBEDARF	79
8.3	AUSBLICK	79
LITERATUR		81

Figuren

3.1.1 (1) Schematische Darstellung der Winterdienstkosten als Funktion des "durchschnittlichen täglichen Verkehrs" (DTV)
(2) Kosten für die Durchführung des Winterdienstes als Funktion des DTV. S = Österreichische Schilling

3.3.2 Gleitbeiwerte (Variationsbreite von 90 % der Werte) für verschiedene Fahrbahnzustände nach WEHNER und HOFMANN (in DURTH et al., 1989)

3.3.3 Gefährdungsfaktoren für unterschiedliche Fahrbahnzustände und verschiedene Messstellen
a) winterglatte Fahrbahn ohne Glatteis
b) winterglatte Fahrbahn mit Glatteis (nach HOFMANN, 1986)

3.3.4 Rollsplitt-Effekt auf feuchtnasser Fahrbahn: Gleitbeiwerte bei Vorhandensein unterschiedlicher Mengen von Streumaterial für unterschiedliche Messgeschwindigkeiten (nach HOFFMANN et al., 1985a)

3.3.5 Absolute Zunahme der Unfallraten bei winterlichen Strassenverhältnissen (ohne leichte Sachschäden)
NW = nicht winterliche Witterung
LW = leicht winterliche Witterung
SW = stark winterliche Witterung
EW = extrem winterliche Witterung

3.6.1 Vergleich der Strassennetzanteile und der jeweiligen Winterbehandlung im Winter 1982/83 (Durchschnitt aller Städte) (nach HANKE, 1987)

4.3.1 Streumengen auf den Teststrecken im Winter 1996 (Januar - April)

4.3.2 Streumengen auf den Teststrecken im Winter 1996/97 (November - April)

4.3.3 Streumengen auf den Testtrottoirs (Winter 1996/97)

4.3.4 Kosten pro km und Winter für die Teststrecken (Winter 1996)
DS1 = Dringlichkeitsstufe 1; DS2 = Dringlichkeitsstufe 2

4.3.5 Kosten pro km und Winter für die Teststrecken (Winter 1996/97)
DS1 = Dringlichkeitsstufe 1; DS2 = Dringlichkeitsstufe 2

4.3.6 Anteil der Winterdienst-Aktivitäten an den Gesamtkosten (Winter 1996)
In Zürich: Material (inkl. Kosten für Recyclingsplitt)
In Chur: Einsammeln (inkl. Entsorgungskosten)

4.3.7 Kosten pro km und Winter für die Testtrottoirs (Winter 1996/97)

6.3.1 Wirkungsabschätzung mit Umweltbelastungspunkten (ohne UBP für Deponie)

6.3.2 Wirkungsabschätzung mit Umweltbelastungspunkten UBP nach Kompartimenten (ohne UBP für Deponie)

6.3.3 Wirkungsabschätzung nach Eco-indicator 95

6.3.4 Wirkungsabschätzung nach Eco-indicator 96, Aufteilung nach Wirkungskategorien

Tabellen

2.1 Definition der Bewertungsklassen für die Aspekte Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umwelt

2.2 Kategorien zur Bewertung des Informationsgehaltes und der Vollständigkeit bestehender Untersuchungen

3.1.1 Zusammenstellung der Kosten bzw. des Nutzens pro Fahrzeugkilometer (DURTH et al., 1989)

3.2.1 Zusammenfassung der in Amerika jährlich durch Streusalz verursachten Infrastruktur-Kosten (MENZIES, 1992)

3.2.2 Vergleich der Untersuchungsergebnisse über Schwermetallbelastungen in abstumpfenden Streumitteln (MORITZ, 1984) mit den Grenzwerten (in ppm)

3.2.3 Untersuchungen vom eingesammelten Splitt bei der Splittaufbereitungsanlage in Zürich, vor der Behandlung (STADTENTWÄSSERUNG, 1991; Untersuchungen der Firma Eberhart, 1996, nicht veröffentlicht)
KW = Kohlenwasserstoffe; TVA = Technische Verordnung über Abfälle

3.2.4 Resultate der Laboruntersuchungen von Feinstaub aus der Splittaufbereitungsanlage in Zürich gemäss Laborbericht Stadtentwässerung Zürich 25.11.87 und Resultate 14./15.08.1991 (nicht veröffentlicht)

3.3.1 Ermittelte verkehrlich-betriebliche Auswirkungen des eingeschränkten Winterdienstes, ausgedrückt in Mehraufwand pro 100 t eingesparten Salzes (nach DURTH et al., 1989)

3.5.1 Vor- und Nachteile der Salz- oder Splittstreuung

3.6.1 Empfehlungen zum Streustoff-Einsatz (VKS, 1997)

3.6.2 Empfehlungen zur Minimierung der Salzmengen (VKS, 1997)

4.3.1 Anzahl Streu- und Räumeinsätze (Mittelwert der Teststrecken) im Winter 1996 (Januar - April) und im Winter 1996/97 auf den Teststrecken

4.3.2 Grobe Klassierung der Winter 1996 und 1996/97 aufgrund der Einsatztage (SE = Schneeeinsätze; EE = Eiseinsätze). Aufgrund der unterschiedlichen Höhenlagen muss in Zürich noch weiter differenziert werden.

5.3.1 Zürich: Vergleich Hochrechnung Teststrecken mit jährlicher Betriebskostenabrechnung für 1996

5.3.2 Baden: Vergleich Hochrechnung Teststrecken mit jährlicher Betriebskostenabrechnung für 1996

5.3.3 Chur: Vergleich Hochrechnung Teststrecken mit jährlicher Betriebskostenabrechnung für 1996

7.4.1 Vor- und Nachteile der Salz-/Splittstreuung im innerstädtischen Bereich: Überblick

7.4.2 Definition der Bewertungsklassen für die Aspekte Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umwelt

Tabellen (Fortsetzung)

7.4.3 Bewertungsmatrix Wirtschaftlichkeit, Sicherheit, Umwelt

Beilagen

4.2.1 Daten zu den Teststrassen
4.2.2a Zürich, Teststrassen 1, am 09.02.1996
4.2.2b Zürich, Teststrassen 2, am 09.02.1996
4.2.2c Zürich, Teststrassen 3, am 09.02.1996
4.2.2d Baden, Teststrassen 1, am 13.02.1996
4.2.2e Chur, Quartierstrassen, am 09.12.1996
4.2.3 Formblatt Datenerhebung Strassen
4.2.4 Kostenansätze und Annahmen
4.2.5 Formblatt Datenerhebung Trottoirs
4.2.6 Daten zu den Trottoirs
4.2.7 Auswertungstabelle Strassen 1996/1997
4.2.8 Auswertungstabelle Trottoirs 1996/97
4.3.1 Vorschriften der Stoffverordnung
4.3.2 Definition der Dringlichkeitsstufen
4.3.3 Anzahl Einsätze im Winter 1996
4.3.4 Anzahl Einsätze im Winter 1996/97
4.3.5 Streumengen je Einsatz/Winter 1996
4.3.6 Streumengen je Einsatz/Winter 1996/97
4.3.7 Beispiel einer Auswertung der geschätzten Fahrgeschwindigkeiten (Winter 1996)
4.3.8 Kosten Teststrecken (Winter 1996)
4.3.9 Kosten Teststrecken (Winter 1996/97)
5.3.1 Zürich - Schema Winterunterhalt
5.3.2 Baden - Schema Winterunterhalt
5.3.3 Chur - Schema Winterunterhalt

Anhang

1 Vereinfachte Ökobilanz Salz-/Splittstreuung, EMPA St. Gallen