

Bericht über eine Teilleistung des

## **Umweltzeichen- Globalansatz**

„Machbarkeitsstudien, Expertisen und Markterhebungen für die Entwicklung bestehender Umweltzeichen in ausgewählten Produktgruppen als Abrufdienstleistung“, FKZ 202 95 382

### **Expertise zur Überarbeitung der Umweltzeichen-Vergabegrundlage RAL-UZ 13 „Salzfreie, abstumpfende Streumittel“**

FKZ 202 95 382 – 6

In Kooperation mit

**Hydrotox GmbH, Freiburg**  
November 2004

## **IMPRESSUM**

Expertise

**Überarbeitung der Umweltzeichen-Vergabegrundlage für  
„Salzfreie, abstumpfende Streumittel“ RAL-UZ 13 “  
FKZ 202 95 382-6**

### **Bearbeitung**

Dipl. Geogr./Hydrol. Stefan Gartiser  
Hydrotox Labor für Ökotoxikologie und Gewässerschutz GmbH,  
Bötzingen Str. 29, 79111 Freiburg

### **Inhaltliche Betreuung**

Dipl.-Ing. Dirk Jepsen  
Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH  
Nernstweg 32-34, 22765 Hamburg

Teilleistung im Rahmen des Vorhabens

**„Machbarkeitsstudien, Expertisen und Markterhebungen für die Entwicklung bestehender Umweltzeichen in ausgewählten Produktgruppen als Abrufdienstleistung“, FKZ 202 95 382**

**Ökopol** - Institut für Ökologie und Politik GmbH  
Nernstweg 32 – 34; 22765 Hamburg,  
Dipl. Ing. Dirk Jepsen, Dr. Anne Ipsen, Dr. Dieter Großmann

**Öko-Institut** e.V.; Bereich Produkte & Stoffströme  
Binzengrün 34a; 79114 Freiburg  
Dr. Ulrike Eberle

## 1. Kontext der Teilleistung

Die Geltungsdauer der Umweltzeichen-Vergabegrundlage für salzfreie, abstumpfende Streumittel „RAL-UZ 13“ endet im Dezember 2004. Mit Stand Beginn 2003 nutzten 27 Hersteller das Umweltzeichen für 32 Streumittel (davon zwei Anbieter von Streumitteln aus Schmelzkammergranulaten, die Mehrzahl der Produkte stammen aus natürlichen mineralischen Vorkommen).

Da die letzte Revision des Umweltzeichens RAL-UZ 13 mit einer Expertenanhörung bereits 1996 stattfand, werden in den bestehenden Anforderungen des Umweltzeichens eine Reihe in der Zwischenzeit beschlossener Regelungen zum Boden- und Grundwasserschutz noch nicht berücksichtigt.

Die Jury Umweltzeichen hatte 2002 beschlossen, auf der Grundlage einer Übersicht über die Schwermetallgehalte der Umweltzeichenprodukte eine Entscheidung über die Fortentwicklung der Anforderungen der Vergabegrundlage zu treffen. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die Beurteilung der Streumittel aus Sekundärrohstoffen, die aus Schmelzkammergranulaten gewonnen werden (gegenwärtig zwei Zeichennehmer).

## 2. Aufgabenstellung der Teilleistung

Vor dem Hintergrund der vorstehend skizzierten Situation wurde im Januar 2004 vom Umweltbundesamt eine Leistungsbeschreibung für eine Expertise zur Überarbeitung der Vergabekriterien und Nachweisregelungen für das bestehende Umweltzeichen „Salzfreie, abstumpfende Streumittel“ (RAL-UZ 13, Ausgabe: Februar 2003) formuliert, die die folgenden Schwerpunkte der Teilleistung benannte:

1. Überarbeitung und Aktualisierung der berücksichtigten Umweltaspekte (Abschnitt 1.2 der Vergabegrundlage).
2. Vorschläge für die Neufassung der Anforderungen an lösliche und/oder eluierbare Schwermetalle in den Streumitteln (Abschnitte 3.3 und 3.4 der Vergabegrundlage). Als Grundlage für Ableitung von Anforderungswerten können die Geringfügigkeitsschwellen zur Bewertung von Bauprodukten (anorganische Parameter) nach Anhang I-D des DIBt- Merkblatts „Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser“ oder die „Geringfügigkeitsschwellen (Prüfwerte) zur Beurteilung von lokal begrenzten Grundwasserverunreinigungen“ der LAWA AG- Unterausschuss „Geringfügigkeitsschwellen“ herangezogen werden.
3. Vorschläge für geeignete Nachweisverfahren, die sich an den bestehenden Prüfvorschriften der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (z. B. FGSV- Arbeitspapier Nr. 28/1 „Umweltverträglichkeit von Mineralstoffen, Teil: Wasserwirtschaftliche Verträglichkeit“ oder den „Technischen Lieferbedingungen und Richtlinien für Streustoffe des Winterdienstes –TL Streu“ orientieren. In diesem Zusammenhang soll auch das von der FGSV vorgeschlagene pH4-stat-Verfahren in die Beurteilung der Prüfverfahren einbezogen werden.
4. Abschätzung der zu erwartenden Prüfkosten für die Bestimmung des löslichen und/oder eluierbaren Schwermetallgehalts. Vergleich mit den bisherigen Prüfaufwendungen (Bestimmung des säurelöslichen Anteils von Metallen nach Königwasseraufschluss (S 7) nach DIN 38 414-7) für Streustoffe aus Schmelzkammergranulaten.

5. Aussagen zum Erfordernis von Wiederholungsprüfungen bei Streustoffen aus natürlichen Vorkommen und aus Sekundärrohstoffen (Schmelzkammergranulate).
6. Überprüfung und Aktualisierung der Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit der Streustoffe. Hierbei sind insbesondere solche Anforderungen zu berücksichtigen, die dem bevorzugten Einsatzzweck der Streumittel zur Abstumpfung von Geh- und Radwegen besser Rechnung trägt.
7. Erarbeitung eines Textvorschlages für die Anforderungen und Nachweisregelungen an salzfreie, abstumpfende Streumittel für die Entwurfsfassung der überarbeiteten Vergabegrundlage RAL-UZ 13.
8. Fachwissenschaftliche Begleitung und Nachbereitung der Expertenanhörung zum Umweltzeichen.

### 3. Bearbeitung der Teilleistung

Ökopool hat die Hydrotox GmbH mit der Bearbeitung der Teilleistung beauftragt. Die Hydrotox GmbH hat bereits eine Machbarkeitsstudie zu organischen Enteisungsmitteln für Straßen und Wege erstellt<sup>1</sup> und konnte aufgrund dieser Vorarbeiten eine besonders effiziente Bearbeitung der vorliegenden Fragestellungen gewährleisten.

Die Bearbeitung erfolgte in enger Abstimmung mit/zwischen dem Fachbetreuer beim Umweltbundesamt Hr. Dr. Thurner und Herrn Gartiser von Hydrotox im folgenden Zeitablauf:

- 10.2.2004: Beginn der Bearbeitung durch Hydrotox zum 10. Februar 2004
- 22.3.2004: Vorlage eines Zwischenbericht-Entwurfes
- 21.9.2004: Teilnahme an der Expertenanhörung (mit Präsentation der Arbeitsergebnisse)
- 3.11.2004: Zwischen Gutachtern und Umweltbundesamt abgestimmter Endberichtes

Die gegenüber der ursprünglichen Beauftragung der Teilleistung eingetretenen Verzögerungen des Teilleistungsabschlusses, lagen in dem von den Auftragnehmern nicht beeinflussbar späten Termin der Expertenanhörung begründet.

---

<sup>1</sup> Gartiser, S., Reuther, R., Gensch, C.-O.: Machbarkeitsstudie zur Formulierung von Anforderungen für ein neues Umweltzeichen für Enteisungsmittel für Straßen und Wege in Anlehnung an DIN EN ISO 14024. Abschlussbericht FKZ 200 95308/04 im Auftrag des Umweltbundesamtes, Februar 2003, UBA-Texte 09/03

## Berichts – Kennblatt

1. Berichtsnummer FKZ 202 95 382-6	2. Produktbewertung/ Umweltzeichen	3.
4. Expertise zur Überarbeitung der Umweltzeichen-Vergabegrundlage für „Salzfreie, abstumpfende Streumittel“ RAL-UZ 13		
5. Autor(en) (Name, Vorname(n)) Gartiser, Stefan Jepsen, Dirk		6. Abschlussdatum des Vorhabens 03.11.2004
		7. Veröffentlichungsdatum
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Hydrotox GmbH Bötzing Str. 29, D-79111 Freiburg		9. UFOPLAN-Nr. 202 95 382-7
Ökopol GmbH Nernstweg 32 -34, 22765 Hamburg		10. Seitenzahl 68
		11. Literaturangaben 91
12. Fördernde Institutionen (Name, Adresse) Umweltbundesamt Postfach 33 00 22, D-14191 Berlin		13. Tabellen 5
		14. Abbildungen 6
15. Zusätzliche Angaben Das Vorhaben wurde als Teilleistung zu FKZ 202 95 382-6 im Unterauftrag der Ökopol GmbH Hamburg durchgeführt.		
16. Kurzfassung Die Jury Umweltzeichen hat 2002 beschlossen, die Vergabegrundlagen für das seit 1981 bestehende RAL-UZ 13 "Salzfreie, abstumpfende Streumittel" weiter zu entwickeln. Die vorliegende Expertise war Grundlage für den Entwurf der überarbeiteten Anforderung für das Gütezeichen, der 21. September 2004 im Rahmen einer Anhörung abgestimmt wurde. Der Geltungsbereich der Vergabegrundlage erstreckt sich weiterhin auf salzfreie, abstumpfende Streumittel auf Gehwege u. ä. Bereichen. Die Verwendung abstumpfender Streumittel beim Straßenwinterdienst ist aufgrund der in jüngerer Zeit aufkommenden kritischen Bewertung der Gebrauchstauglichkeit und des ökobilanziellen Aufwandes ausdrücklich ausgeschlossen. Die Überarbeitung berücksichtigt neuere gesetzliche Entwicklungen (u. a. das Bundesbodenschutzgesetz) und technische Richtlinien. So werden die Streumittel künftig an Hand des LAGA-Merkblattes 20 „Anforderung an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen“ bewertet. Maßgeblich sind die „Z0“-Kriterien für den uneingeschränkten Einbau in bodennahen Anwendungen. Diese beschränken u. a die Schwermetallgehalte sowohl im Feststoff (nach Königswasseraufschluss) als auch im wässrigen Eluat der Streumittel. Die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit abstumpfender Streumittel hinsichtlich Korngröße, Kornform Feinstkornanteil, Schlagfestigkeit und Kantigkeit wurden gegenüber der alten Fassung der Vergabegrundlage präzisiert und an die TL-Streu angepasst. Darüber hinaus werden in der Expertise weitere Aspekte aus neueren Forschungsarbeiten beschrieben, so z.B. ökobilanzielle Betrachtungen bei der Herstellung, dem Transport, der Ausbringung und der Einsammlung abstumpfender Streumittel. Zudem wird die Staubbelastung durch abstumpfende Streumittel thematisiert.		
17. Schlagwörter Umweltzeichen, Vergabegrundlagen, Winterdienst, Winterstreumittel, abstumpfende Streumittel, Splitt, Streusalz, Schmelzkammergranulate, Sekundärrohstoffe, Gebrauchstauglichkeit, Ökobilanz, Staubbelastung		



Umweltforschungsplan  
des Bundesministers für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Teilleistung zu FKZ 202 95 382-6

## **Endbericht**

**Expertise zur Überarbeitung der Umweltzeichen-Vergabegrundlage  
für „Salzfreie, abstumpfende Streumittel“ RAL-UZ 13**

von

Dipl. Geogr./Hydrol. Stefan Gartiser

Hydrotox Labor für Ökotoxikologie und Gewässerschutz GmbH

Im Unterauftrag der

Ökopol GmbH, Hamburg

Freiburg, November 2004

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Aufgabenstellung</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Kenntnisstand</b> .....	<b>5</b>
3.1	Kommunaler Winterdienst .....	5
3.2	Glättebedingte Unfälle .....	8
3.2.1	Straßenverkehr .....	8
3.2.2	Unfälle auf Gehwegen .....	8
3.2.3	Fahrradwege .....	9
3.3	Verbleib der Streumittel .....	10
3.4	Ökobilanzielle Betrachtungen .....	11
3.5	Umweltzeichen für Streumittel .....	12
3.5.1	RAL-UZ 13 "Salzfreie abstumpfende Streumittel" .....	12
3.5.2	Nordischer Rat "Ecolabelling of ice combatting agents" .....	13
3.5.3	RAL-UZ 99 für "Bewegungsflächenenteiser für Flugplätze" .....	14
3.6	Entsorgung von abstumpfenden Streustoffen .....	14
<b>4</b>	<b>Beurteilungskriterien für abstumpfende Streumittel</b> .....	<b>16</b>
4.1	Gewinnung abstumpfender Streumittel .....	16
4.1.1	Natürliche Gesteine .....	16
4.1.2	Sekundärrohstoffe .....	17
4.1.3	Blähton .....	21
4.2	Anforderungen an abstumpfende Streumittel .....	22
4.2.1	Gebrauchstauglichkeit .....	22
4.2.2	Schwermetallgehalte .....	25
4.2.3	Anforderungen an Sekundärrohstoffe.....	28
4.3	Geringfügigkeitsschwellen .....	28
4.3.1	LAWA Grundsätze des vorsorgenden Grundwasserschutzes .....	28
4.3.2	Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser .....	31

4.4	Bestimmungsverfahren.....	32
4.4.1	Königswassereextrakt .....	32
4.4.2	Bestimmung des eluierbaren Anteils .....	33
4.4.3	Analyse anorganischer Schadstoffgehalte .....	36
4.4.4	Korngrößenverteilung .....	36
4.4.5	Anteil kubisch geformter Körner .....	36
4.4.6	Anteil an gebrochenen Körnern.....	37
4.4.7	Schlagzertrümmerungswert.....	37
4.5	Staubbelastung .....	38
4.6	Transport .....	40
4.7	Vorschlag hinsichtlich der Bewertungsverfahren für RAL-UZ 13.....	42
4.7.1	Geltungsbereich .....	42
4.7.2	Extraktionsverfahren.....	42
4.7.3	Säurelösliche Schwermetalle .....	43
4.7.4	Wasserlösliche Schwermetalle.....	45
4.7.5	Gebrauchstauglichkeit.....	45
4.7.6	Datendokumentation .....	46
<b>5</b>	<b>Überarbeitung der Grundlagen für RAL-UZ 13 .....</b>	<b>47</b>
	Vorbemerkung.....	47
	Anforderungen .....	47
	Nachweise .....	49
<b>6</b>	<b>Gesetze und Richtlinien.....</b>	<b>50</b>
<b>7</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>54</b>
	<b>Anhang: Musterprüfbericht für abstumpfende Streustoffe.....</b>	<b>64</b>

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Ursachen von Straßenverkehrsunfällen mit Personenschaden 2002 .....	8
Tabelle 2: Bundesweite Hintergrundwerte für den Untergrund von Böden (mg/kg)...	17
Tabelle 3: Schwermetallgehalte von Schmelzkammergranulaten [mg/kg].....	19
Tabelle 4: Prüf- und Grenzwerte von Schwermetallen im Eluat bzw. im Industrieabwasser [mg/l].....	30
Tabelle 5: Zulässige Schwermetallgehalte (Feststoffgehalte) in mg/kg TS .....	44

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Mittlerer Streumittelverbrauch in 11 Städten (Schneewolf 1990).....	6
Abbildung 2: Verbleib der Streumittel im kommunalen Winterdienst .....	11
Abbildung 3: Darstellung der Einbauklassen nach LAGA M 20 (11/2003).....	27
Abbildung 4: Zeitliche Entwicklung der mittleren Tageshöchstwerte der Staubbelastung in Wien nach Schneefällen 1988-1996 .....	38
Abbildung 5: Mittlere Staubimmissionen (sL-Werte) und Straßenkehrrichtentsorgung	39
Abbildung 6: Primärenergieaufwendungen für Herstellung, Aufbereitung und Antransport von Wintersplitt in Anhängigkeit von der Distanz .....	41

## Abkürzungsverzeichnis:

AAS	Atom-Absorptions-Spektrometer
AbfKlärV	Klärschlammverordnung
AbwV	Abwasserverordnung
ADAC	Allgemeiner deutscher Automobil Club
AOX	Adsorbierbare organische Halogenverbindungen
ASTM	American Society for Testing and Materials
AT4	Aerobe Atmungsaktivität innerhalb 4 Tagen
ATV	Abwassertechnische Vereinigung e. V.
AP	Azidifizierungspotenzial
BArbBl	Bundesarbeitsblatt
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundesbodenschutzgesetz und Altlastenverordnung
BimSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
DEV S4	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Methode S4 (entspricht DIN 38414-4)
EP	Eutrophierungspotenzial
EU	Europäische Union
EW 98	LAGA Richtlinie zur Herstellung und Untersuchung wässriger Eluate (EW 98S = Schüttelversuch, EW 98T = Trogversuch, EW 98p = pH-Stat-Verfahren)
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FS30	Feuchtsalzverfahren mit Zugabe von 30% Sole zum Streusalz
GB21	Anaerobe Gasbildung in 21 Tagen
KEA	kumulierter Energieaufwand
ISO	International Standard Organisation
KBwS	Kommission zur Bewertung wassergefährdender Stoffe
Kfz	Kraftfahrzeug
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
LABO	Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LAGA M20	LAGA Merkblatt 20 "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen"
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser

LC50	50% letale Konzentration
LOEC	Low Observed Effect Concentration
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
MJ	Mega-Joule ( $10^6$ Joule)
NOEC	No Observed Effect Concentration
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
oTS	Organische Trockensubstanz
pH-stat Verfahren	Elutionsverfahren bei konstantem pH (vgl. EW 98p)
PNEC	Predicted No Observed Effect Concentration
RAL	Deutsches Inst. f. Gütesicherung und Kennzeichnung e.V.
RFA	Röntgenfluoreszenzanalyse
SAE	International Engineering Society for Advancing Mobility Land, Sea, Air and Space
SWIS	Straßenzustands- und Wetterinformationsdienst
SZ	Schlagzertrümmerungswert
TASI	Technische Anleitung Siedlungsabfälle
TL-Streu	Technische Lieferbedingungen und Richtlinien für Streustoffe des Winterdienstes (2003)
TOC	Total organic carbon (organisch gebundener Kohlenstoff)
Umweltrat	Rat der Sachverständigen für Umweltfragen
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
VKS.	Verband Kommunale Abfallwirtschaft und Stadtreinigung e.V.
VwVwS	Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe
WGK	Wassergefährdungsklassen
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
Z0	Zuordnungswert des LAGA M20 für uneingeschränkten Einbau mineralischer Abfälle

## Zusammenfassung

Der Ersatz von Streusalz als Auftaumittel im Winterdienst führt zu vermehrten Schäden an Pflanzen, Fahrzeug-Karosserien und Betonbauwerken und erhöht die Salzgehalte in Grund- und Oberflächenwasser. Als Ersatzprodukt werden im innerörtlichen Bereich vermehrt abstumpfende Streumittel eingesetzt, für die seit 1981 das Umweltzeichen RAL-UZ 13 "Salzfreie, abstumpfende Streumittel" vergeben wird. Dieses wurde zuletzt 1987 überarbeitet.

Die Jury Umweltzeichen hat 2002 beschlossen, die Vergabegrundlagen für das RAL-UZ 13 weiter zu entwickeln. Die Hydrotex GmbH wurde beauftragt, eine Expertise zu der Überarbeitung der Umweltzeichen-Vergabegrundlage zu erstellen. Auf Grundlage der im April 2004 fertig gestellten Expertise wurde ein Entwurf der überarbeiteten Anforderung für das Gütezeichen verteilt, der am 21. September 2004 im Rahmen einer Anhörung zu diesem Umweltzeichen unter Beteiligung der betroffenen Kreise diskutiert und abgestimmt wurde. Zudem wurden Einsprüche der Fachkreise aus dem Bodenschutzbereich berücksichtigt.

Die Beteiligten der Anhörung stimmten überein, dass für dieses Umweltzeichen nach wie vor ein großes Interesse besteht. Der Geltungsbereich der Vergabegrundlage erstreckt sich weiterhin auf salzfreie, abstumpfende Streumittel auf Gehwege u. ä. Bereichen. Die Verwendung abstumpfender Streumittel beim Straßenwinterdienst ist aufgrund der in jüngerer Zeit aufkommenden kritischen Bewertung der Gebrauchstauglichkeit und des ökobilanziellen Aufwandes ausdrücklich ausgeschlossen.

Die Überarbeitung berücksichtigt neuere gesetzliche Entwicklungen (u. a. das Bundesbodenschutzgesetz) und technische Richtlinien. So werden die Streumittel künftig an Hand des LAGA-Merkblattes 20 „Anforderung an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen“ bewertet. Maßgeblich sind die „Z0“-Kriterien für den uneingeschränkten Einbau in bodennahen Anwendungen. Diese beschränken u. a. die Schwermetallgehalte sowohl im Feststoff (nach Königswasseraufschluss) als auch im wässrigen Eluat der Streumittel. Es sei darauf hingewiesen, dass die abgestimmten Kriterien für das RAL-UZ 13 weit höhere Ansprüche an Schadstoffbelastungen der Streumittel stellen als die für den

Straßenverkehr gültige TL-Streu, die ausschließlich die Eluatgehalte bewertet und höhere Eluatgehalte zulässt. Für Streumittel aus natürlichen Gesteinen werden diese Untersuchungen nur dann für erforderlich erachtet, wenn aufgrund der örtlichen Herkunft eine Vorbelastung vermutet werden kann. Die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit abstumpfender Streumittel hinsichtlich Korngröße, Kornform Feinstkornanteil, Schlagfestigkeit und Kantigkeit wurden gegenüber der alten Fassung der Vergabegrundlage präzisiert und an die TL-Streu angepasst.

Darüber hinaus werden in der Expertise weitere Aspekte aus neueren Forschungsarbeiten beschrieben, so z.B. ökobilanzielle Betrachtungen bei der Herstellung, dem Transport, der Ausbringung und der Einsammlung abstumpfender Streumittel. Zudem wird die Staubbelastung durch abstumpfende Streumittel thematisiert.

## Aufgabenstellung

Aufgabe des kommunalen Winterdienstes ist es, die Verkehrssicherheit von Fußgängern, Rad- und Autofahrern bei Schnee- und Eisglätte zu gewährleisten. Dazu wird in Deutschland seit den 50er Jahren Streusalz als Auftaumittel eingesetzt. Aufgrund des umfangreichen Ausbringens von Streusalz traten vermehrt Schäden an Pflanzen, Fahrzeug-Karosserien und Betonbauwerken auf und es wurden lokal erhöhte Salzgehalte in Grund- und Oberflächenwasser sowie weitere salzbedingte Folgeschäden wie die Verdichtung des Bodens beobachtet.

In den 70er Jahren setzte ein Umdenkungsprozess ein und die Salzstreuung wurde in den meisten Kommunen stark eingegrenzt oder verboten. Dafür werden im innerörtlichen Bereich vermehrt abstumpfende Streumittel eingesetzt, für die seit 1981 das Umweltzeichen RAL-UZ 13 *"Salzfreie, abstumpfende Streumittel"* vergeben wird. Die Jury Umweltzeichen hat 2002 beschlossen, auf der Grundlage einer Übersicht über die Schwermetallgehalte der Umweltzeichenprodukte eine Entscheidung über die Fortentwicklung der Anforderungen der Vergabegrundlage zu treffen. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die Beurteilung der Streumittel aus Sekundärrohstoffen, die aus Schmelzkammergranulaten gewonnen werden. Hierzu soll - wie zuletzt 1996 - eine Expertenanhörung zum Umweltzeichen RAL-UZ 13 unter Beteiligung der interessierten Kreise stattfinden, zu der RAL einladen wird.

Eine Anbieterkooperation verschiedener Umweltinstitute (Ökopol GmbH, Öko-Institut e.V., Hydrotox GmbH, Imug-Institut e.V. und Ifeu-GmbH) wurde vom Umweltbundesamt beauftragt, im Rahmen des Projektes "Globalansatz Umweltzeichen" Machbarkeitsstudien und Expertisen zu bestehenden und/oder neuen Umweltzeichen als Abrufdienstleistung zu erstellen (FKZ 202 95 382). Im Rahmen dieses Gesamtvorhabens wurde von der Hydrotox GmbH vorliegende Expertise zu der Überarbeitung der Umweltzeichen-Vergabegrundlage für "salzfreie, abstumpfende Streumittel" erstellt. Die Koordination des Gesamtvorhabens oblag der Ökopol GmbH, Hamburg, als Hauptauftragnehmerin des Umweltbundesamtes.

Ziel der Expertise war es, die Vergabekriterien und Nachweisregelungen für das bestehende Umweltzeichen „Salzfreie, abstumpfende Streumittel“ (RAL-UZ 13, Ausgabe: Februar 2003) zu überprüfen und Vorschläge für eine Revision der

Umweltzeichen-Vergabegrundlage vorzulegen sowie das Anhörungsverfahren zu diesem Umweltzeichen fachwissenschaftlich zu begleiten.

Der Geltungsbereich für das Umweltzeichen RAL-UZ 13 ist die Verwendung von salzfreien, abstumpfenden Streumitteln auf Gehwegen u. ä. Der Schwerpunkt der Expertise liegt daher auf der Bewertung des Einsatzes abstumpfender Streumittel in diesem Bereich. Gleichwohl werden aktuelle Erkenntnisse aus dem Streumittleinsatz im Straßenwinterdienst zitiert.

## **Kenntnisstand**

### **1.1 Kommunaler Winterdienst**

Unter Winterdienst versteht man allgemein die *"Gesamtheit der Maßnahmen zur Aufrechterhaltung und zur Erleichterung des Verkehrs sowie zur Verkehrssicherung bei winterlichen Witterungsverhältnissen"* (DIN 30706-3). Die Räum- und Streupflicht beim Winterdienst ist Teil der allgemeinen Verkehrssicherungspflicht, die in den Straßen- und Straßenreinigungsgesetzen der Länder sowie in den Satzungen der Kommunen festgelegt wird. Prinzipiell sind folgende Bereiche zu unterscheiden:

- Straßenwinterdienst außerhalb geschlossener Ortschaften
- Kommunaler Winterdienst auf Gehwegen, Fußgängerwegen, Fußgängerzonen
- Winterdienst auf Radwegen
- Kommunaler Straßenwinterdienst
- Übertragung von Winterdienstpflichten auf die Anlieger

In diesen verschiedenen Bereichen ergeben sich unterschiedliche Anforderungsprofile sowohl hinsichtlich der Schneeräumung, der Auswahl der Streumittel als auch der Dosierung. Außerhalb geschlossener Ortschaften (Autobahnen, Bundes-, Kreis- und Landstraßen) werden fast ausschließlich Auftausalze auf Basis von Natriumchlorid und Calciumchlorid eingesetzt. In Kommunen wird auf Gehwegen überwiegend Streusplitt eingesetzt, während auf Straßen meist die Strategie des "differenzierten Winterdienstes" eingesetzt wird, die eine abgestufte Verwendung von Streustoffen nach Straßen- und Wetterlage in Hinblick auf Salzstreuung, Splittstreuung und Nullstreuung vorsieht. In vielen kommunalen Straßenreinigungssatzungen werden die Winterdienstpflichten für Gehwege auf die Anlieger übertragen und hier zugleich der Einsatz von Streusalz ausgeschlossen. Auf Privatgrundstücken können die Bewohner hingegen sowohl Salze als auch abstumpfende Streumittel einsetzen und beide Streumittelarten finden sich in den Sortimenten der Bau- und Gartenmärkte.

Während im Winter 1977/78 noch 53% der Gemeinden ausschließlich Salz auf den Gehwegen ausbrachten, nahm dieser Anteil kontinuierlich auf 10% der Gemeinden

im Jahr 1982/83 ab und gleichzeitig die Anwendung abstumpfender Streumittel zu. Auch der salzfreie Radwegwinterdienst nahm im selben Zeitraum von 18% auf 41% der Gemeinden zu. Im privaten Gehwegwinterdienst wurde nach Einschätzung der Winterdienstbetriebe Anfang der 80er Jahre in rd. der Hälfte der Städte fast ausschließlich Salz eingesetzt, in 30% der Städte etwa zu gleichen Teilen Salz und abstumpfende Mittel und nur in 20% der Städte überwiegend abstumpfende Mittel. In der Umfrage waren 211 Gemeinden mit insgesamt rd. 25 Mio. Einwohnern erfasst (Schneewolf 1985). Dieser Trend dauerte auch in den folgenden Jahren an, so dass der öffentliche Gehwegwinterdienst im Winter 1986/87 in 83% aller Gemeinden salzfrei ausgeführt wurde. Auch im Radwegwinterdienst wurde in 76% der Gemeinden überwiegend, in 49% der Gemeinden ausschließlich salzfrei verfahren. Im privaten Gehwegwinterdienst nahm der Einsatz abstumpfender Streumittel zwar auf 55% zu, dennoch wurde hier noch ein erheblicher Verbesserungsbedarf gesehen. (Schneewolf et al. 1990).

In einer aktualisierten Umfrage unter den Städten Lübeck, Hamburg, Berlin, Hannover, Düsseldorf, Bonn, Karlsruhe, Erlangen, Stuttgart, Ingolstadt und Freiburg ergaben sich die in Abbildung 1 dargestellten mittleren spezifischen Streumittelverbräuche. Die Verschiebung der Streusalzverwendung zu den abstumpfenden Streumitteln ist deutlich zu erkennen.

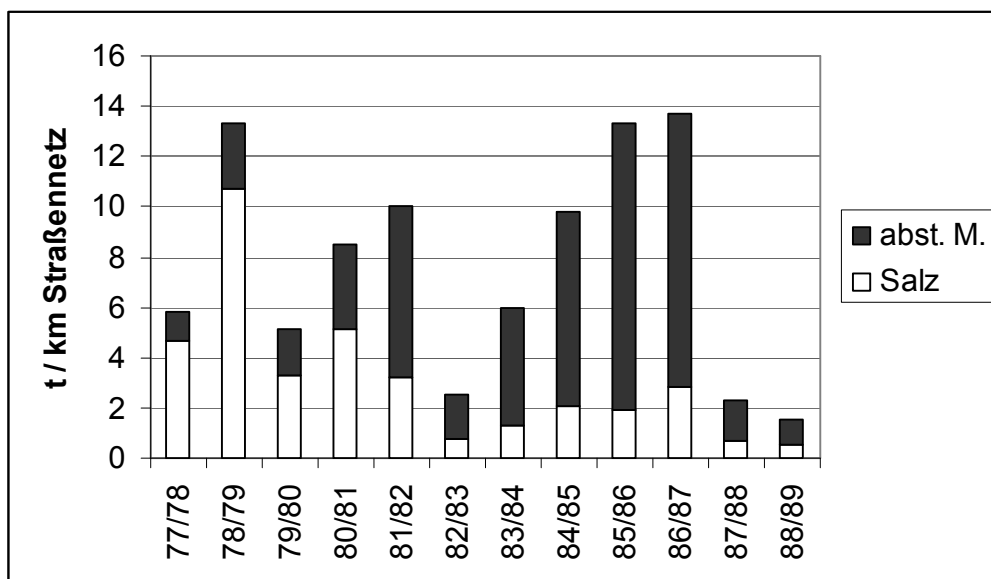


Abbildung 1: Mittlerer Streumittelverbrauch in 11 Städten (Schneewolf 1990)

Eine Umfrage in 214 Städten und Gemeinden ergab, dass der überwiegende Teil zumindest auf einem Teil der Radwege einen Winterdienst durchführte. Lediglich 4% der Kommunen betreuten ihre Radwege nicht. Der überwiegende Anteil (65%) führte eine Kombination aus Räumen und Streuen durch, wobei überwiegend (65%) der Schneepflug und weniger Pflug/Besen-Kombinationen (25%) zum Einsatz kamen. An Streustoffen verwenden die Kommunen beim Winterdienst auf Radwegen überwiegend (65%) abstumpfende Streustoffe. Lediglich 5% verwenden ausschließlich auftauende Streustoffe (Bach et al. 1995). Zusammenfassend ist festzuhalten, dass nach Auftreten der massiven Baumschäden im innerörtlichen Bereich Anfang der 80er Jahre die Salzanwendung auf Geh- und Radwegen drastisch reduziert wurde. Gleichzeitig nahm die Anwendung von Mischungen aus Splitt und Salz deutlich ab. Es liegen nur wenige aktuelle Untersuchungen über die derzeitige Winterdienstpraxis vor, allerdings dürfte derzeit in der überwiegenden Zahl der Kommunen auf Gehwegen weitgehend Splitt eingesetzt werden. Dies wird durch eine Untersuchung der TU-Darmstadt gestützt, nach der fast 90% der befragten Städte und Gemeinden beim Winterdienst auf Fußgängerquerungsbereichen abstumpfende Streustoffe (überwiegend Splitt, weniger Granulat und Sand) benutzen. Lediglich 5% der befragten Kommunen setzten hier auftauende Streustoffe ein. Entsprechend den lokalen Verhältnissen wurde Sand und Granulat überwiegend im Flachland eingesetzt, während Splitt in jeder Höhenlage und ab einer Höhe von 400 m ü. NN fast ausschließlich verwendet wurde (Bach et al 1995). Allerdings wird im privaten Gehwegwinterdienst nach wie vor in erheblichen Mengen Streusalz eingesetzt wie eine Erhebung der in Bau- und Gartenmärkten angebotenen Winterstreumittel ergab (Gartiser et al. 2003). Von erheblicher Bedeutung sind die rechtlichen Konsequenzen und mögliche Haftungsfolgen für die Kommunen, die sich aus den Winterdienstpflichten ergeben (Wichmann 2000).

Naturgemäß hängt die Effektivität des Winterdienstes auch von den Witterungsbedingungen ab. Die Schneeräumung ist umso effektiver, wenn sie vor dem Festfahren der Schneedecke erfolgt, abstumpfende Streumittel gelten auf Eisflächen oder bei höheren Schneedecken als nahezu wirkungslos. Dies zeigt die hohe Komplexizität des gesamten Problemkreises auf.

## 1.2 Glättebedingte Unfälle

### 1.2.1 Straßenverkehr

Das Statistische Bundesamt erfasst regelmäßig die Unfallursachen nach Ortslage, Straßenkategorie und dem Fehlverhalten der Fahrzeugführer. Hieraus lassen sich Zahlen zu den allgemeinen Ursachen von Straßenverkehrsunfällen im innerörtlichen Bereich entnehmen, die in Tabelle 1 zusammengefasst sind.

Tabelle 1: Ursachen von Straßenverkehrsunfällen mit Personenschaden 2002

<b>a) Allgemeine Ursachen</b>	Anzahl
Straßenverhältnisse	8.207
davon Glätte durch Schnee und Eis	2.030
davon durch Regennässe	4.822
Witterungseinflüsse (Nebel, starker Regen, blendende Sonne, Seitenwind u. a.)	1.613
Hindernisse und sonstige Ursachen	4.589
<b>b) Fehlverhalten der Fahrzeugführer</b>	<b>74.326</b>
<b>c) Technische Mängel der Fahrzeuge</b>	<b>2.460</b>
<b>Summe</b>	<b>91.195</b>

Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 8, Reihe 7 (2003)

Demnach ist die Zahl der glättebedingten Unfälle im innerörtlichen Bereich zwar im Vergleich zum Fehlverhalten der Fahrzeugführer gering, aber immer noch erheblich. Interessant ist, dass die Anzahl der durch Regennässe verursachten Unfälle mehr als doppelt so hoch ist wie die durch winterliche Glätte.

### 1.2.2 Unfälle auf Gehwegen

Nach Angaben des Deutschen Verkehrssicherheitsrates (DVR) verunglücken rund 900 Fußgänger pro Jahr tödlich auf Deutschlands Straßen. 65.000 Stolper-, Rutsch- und Sturzunfälle ereignen sich auf Dienstgängen oder -reisen und auf dem täglichen Weg zur Arbeit oder nach Hause. Immerhin ist jeder Deutsche durchschnittlich 22 Minuten pro Tag zu Fuß außer Haus unterwegs und legt dabei über 500 Kilometer im Jahr zurück. Als Hauptursachen für Stolper-, Rutsch- und Sturzunfälle werden Ablenkung und zu große Eile aufgeführt, aber fast 20 Prozent aller Wegeunfälle

passieren im Herbst und Winter und sind glättebedingt (nasses Laub, Glatteis und Schneematsch, vgl. [http://www.dvr.de/...](http://www.dvr.de/)). Hinsichtlich des Einflusses verschiedener Winterdienststrategien liegen jedoch so gut wie keine Informationen vor. Ebenso ist nicht bekannt, in welchem Ausmaß nicht angepasstes Schuhwerk ohne profilierte und rutschhemmende Sohlen für die Unfälle verantwortlich zu machen sind. Eine Untersuchung des Fußgängerverhaltens in Dessau und Villingen-Schwenningen ergab, dass rd. die Hälfte der befragten Personen bei winterlichen Bedingungen Schuhe mit einem geringen Sohlenprofil trugen. Ein Großteil der Fußgänger passt ihr Schuhwerk demnach nicht in ausreichendem Maße den Witterungsverhältnissen an. Dennoch war das Unfallgeschehen auf Fußgängerquerungsbereichen gering, während die Dunkelziffer der auf Gehwegen verunglückten Fußgänger als sehr hoch eingeschätzt wurde (Bach et al. 1995). In einer Pilotstudie untersuchte Schneewolf (1996) die prinzipiellen Möglichkeiten, den Umfang von Fußgängerunfällen bei winterlichen Strassen- und Wegebedingungen erfassen zu können. Während Fußgängerunfälle mit Beteiligung von Fahrzeugen über das Statistische Bundesamt erfasst werden (Straßenverkehrsfallstatistikgesetz), können Gehwegunfälle nur indirekt ermittelt werden. Als Informationsgrundlage können Meldungen bei den Berufsgenossenschaften (Wege-Dienstunfälle), Umfragen bei Ärzten und Krankenhäusern oder verunglückten Personen, den Versicherungen u. a. dienen, wobei auch die hohe Dunkelziffer (rd. 50% nicht gemeldete Unfälle) berücksichtigt werden muss. Nach einer groben Schätzung unter Auswertung der verfügbaren Daten geht Schneewolf von ca. 136 Gehwegunfällen pro Glättetag und 1 Mio. Einwohnern aus, gegenüber lediglich 25 Gehwegunfällen pro Nicht-Glättetag und 1 Mio. Einwohnern. Da entsprechende Daten nicht vorliegen, können derzeit jedoch keinerlei Aussagen hinsichtlich des Einflusses verschiedener Winterdienststrategien oder dem Ausmaß nicht angepassten Schuhwerks ohne profilierte und rutschhemmende Sohlen als Unfallursache getroffen werden (Schneewolf 1996).

### **1.2.3 Fahrradwege**

Die Aufrechterhaltung des Radwegnetzes bei winterlichen Bedingungen kann einen beträchtlichen Beitrag zur Entlastung der Innenstädte durch Kraftfahrzeuge leisten. Als Faustregel gilt, dass rd. 50% aller Pkw-Fahrten nicht länger als 5 km sind und potentiell zu einem bedeutenden Teil mit Fahrrädern zurückgelegt werden könnten. Fahrradfahrer sind im Straßenverkehr jedoch einem höheren Unfallrisiko ausgesetzt

als Autofahrer und Fußgänger. In Bezug auf die gefahrenen km tragen Fahrradfahrer ein etwa 7-10fach höheres Risiko. Seit 1975 hat die Zahl der im Straßenverkehr verunglückten Fahrradfahrer deutlich zugenommen, wobei insbesondere schwere Kopfverletzungen typisch sind. Im Winter nimmt die Anzahl der Radfahrer Innerhorts um etwa die Hälfte, bei Schneefall sogar um etwa 90% ab (Bach et al. 1995).

### **1.3 Verbleib der Streumittel**

Durch den Einsatz von Streustoffen gerät der Winterdienst ins Spannungsfeld zwischen Verkehrssicherheit und Umweltschutz. Insbesondere tauende und abstumpfende Streustoffe werden eingesetzt, um die Leistungsfähigkeit und Nutzbarkeit des Straßen- und Wegenetzes auch im Winter zu erhalten. Der Verbleib der Streumittel in verschiedenen Umweltkompartimenten, ihre mögliche Auswirkungen und Quervernetzungen sind in Abbildung 2 schematisch dargestellt. Auftausalze gelangen mit dem Straßenabfluss über das Straßenentwässerungssystem in Oberflächengewässer (Kläranlage, Flüsse, Seen) bzw. über die Straßenrandzone und Bodenpassage ins Grundwasser. Durch den Streusalzeinsatz und den vermehrten Eintrag von Natrium findet v. a. eine Alkalisierung von Straßenrandböden statt und damit eine erhöhte Auswaschung von Calcium und Magnesium, wodurch auch die Bodendurchlüftung, Wasserspeicherung und Wasseraufnahme im Wurzelbereich beeinträchtigt werden kann. Das Straßenbegleitgrün kann sowohl durch direkten (Gischt) als indirekten (Wasseraufnahme) Streusalzeinfluss beeinträchtigt werden. Die Meere sind die natürlichen Senken für Salze, daher ist ein möglichst rascher Transport der Streusalze über die Kanalisation und Fließgewässer zu den Meeren anzustreben, um die negativen Auswirkungen zu minimieren.

Abstumpfende Streumittel tragen zu einem beträchtlichen Teil zum Gesamtaufkommen des Straßenkehrrechts bei und erhöhen die Gesamtmenge der zu entsorgenden Ablagerungen in Sinkkästen, Regenrückhaltebecken, Kanalisation und Kläranlagen. Diese so genannten Infrastrukturabfälle werden derzeit entweder aufbereitet, deponiert oder für Rekultivierungsmaßnahmen eingesetzt. Beim Ausbringen und Wiedereinsammeln abstumpfender Streumittel können zudem Staubbelastungen auftreten.

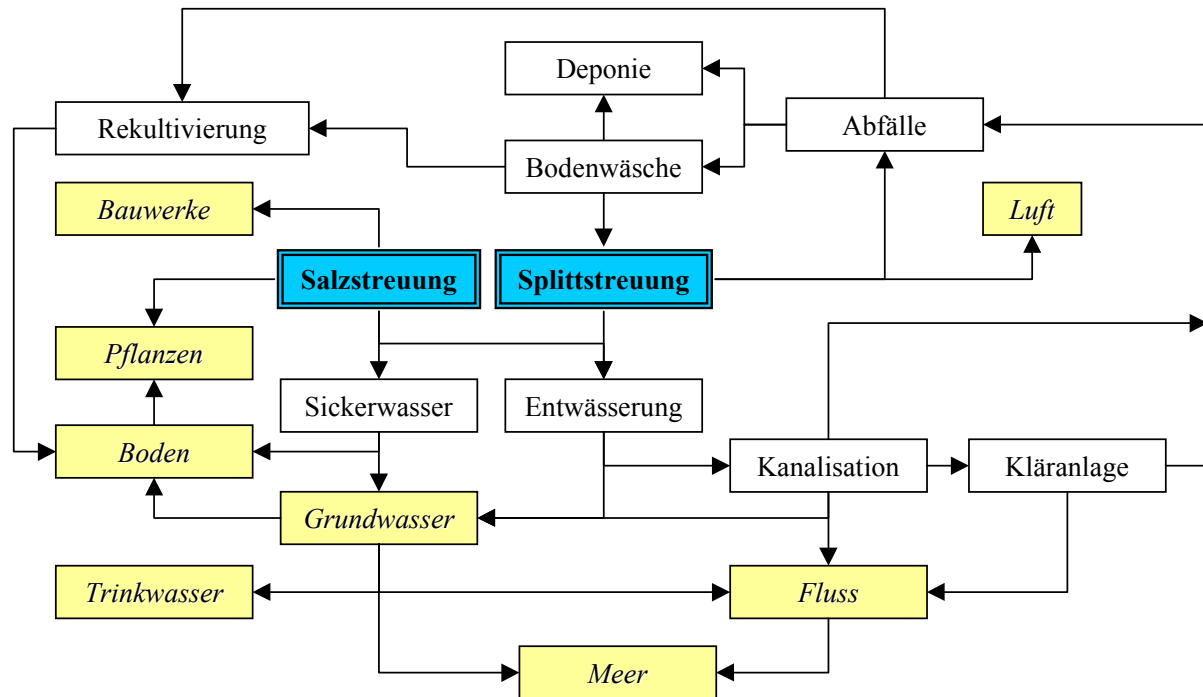


Abbildung 2: Verbleib der Streumittel im kommunalen Winterdienst

#### 1.4 Ökobilanzielle Betrachtungen

In jüngerer Zeit ist der Nutzen des Einsatzes abstumpfender Streumittel im Straßenwinterdienst in Frage gestellt worden. Zum einen wird eine wesentlich höhere Streumenge von 100-150 g/m<sup>2</sup> benötigt, gegenüber 10-20 g/m<sup>2</sup> bei Streusalz (Wagner und Hanke 1997). Dann verbessern abstumpfende Streumittel die Griffigkeit der Fahrbahn (Kraftschlussbeiwert) nur, wenn sie sich mit der Glätteschicht verzahnen, während auf der Fahrbahn verbliebene Streumittelreste nach der Glätteperiode eher entgegengesetzt wirken (Rollsplitt effekt, Moritz 1999, 2000). Weiter werden abstumpfende Streumittel durch die Fahrzeuge an den Straßenrand geschleudert, so dass häufig Wiederholungsstreuungen erforderlich sind. In einer orientierenden Ökobilanz ergab sich, dass beim Einsatz abstumpfender Streumittel wegen des erhöhten Aufwandes alleine bei der Ausbringung ein etwa 3-fach höherer Primärenergieaufwand als bei Streusalz anfällt (Gartiser et al. 2003). Hinzu kommt der Aufwand für das Wiedereinsammeln und die Entsorgung abstumpfender Streumittel. Eine Schweizer Studie ergab, dass die Entsorgung des Streusplitts wesentlich energieaufwändiger ist als die Herstellung und Ausbringung (Ruess

1998). Die Kosten für den Einsatz abstumpfender Streumittel liegen aufgrund der wesentlich höheren Streumenge und der damit verbundenen höheren Lagerungs- und Transportkosten, der zusätzlichen Kosten für Wiederaufnahme und Entsorgung um das 5 bis 10fache über den Kosten für eine Salzstreuung (Wagner and Hanke 1997, Moritz 2000).

Diese neueren Arbeiten wurden oftmals einseitig zitiert und führten zu Aussagen wie *"Mehr Salz - Splitt ist umweltschädlicher als Salz"* (ADAC-Mitteilung, vgl. [www.adac.de](http://www.adac.de)). Übersehen wurde, dass sich die ökobilanziellen Betrachtungen ausschließlich auf den Straßenwinterdienst bezogen. Der Einsatz von Splitt und Sand auf Geh- und Radwegen wurde hingegen ausdrücklich empfohlen (Gartiser et al. 2003). Der Grund hierfür liegt darin, dass gerade Gehwege und Radwege direkt an die Grünstreifen angrenzen und das Streusalz über die Pflasterung oder die Baumscheiben versickert und/oder auf die Pflanzen einwirkt. Während Fahrbahnen im innerörtlichen Bereich meist effizient entwässert werden, fehlt dies oftmals für Geh- und Fahrradwege. Eine genaue Dosierung des Streusalzes, die im Straßenwinterdienst zu erheblichen Einsparungen geführt hat, erscheint insbesondere bei der Anwendung durch Privatleute als unrealistisch.

Gleichzeitig treten die im Straßenverkehr bekannten negativen Eigenschaften abstumpfender Streumittel (geringere Kraftschlusswerte, höhere Streudichten, Wegschleudern an den Straßenrand durch Verkehr, Entsorgung) auf Geh- und Radwegen in diesem Umfang nicht auf. Neuere Aspekte zu ökobilanziellen Betrachtungen werden in den Abschnitten 4.1.3 "Blähton" und 4.6 "Transport" erörtert.

## **1.5 Umweltzeichen für Streumittel**

### **1.5.1 RAL-UZ 13 "Salzfreie abstumpfende Streumittel"**

Das RAL-UZ 13 für "salzfreie abstumpfende Streumittel" wird seit 1981 vergeben, um die Verwendung von Streusalz im innerörtlichen Bereich zu reduzieren. Der Geltungsbereich wurde auf Gehwege und ähnliche Bereiche (Bürgersteigen, Parkwege, private Gartenwege, Betriebswege, Plätze, Höfe, Parkplätze) festgelegt (Ergebnis-Protokoll der Expertenanhörung vom 22.04.1981). Der Straßenwinterdienst wurde ausgeschlossen, da es bei der Anwendung zu einer Erhöhung der Staubbelastung durch den fahrenden Verkehr kommen kann. Die von Seiten der Natursteinindustrie im Jahr 1989 beantragte Erweiterung des

Geltungsbereichs auf Nebenstraßen und Wohnstraßen wurde seinerzeit mit der Begründung auf die Staubproblematik und die dann notwendige Überarbeitung des Wirksamkeitsnachweises vom Umweltbundesamt abgelehnt (Vermerk zur Überarbeitung der Vergabegrundlage für RAL-UZ 13 vom 27.09.1990).

Kontroverse Diskussionen ergaben sich hinsichtlich der Limitierung der Schwermetallgehalte abstumpfender Streumittel. Während das Umweltbundesamt die Einhaltung der Kriterien für unbeschränkten Einbau mineralischer Reststoffe "Z0" gemäß LAGA M20 nach Königswasseraufschluss forderte, beriefen sich die Herstellerfirmen darauf, dass diese Werte auch von natürlichen Gesteinen teilweise überschritten werden und schlugen ersatzweise das pH-stat-Elutionsverfahren vor. Die Einigung ergab, dass der Königswasseraufschluss als Nachweisregelung erhalten blieb und zusätzlich das S4-Verfahren akzeptiert wurde (Protokoll zur Anhörung RAL-UZ 13 am 7.11.1996).

Ein weiterer Diskussionspunkt war die Anforderung der Gebrauchstauglichkeit hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegenüber Schlag. Die geforderte Einhaltung eines Schlagzertrümmerungswertes  $< 30\%$  wird von Blähtongranulat nicht eingehalten. Da diese Anforderung aus den Vorgaben für abstumpfende Streumittel im Straßenwinterdienst stammt, die Vergabegrundlagen des RAL-UZ 13 hingegen auf Gehwege limitiert ist, wurde die Eignung dieses Parameters wieder in Frage gestellt.

Neben dem Umweltzeichen RAL-UZ 13 für "Salzfreie, abstumpfende Streumittel" bestehen, wie eine Internetrecherche zu den vorhandenen europäischen Umweltzeichen ergab, lediglich zwei weitere für Streumittel im Winterdienst:

### **1.5.2 Nordischer Rat "Ecolabelling of ice combatting agents"**

Das Umweltzeichen des Nordischen Rates (Schweden, Finnland, Norwegen und Island, Anonym 1997-2005) bezieht sich sowohl auf abstumpfende als auch auf auftauende Streumittel und setzt Anforderungen bzgl. Chloridgehalt, pH (5-11.5), Ökotoxizität (akute aquatische Ökotoxizität, Hemmung des Pflanzenwachstums sowie biologische Abbaubarkeit), Schwermetalle (Schwellenwerte), Nährstoffe (Phosphor- und Stickstoffgehalt  $< 1\%$ ) fest. Zudem werden Zusätze (Korrosionshemmer) reguliert und Kriterien zum Schutz der menschlichen Gesundheit wie auch

zur Korrosion festgelegt. Ferner finden sich hier Anleitungen zum richtigen Umgang v. a. hinsichtlich einer Senkung des Verbrauchs sowie zum Schutz empfindlicher Pflanzenarten.

### **1.5.3 RAL-UZ 99 für "Bewegungsflächenenteiser für Flugplätze"**

Das Umweltzeichen RAL-UZ 99 wurde für den speziellen Anwendungsfall der Flugzeug- und Bewegungsflächenenteisung in Flughäfen entwickelt, in dem der Streusalzeinsatz aufgrund der Korrosionsschäden deutlich eingeschränkt ist. Hier werden abbaubare organische auftauende Streumittel als Ersatzstoff für Harnstoff, das früher im großen Maßstab für diesen Zweck eingesetzt wurde, verwendet. Als Bewertungskriterien wurden die biologische Abbaubarkeit, die aquatische Ökotoxizität, die Limitierung der Nährstofffracht hinsichtlich CSB, Stickstoff und Phosphat sowie die Gebrauchstauglichkeit festgelegt. Derzeit ist nur eine Firma Zeichennehmer des RAL-UZ 99 für zwei Produkte auf Kaliumformiatbasis. Eine Erweiterung des Anwendungsbereiches für den Einsatz von Formiaten im Winterdienst für Straßen und Wege konnte im Rahmen einer Machbarkeitsstudie nicht empfohlen werden (Gartiser et al. 2003). Die Formiate haben zwar eine geringe aquatische Ökotoxizität (vergleichbar mit Kochsalz), Untersuchungen zur terrestrischen Ökotoxizität fehlen jedoch. Demgegenüber wird jedoch für die Herstellung von Formiaten im Vergleich zu Streusalz wesentlich mehr Primärenergie verbraucht und es ist mit mindestens 10fach höheren Kosten zu rechnen.

### **1.6 Entsorgung von abstumpfenden Streustoffen**

In der TA-Siedlungsabfall wird unter 5.2.5 Straßenkehricht gefordert: *"Das Granulat aus dem Winterdienst soll nach Möglichkeit vom übrigen Straßenkehricht getrennt und einer Verwertung zugeführt werden"*. Meist werden die im Winterdienst eingesetzten abstumpfenden Streumittel jedoch zusammen mit dem Straßenkehricht eingesammelt und derzeit noch deponiert. Einige Kommunen führen den Streusplitt jedoch auch einer Behandlung (u. a. Bodenwaschanlage) zu. In der Regel wird er dann als Sekundärrohstoff weiterverwertet und nicht als Streusplitt wiedereingesetzt. Im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz ist festgelegt, dass derjenige, der Erzeugnisse u. a. vertreibt, auch die Produktverantwortung gemäß der Ziele der Kreislaufwirtschaft trägt. *"Zur Erfüllung der Produktverantwortung sind Erzeugnisse möglichst so zu gestalten, dass bei deren Herstellung und Gebrauch das Entstehen*

*von Abfällen vermindert wird und die umweltverträgliche Verwertung und Beseitigung der nach deren Gebrauch entstandenen Abfälle sichergestellt ist.*" (KrW-/AbfG § 22, Absatz 1). Demnach ist schon bei der Auswahl der Streustoffe die spätere Entsorgung bzw. Verwertung zu beachten.

Straßenkehrriecht zählt allgemein zu den Abfällen, die nur einen geringen Organikanteil aufweisen, im Mittel jedoch das Kriterium des oTS der TA-Siedlungsabfall (<5% oTS), die ab 2005 verpflichtend wird, überschreiten. Der in den Sommermonaten anfallende Straßenkehrriecht wird oftmals deponiert, der im Herbst und Winter anfallende Straßenkehrriecht gelangt teilweise aufgrund des erhöhten Organikanteils in die Verbrennung. Der über den Glühverlust bestimmte oTS überschätzt in der Regel den organischen Anteil, da auch der Carbonatgehalt der Probe miterfasst wird. Daher wird gefordert, den TOC-Gehalt der Probe als Kriterium für eine Deponierbarkeit heranzuziehen (Ehrig et al. 1997). Für die Deponieklasse 2 ist ein TOC der Trockensubstanz von < 3 Massen % vorgegeben. Die Abfallablagereverordnung (2001) sieht für Deponien für mechanisch-biologisch vorbehandelte Abfälle vor, die Abbaubarkeit der organischen Restfraktion anhand der aeroben Atmungsaktivität (AT4) oder der anaeroben Gasbildung (GB21) zu bewerten. Ob diese Vorgehensweise künftig auch für Straßenkehrriecht angewandt wird, ist noch offen. Allerdings überschreitet Straßenkehrriecht oftmals auch die hier vorgegebenen Kriterien (AT4 < 5 mg/g, GB21 < 20 l/kg), so dass Experten davon ausgehen, dass eine Aufbereitung des Straßenkehrrichts künftig gefordert sein wird (Ehrig et al. 1997). Nassmechanische Verfahren zur Straßenkehrrichtaufbereitung (Bodenwäsche) haben sich gegenüber trockenen Verfahren, bei denen lediglich der höher belastete Feinkornanteil abgetrennt wird durchgesetzt. Nach Zamhöfer und Schmidt (2001) ist eine Akkumulation von Schwermetallen bei der mehrfachen Wiederverwertung von Streumitteln wahrscheinlich, wenn das Recyclingverfahren alleine auf der Abtrennung der Feinfraktion beruht.

## Beurteilungskriterien für abstumpfende Streumittel

### 1.7 Gewinnung abstumpfender Streumittel

#### 1.7.1 Natürliche Gesteine

Die im Bundesverband der Natursteinindustrie organisierten Werke produzierten im Jahr 2002 rd. 134 Mio. t Gesteine (71% der geschätzten Gesamtproduktion von ca. 188 Mio. t). Der überwiegende Anteil wird zu Splitt, Brechsand und Schotter verarbeitet, die Hauptgesteinsart stellt mit 47% der produzierten Menge Kalkstein dar, gefolgt von Basalt (11%) Diabas (8%) und anderen Gesteinen (Hahn 2003). Die Erzeugung von Streusplitt für den Winterdienst wird jedoch nicht getrennt erfasst. Eine überschlägige Hochrechnung der Verbrauchszahlen abstumpfender Streumittel in 9 bundesdeutschen Städten ergab einen geschätzten Gesamtverbrauch im kommunalen Winterdienst in Höhe von ca. 244.000 t/a für diesen Anwendungszweck, davon sind etwa 50.000 - 60.000 t/a Produkte mit dem Umweltzeichen RAL-UZ 13 ausgezeichnet (Gartiser et al. 2003).

Die Gesamtgehalte an Schwermetallen abstumpfender Streumittel auf Basis natürlicher Gesteine liegen meist deutlich unter den Vorgaben des RAL-UZ 13 oder der LAGA M20. Dies zeigt eine Auswertung der Herstellerangaben von RAL-UZ 13 Zeichennehmern (Daten nicht dargestellt). Die natürlichen Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden sind ein wichtiges Entscheidungskriterium für den Vollzug des BBodSchG, um zusätzliche Stoffeinträge in Relation zu vorhandenen stofflichen Bodenbelastungen zu begrenzen. Aus der Fortschreibung der Hintergrundwerte durch die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO 2003) können Werte zur natürlichen Belastung der Böden entnommen werden. Von Interesse ist hierbei insbesondere der geogene Grundgehalt des Ausgangsgesteins (lithogener Anteil). Die von der LABO erarbeiteten bundesweit geltenden Hintergrundwerte des Ausgangsmaterials von Böden sind in Tabelle 2 im Vergleich zum LAGA Zuordnungswert Z0 für *"uneingeschränkten Einbau in bodenähnlichen Anwendungen"* dargestellt.

Tabelle 2: Bundesweite Hintergrundwerte für den Untergrund von Böden (mg/kg)

	LAGA M20 Z0	Fluss-Schotter	Sande	Carbonat-Gestein	Sandstein	Basische Magmatite <sup>1)</sup>	Saure Magmatite <sup>1) 2)</sup>
	Feststoff mg/kg [50% Perzentil / 90 % Perzentil]						
Blei	70	10 / 17	3,1 / 8,5	20 / 56	11 / 25	29 / 48	17 / 27
Cadmium	1	0,07 / 0,23	0,08 / 0,2	0,19 / 0,64	0,08 / 0,33	0,14 / 0,57	0,08 / 0,38
Chrom ges.	60	16 / 31	3,5 / 12	22 / 51	9,9 / 30	<b>139 / 279</b>	10 / 74
Kupfer	40	7,6 / 15	1,6 / 6,4	16 / 33	3,9 / 15	<b>56 / 88</b>	8,6 / 54
Nickel	50	15 / 31	2,7 / 9	29 / 60	9,5 / 22	<b>182 / 358</b>	12 / 76
Quecksilber	0,5	-	0,01 / 0,03-	-	0,03 / 0,08	0,03 / 0,08	0,04 / 0,73
Zink	150	23 / 51	8,0 / 18	51 / 110	22 / 62	110 / 156	60 / 202

Säurelösliche Schwermetalle nach Extraktion mit Königswasser (LABO 2003 )

<sup>1)</sup> Magmatite einschließlich Metamorphite

<sup>2)</sup> Zusammenfassung der Daten für Granite/Rhyolithe, Gneise und Glimmerschiefer

Es zeigt sich, dass die LAGA Z0-Werte hinsichtlich der säurelöslichen Schwermetallgehalte von den meisten natürlichen Gesteinen deutlich unterschritten werden. Eine Ausnahme sind ultrabasische Magmatite und Metamorphite, deren Chrom, Kupfer und Nickelgehalt meist über den LAGA Z0-Werten liegen. Diese Vorkommen treten jedoch nur äußerst kleinräumig auf (Vogelsbergregion) und sind bundesweit von untergeordneter Bedeutung (LABO 2003). Dennoch zeigt dieses Beispiel, dass im Einzelfall die Anwendung von Elutionsverfahren neben der Königswasserextraktion für eine differenziertere Bewertung Sinn macht. Allerdings zeigen einige Untersuchungen, dass auch natürliche Gesteine wie Diabas im wässrigen Eluat (DEV S4) die Anforderungen an die Einbauklasse Z0 der LAGA geringfügig überschreiten können (Larm et al. 2000). Im LAGA M20 gelten für die Wiederverwertung von Natursteinen keine Beschränkungen, sofern keine Hinweise auf schädliche Verunreinigungen vorliegen.

## 1.7.2 Sekundärrohstoffe

### 1.7.2.1 Kreislaufwirtschaft

Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) von 1994 soll die Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen fördern und die

umweltverträgliche Beseitigung von Abfällen sichern. Abfälle sind vorzugsweise zu vermeiden oder zu verwerten und nachrangig zu beseitigen. Hierbei kann das Ziel nicht eine „Verwertung um jeden Preis“ sein, vielmehr muss die Umweltverträglichkeit der Verwertung im Vordergrund stehen (Bertram 2000). Der Sachverständigenrat für Umweltfragen fordert zu Recht, dass die Verwertungs politik dadurch gekennzeichnet sein sollte, *„dass Abfälle nicht bereits dann als verwertet gelten, wenn sie sich auf dem Markt für irgendeine Funktion absetzen lassen.“* (Umweltrat 1994). Der Umweltrat befürchtete somit, dass es *„wegen des Vorzuges der Verwertung vor der Beseitigung“* zu einer *„Zunahme des bereits bestehenden Drucks auf den Boden zur flächenhaften Verwertung von Abfällen“* kommt, die nicht den Charakter einer *„flächenhaften Deponierung“* bekommen darf. *„Der Umweltrat bezweifelt, dass die ... Überwachung der Verwertung von Abfällen Schadstoffdispersionen auf weite Flächen wird verhindern können.“* (Umweltrat 1996). Auch im neuesten Gutachten des Umweltrates wird folgendes festgestellt:

*„Für zahlreiche stoffliche Verwertungsvorgänge ist charakteristisch, dass sie zu einer Verteilung der enthaltenen Schadstoffe führen würden. ... Besonders augenfällig ist dies etwa bei der landwirtschaftlichen ... Verwertung ... von Klärschlamm und Komposten, ... oder bei der Verwertung von Schlacken etwa aus der Müllverbrennung im Straßenbau. ... Mit der Tendenz zur Schadstoffverteilung läuft die Verwertungswirtschaft in gewisser Weise der ursprünglichen Tendenz des Abfallrechts zuwider, die gerade auf eine Entproblematisierung der Schadstoffpotentiale des Abfalls durch Konzentration an einzelnen möglichst unempfindlichen und wohlüberwachten Orten zielt.“* (Umweltrat 2002)

Dies zeigt, dass an die offene Anwendung abstumpfender Streumittel im Winterdienst (insbesondere solche mit Auslobung eines Umweltzeichens) aus Vorsorgegründen hohe Anforderungen hinsichtlich der Umweltverträglichkeit gestellt werden sollten.

### **1.7.2.2 Schmelzkammergranulate**

Derzeit vertreiben zwei Zeichennehmer von RAL-UZ 13 Streumittel auf Basis von Schmelzkammergranulaten. Hierbei handelt es sich um Rückstände aus der Schmelzkammerfeuerung von Steinkohlekraftwerken, die überwiegend aus  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bestehen und nur geringe Schwermetallgehalte aufweisen. Schmelzkammer-

granulate entstehen aus den schmelzflüssigen, unbrennbaren Bestandteilen der Kohle, die bei Temperaturen um 1500 °C abgezogen und im Wasserbad schockartig abgekühlt werden. Hierbei erstarrt das Material glasig (amorph). Die Schwermetalle liegen in einer silikatischen Bindung vor und sind dadurch schwer löslich. Weitere Einsatzgebiete von Schmelzkammergranulaten sind Straßen- und Wegebau, Zuschlag zu Betonwaren, Strahlmittel, Drainagen etc. In den technischen Regeln der LAGA "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen" (11/1997 und 11/2003) wird festgestellt, dass in Eluaten von Schmelzkammergranulaten in der Regel keine Arsen- und Schwermetallgehalte nachweisbar sind und die Z0-Werte für uneingeschränkten Einbau im Boden generell unterschritten werden. Von allen mineralischen Reststoffen erfüllen nach der LAGA nur Schmelzkammergranulate die Anforderungen der Einbauklasse, wobei die Schwermetallgehalte in Abhängigkeit von der Kohleart und der Herkunft der Kohlen schwankt (Kiefer et al. 1991). Es liegen vergleichsweise wenige veröffentlichte Untersuchungen zu den Schwermetallgehalten nach Königswasseraufschluss vor (VGB 1994, zit. In Hohberg et al. 1996, Kiefer et al. 1991, vgl. Tab. 3). Neuere Daten liegen dem Verband der Technischen Vereinigung der Großkraftwerkesbetreiber VGB e.V. nicht vor (persönliche Mitteilung von Herrn Feuerborn, VGB e.V. vom 28.05.2004).

Tabelle 3: Schwermetallgehalte von Schmelzkammergranulaten [mg/kg]

	VGB (1994) <sup>1)</sup>	Kiefer et al. (1991)	RAL-Zeichennehmer <sup>2)</sup>
Arsen	7-41	-	<3
Blei	82-156	168-830	17
Cadmium	<0,5-1,9	0,2-2,2	<0,3
Chrom, gesamt	134-159	130-220	-
Nickel	104-117	5068-83	45
Kupfer	135-160	75-183	41
Quecksilber	<0,1	-	<0,1
Tallium	-	-	<0,5
Zink	148-447	247-1160	75

<sup>1)</sup> Zitiert in Hohberg et al. (1996)

<sup>2)</sup> Durchschnitt aus 2 Proben eines Produktes (2000 und 2002)

Die Daten zeigen, dass die Schwermetallgehalte je nach Herkunft der Kohle im erheblichen Umfang schwanken können, so dass eine regelmäßige Untersuchung der als Winterstreu eingesetzten Schmelzkammergranulate beibehalten werden sollte.

Hinsichtlich der Zuordnungskriterien für die Eluat- und Feststoffgehalte verweist das LAGA M20 auf Tabellen II.4-1 und II.4-2. Die Kriterien für ZO entsprechen somit noch den Zuordnungskriterien für Schwermetalle des alten LAGA M20 für Feststoffe in Böden (1997), die im neuen Merkblattes LAGA (2003) geringfügig modifiziert wurden (vgl. Tabelle 5).

Im Straßenbau wird Schmelzkammergranulat seit längerem verwendet. Aufgrund der Entstehung von Schmelzkammergranulaten werden neben dem pH-Wert und der Leitfähigkeit keine weiteren Nachweise hinsichtlich der wasserwirtschaftlichen Verträglichkeit gefordert (FGSV 2000). Vorliegende Untersuchungsergebnisse von RAL-Zeichennehmern und die Daten von Larm et al. (2000) bestätigen die niedrigen Schwermetallgehalte (Feststoff, Eluat) von Schmelzkammergranulaten.

### **1.7.2.3 Weitere mineralische Sekundärrohstoffe**

In Deutschland fallen jedes Jahr etwa 12,5 Mio. t an Schlacken an, dies sind rd. 7% der gesamten Produktion an Natursteinen (rd. 165 Mio. t im Jahr 1999). Die Schlacken setzen sich aus 0,8 Mio. t Metallhüttenschlacken, 7,5 Mio. t Hochofenschlacken und 4,2 Mio. t Stahlwerkschlacken zusammen (Hamann 2000). Insgesamt fallen etwa 550.000 t Metallhüttenschlacken aus der Kupferproduktion an, über 80% hiervon alleine bei der Norddeutschen Affinerie in Hamburg, der größten Kupferhütte in Europa. Je nach Produktionsprozess werden diese überwiegend aus Eisensilikaten bestehenden Schlacken zu Wasserbausteinen oder zu Granulat < 3 mm verarbeitet, letztere werden als Strahlmittel in der Metallindustrie verwendet (Hamann 2000). Im LAGA M 20 und der TL MIN-StB 2000 werden die wichtigsten mineralischen Metallhütten-, Hochofen-, und Stahlwerkschlacken hinsichtlich ihrer Entstehung und bautechnischen Anforderungen beschrieben. Im LAGA M20 werden lediglich für Recyclingbaustoffe und nicht aufbereiteten Bauschutt Kriterien für den uneingeschränkten Einbau (Z0) definiert. Die Zuordnungswerte im Feststoff bzw. Eluat entsprechen oder sind ähnlich denjenigen der Zuordnungswerte für Böden (vgl. Tabelle 4 und Tabelle 5). Für die Verwertung von Schlacken und Aschen aus thermischen Abfallbehandlungsanlagen, Gießereisande sowie Schlacken aus Eisen- und Stahlgießereien werden Anforderungen für den eingeschränkten offenen Einbau (Z1) oder eingeschränkten Einbau mit technischen Sicherungsmaßnahmen (Z2)

gefordert. Insofern stellen die Schlacken aus steinkohlebefeueten Kraftwerken (Schmelzkammergranulate) mit ihrer günstigeren Bewertung einen Sonderfall dar. Auch in der TL MIN-StB 2000 werden für Hochofenschlacke, Stahlwerkschlacke, Schlacke aus der Kupfererzeugung, Steinkohlenflugasche, Gießereisande und Recyclingbaustoffe zum Teil auch Richt- und Grenzwerte hinsichtlich wasserwirtschaftlicher Merkmale sowie deren zulässige Überschreitungen auf Basis des pH-stat-Elution unter Bezug auf das FGSV-Arbeitspapier Nr. 28/1(1994) aufgeführt. Eine Anwendung dieser Kriterien für die Bewertung von Streumitteln erscheint nicht sinnvoll.

### **1.7.3 Blähton**

Blähton wird ebenfalls als abstumpfendes Winterstreumittel eingesetzt und nimmt hier eine Sonderstellung ein. Der Haupteinsatzbereich von Blähton liegt im Baubereich, wo er als Leichtzuschlag für Beton und Mörtel sowie als Schüttgut (Dämmstoff) eingesetzt wird. Der als Winterstreu eingesetzte Blähton wird als Überkorn aus dem normalen Produktionsprozess für Blähton ausgesondert und anschließend gebrochen. Aufgrund der geringen Dichte (ca. 0,6 t/m<sup>3</sup>) werden, geringere Aufwandsmengen benötigt als mit Streusplitt. Als weitere Vorteile werden die problemlose Entsorgung nach dem Einsatz als Streumittel angegeben, da Blähton, der auch als Pflanzensubstrat eingesetzt wird, auf den angrenzenden Böden keinen Störstoff darstellt. Allerdings ist der Energieaufwand für die Herstellung beträchtlich. Eine bisher unveröffentlichte Studie des Öko-Institut ergab, dass selbst bei Berücksichtigung der geringeren spezifischen Streustoffmengen für eine abstumpfende Wirkung (15 g/m<sup>2</sup> für Blähton gegenüber 150 g/m<sup>2</sup> für Streusplitt) der Verbrauch an Primärenergie für die Herstellung und Verwendung von Blähton 4-fach höher ist, als für Streusplitt aus natürlichen Gesteinen. Zum Vergleich: die Herstellung einer Tonne Blähton ist mit einem Primärenergieaufwand von 3.000 MJ verbunden. Demgegenüber sind für die Herstellung von einer Tonne Streusplitt aus natürlichen Gesteinen nur zwischen 70 und 90 MJ Primärenergieaufwand erforderlich (Öko-Institut: Ökobilanz des Winterdienstes in den Städten München und Nürnberg, Freiburg, 2004. vgl. zum Primärenergieverbrauch auch Eyerer und Reinhardt, Basel, 2000).

Allerdings weist Blähton in bestimmten Einsatzbereichen, wie beispielsweise im Bereich von U-Bahn-Auf- und Abgängen spezifische Vorteile gegenüber anderen

abstumpfenden Streustoffen auf, da er keine Schäden an Rolltreppen verursacht. Zudem wird von Anwenderseite berichtet, dass Lackschäden an Kraftfahrzeugen durch den Einsatz von Blähton weitestgehend vermieden werden und Blähton aufgrund seines geringeren spezifischen Gewichts gegenüber Wasser nach dem Tauprozess und einem anschließenden, neuerlichen Gefrieren seine abstumpfende Wirkung beibehält (Aufschwimmeffekt). Dies würde zu einer Verringerung des Streumittelbedarfs führen, da weniger abstumpfende Streumittel zum Nachstreuen benötigt werden.

## **1.8 Anforderungen an abstumpfende Streumittel**

### **1.8.1 Gebrauchstauglichkeit**

#### **1.8.1.1 Straßenwinterdienst**

Im Jahr 2003 wurden die „Technischen Lieferbedingungen und Richtlinien für Streustoffe des Winterdienstes“ (TL-Streu) nach Abschluss eines Notifizierungsverfahrens durch das Europäische Parlament verabschiedet (FGSV Ausgabe 2003). Die TL-Streu legt Kriterien zur Gebrauchstauglichkeit sowohl von tauenden als auch von abstumpfenden Streumitteln fest, ist jedoch in erster Linie für den Straßenwinterdienst vorgesehen. Im Einzelnen gelten für abstumpfende Streustoffe folgende Kriterien:

- Feinstkornanteil mit Anteil  $< 0,063$  mm max. 5 Gew. %, Größtkorn  $\leq 8$  mm,
- Anteil kubisch geformter Körner nach DIN EN 933-4  $>$  Gew. 50%, um Verzahnung mit der Glätteschicht zu gewährleisten (keine scharfkantigen Formen),
- Bruchflächigkeit nach DIN EN 933-5  $>$  90%,
- Schlagzertrümmerungswert nach DIN EN 1097-2  $<$  30% (bei Lavaschlacke  $<$  15%),
- Schwermetallgrenzwerte im Eluat (pH 4-Stat-Verfahren) limitiert (vgl. Tab. 4),
- Wassergehalt bei Anlieferung  $\leq 2$  Gew. %.

Einige der Kriterien wie die Bruchflächigkeit oder der Schlagzertrümmerungswert sind an die Vorgaben der Technischen Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau der (TL MIN-StB, vgl. FGSV 2000) angelehnt. Nach der TL-Streu können auch sonstige abstumpfende Streustoffe von gebrochenen (granulierten) Nebenprodukten, z.B. aus Verbrennungsanlagen und industriellen Prozessen

eingesetzt werden, sofern jede Einzelcharge die genannten Kriterien erfüllt. Gemische aus tauenden und abstumpfenden Stoffen werden nicht empfohlen, da zuviel Taustoffe benötigt werden.

Hinsichtlich des Einflusses abstumpfender Streumittel auf die Griffigkeit von Fahrbahnen liegen einige Praxisuntersuchungen vor. Demnach wird im Straßenwinterdienst erst ab einer Streumenge von 100 g/m<sup>2</sup> eine merkbare Erhöhung der Gleitbeiwerte erzielt. Auf Eis ist die Wirkung weitaus geringer als auf festgefahretem Schnee. Die abstumpfende Wirkung von Sand ist eher gering, da dieser sich schlechter mit dem Untergrund verzahnt. Zur Bestimmung der Griffigkeit von Fahrbahnen sind verschiedene Methoden im Einsatz. Oftmals kommt der "Stuttgarter Reibungsmesser" zum Einsatz, der die Reibungskraft eines mitgeschleppten blockierten oder eines ABS-gebremsten Rades als Kenngröße bestimmt. Grundsätzlich ist die mit blockiertem Rad bestimmte "Gleitreibung" geringer als die "Haftreibung", die sich vor dem Blockieren der Räder einstellt (Moritz 1999). In der Literatur werden jedoch viele weitere Methoden zur Bestimmung des Reibungskoeffizienten bzw. Reibungsgleitwertes beschrieben (Bremsweg bei bestimmter Geschwindigkeit, Bremskraftbestimmung, Seitenkraftbeiwert bei schräglauendem Rad etc. (vgl. Al-Qadi et al. 2002)). Keine der Methoden ist jedoch für den Gehwegbereich geeignet.

In mehreren Studien wird darauf hingewiesen, dass ein Hauptproblem abstumpfender Streumittel im Straßenwinterdienst darin besteht, die Streumittel in den Fahrspuren zu halten, da diese durch den fahrenden Verkehr bereits nach 10-100 Fahrzeugen aus der Fahrspur geschleudert werden. Neuere Techniken setzen daher auf eine bessere Verzahnung des Streusplitts mit dem Untergrund, in dem diese angefeuchtet, mit geringen Mengen von Auftausole versehen oder sogar vorgewärmt werden (Nixon 2001).

### **1.8.1.2 Gehwege**

Hinsichtlich der Wirkung abstumpfender Streustoffe im Winterdienst auf Gehwegen liegen fast keine Untersuchungen vor. Meist verlässt man sich hier auf eher subjektive Eindrücke. Allgemeine Angaben finden sich in der VKS-Informationsschrift "Winterdienst auf Radwegen/Fußgängerquerungen" (VKS 1998). Demnach wird der Einsatz von Salz auf Geh- und Radwegen in vielen Städten und Gemeinden durch

die Ortssatzung grundsätzlich untersagt. Als sehr wirkungsvolle Alternative hat sich die Schneeräumung mittels Räum-Kehr-Kombinationen erwiesen. Auf Radwegen wird - trotz der bekannten Nachteile wie Zusammenfrieren und aufwendige Wiederaufnahme - Sand empfohlen, da besonders scharfkantige abstumpfende Streustoffe häufig von Radfahrern beanstandet werden.

Aufgrund der großen Bedeutung von Sturzunfällen wurden mehrere Methoden entwickelt, um die rutschhemmende Wirkung von Schuhsohlen und /oder Fußböden zu charakterisieren, wobei hier weder national noch international allgemein akzeptierte und normierte Verfahren vorliegen.

Die meisten Methoden bedienen sich der schon aus dem Physikunterricht bekannten schiefen Ebene. Beim Begehungsverfahren nach DIN 51130 geht eine Person vor- und rückwärts auf einem Probelag, während der Belag mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit zunehmend geneigt wird. Sobald die Testperson die "*Grenze des sicheren Gehens*" erreicht wird der Winkel abgelesen. Dieser so genannte Akzeptanzwinkel wird einer Bewertungsgruppe der Rutschhemmung zugeordnet (z.B. R 9 = 3°-10°, R13 >35°). Das Verfahren wurde von den Berufsgenossenschaften adaptiert und wird zur Bewertung von Fußbodenbelägen verwendet (Mattke et al. 2002, BIA 560210 2002). Nach dem gleichen Prinzip wird die Rutschhemmung von Schuhsohlen nach DIN 4843-100 bestimmt (BIA 460210 2002). Ein Problem stellt jedoch die große Anzahl an möglichen Variablen dar: Um eine Schuhsohle zu testen, muss ein Referenzbelag verwendet werden, um den Belag zu testen, eine Referenzsohle aus bestimmten Material und definiertem Profil. Für die Untersuchung der rutschhemmenden Eigenschaften von Fußböden liegen weitere Methoden vor (Wuppertaler Boden- und Schuhtester, Zugtribometer, portables Gleitreibungsmessgerät u. a. (vgl. Mattke et al. 2002)).

Für die Vergleichsprüfung abstumpfender Streumittel sind Versuche mit der schiefen Ebene vermutlich weniger geeignet, da die Streumittel selber ebenfalls abrutschen könnten. Hingegen könnte die Bestimmung des Gleitreibungskoeffizienten nach dem Entwurf DIN 51131(1999-07) für die Bewertung von Bodenbelägen ein geeigneter Versuchsaufbau sein. Hierbei wird der Gleitreibungskoeffizient (Quotient aus horizontaler Reibungskraft und senkrecht wirkender Kraft bei konstanter Geschwindigkeit) bestimmt. Vom Prinzip her wird ein „Gleiter“ bestimmter Masse und definierten Materials mit einem Zugseil über den Bodenbelag gezogen (mit 0,2-

0,3 m/sec über eine Messstrecke von mindestens 0,5 m) und die hierbei auftretenden Kräfte erfasst. Wenn als Gleiter eine definierte Schuhsohle und ein relevantes Gewicht und als Belag die abgestreute Schnee- oder Eisoberfläche gewählt würden, könnte dies ein geeignetes Messprinzip darstellen.

Es sind jedoch keine Anwendungen all dieser Methoden zur Bestimmung der abstumpfenden Wirkung von Winterstreumitteln bekannt, was aufgrund der großen gesundheitlichen und volkswirtschaftlichen Bedeutung von Sturzunfällen erstaunlich ist.

### **1.8.1.3 Fahrradwege**

Der Winterdienst auf Fahrradwegen stellt besondere Anforderungen. Die Walkarbeit der Pkw- und Lkw-Reifen verstärkt auf der Straße die Vermischung von Auftausalz und Schnee, so dass auf Fahrradwegen beim Einsatz von Streusalz die Streumenge für eine vergleichbare Auftauleistung erhöht werden muss. Aber auch der Einsatz abstumpfender Streumittel stößt aufgrund der geringeren Auflagefläche der Fahrradreifen schnell an seine Grenzen. Gefürchtet sind zudem Spurrillen, die sich durch den Fahrradverkehr im Schnee bilden. Daher ist eine möglichst effiziente Schneeräumung der Fahrradwege anzustreben. Hinsichtlich des Einflusses verschiedener Winterdienststrategien auf das Unfallgeschehen liegen jedoch so gut wie keine Daten vor. Bach et al. (1995) führten Untersuchungen zu Griffigkeitsmessungen auf Radwegen nach dem Prinzip des blockierten Messrades durch, wobei ein mit 50 kg belastetes 28 Zoll Fahrrad nachgeschleppt wurde. Verglichen wurden Sand- und Splitt-gestreute sowie unbehandelte und geräumte Fahrbahnen. Die Messungen ergaben jedoch keine plausiblen Ergebnisse, was darauf zurückgeführt wurde, dass die örtlichen und zeitlichen Rahmenbedingungen sowie die starken Tagestemperaturschwankungen einen erheblichen Einfluss auf die Messungen ausübten. Die Autoren schlagen vor, die Fragestellungen besser unter Laborbedingungen zu untersuchen (Bach et al. 1995).

### **1.8.2 Schwermetallgehalte**

Der Anteil abstumpfender Streumittel, der nach der Winterperiode wieder aufgenommen wird, liegt nach mehreren Schätzungen zwischen 10% und maximal 70% innerorts und zwischen 20% und 35% außerhalb geschlossener Ortschaften

(Moritz 1999). Ein Teil gelangt in den angrenzenden Boden und kann von dort mit einem vertretbaren Aufwand nicht wieder entfernt werden. Die Ausbringung von Streumitteln kann somit als offene Anwendung in einem ohnehin stark beanspruchten und gleichzeitig für das Straßengrün wertvollen Bodenbereich angesehen werden. Zudem kann bei der Wiederaufnahme abstumpfender Streustoffe nach Studien aus Helsinki, Denver, Wien und Berlin eine beträchtliche Staubentwicklung auftreten, die zu gesundheitlichen Belastungen beim Straßenreinigungspersonal und bei Anwohnern führen kann (Moritz 1999). Eine Regulierung insbesondere der Schwermetallgehalte ist daher in jedem Fall geboten.

Das Bundesbodenschutzgesetz soll die Funktionen des Bodens nachhaltig sichern oder wiederherstellen und ermächtigt die Bundesregierung Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden hinsichtlich der Schadstoffgehalte und sonstiger Eigenschaften durch Verbote oder Beschränkungen, Untersuchungen oder Maßnahmen zur Vorbehandlung dieser Materialien zu bestimmen (BBodSchG § 6).

In der nachfolgenden Verordnungsvorschrift werden diese Anforderungen präzisiert. Demnach dürfen zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht in und auf Böden nur Bodenmaterial sowie Baggergut und Gemische von Bodenmaterial mit solchen Abfällen, die die stofflichen Qualitätsanforderungen der nach § 8 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes erlassenen Verordnungen sowie der Klärschlammverordnung erfüllen, auf- und eingebracht werden (BBodSchV § 12).

Die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) hat letztes Jahr die technischen Regeln "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen" überarbeitet. Hierin werden die Untersuchungsmethoden und Bewertungskriterien für die schadlose Verwertung von mineralischen Abfällen (Bodenmaterial, Straßenaufbruch, Bauschutt, Kraftwerks- und Gießereiabfälle, Schlacken/Aschen aus der thermischen Abfallbehandlung) unter den jeweiligen Einbau- bzw. Deponiebedingungen festgelegt.

Abbildung 3: Darstellung der Einbauklassen nach LAGA M 20 (11/2003)

Zuordnungswert (Obergrenze der Einbauklasse)					
Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Verwertung			Ablagerung in Deponien		
Einbauklasse 0 Uneingeschränkter Einbau <sup>1</sup>	Einbauklasse 1 Eingeschränkter offener Einbau	Einbauklasse 2 Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen	Deponie- klasse I	Deponie- klasse II	Deponie- klasse III
<sup>1</sup> Diese Einbauklasse gilt nur für die Verwertung in bodenähnlichen Anwendungen (Verfüllung von Abgrabungen und Abfallverwertung im Landschaftsbau außerhalb von Bauwerken)					

Für die Bewertung abstumpfender Streumittel ist insbesondere der uneingeschränkte Einbau in bodenähnlichen Anwendungen zu berücksichtigen (Einbauklasse 0). Hier steht die Herstellung der natürlichen Bodenfunktionen im Vordergrund. Bei der Abfallverwertung im Landschaftsbau außerhalb von Bauwerken darf nach LAGA M10 (11/2003) ausschließlich Bodenmaterial der Einbauklasse 0 verwertet werden. Streng genommen gilt das LAGA M 20 für die Verwertung mineralischer Reststoffe unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht, während sich die Streumittel auf der Bodenoberfläche ablagern und somit eher nach BBoschV (insbesondere §12 "Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden") zu bewerten wären (Bertram 2003). In der noch unveröffentlichten Vollzugshilfe zu den Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden wird bezüglich der Untersuchung von "sonstigen Abfällen" festgestellt, dass *"die Schadlosigkeit der Verwertung in der Regel anhand von Analysen der im Einzelfall maßgeblichen Parameter im Eluat und im Feststoff und ggf. unter Berücksichtigung der sonstigen Randbedingungen zu bewerten"* sind, wobei wiederum auf die Vorsorgewerte der BBodSchV verwiesen wird (LABO et al. 2002).

Ein weiterer Bereich, für den derzeit Bewertungskriterien nach BBodSchG diskutiert werden, betrifft die Verfüllung von Abgrabungen beispielsweise von Steinbrüchen oder Steine und Erden-Tagebauen (LABO et al. 2002). Gemäß dem derzeitigen Stand ist eine Verfüllung von Abgrabungen mit Bodenmaterial nur zulässig, wenn

u. a. das Bodenmaterial die neuen Z 1.1-Werte (LAGA M 20 2003) für Feststoffe nicht überschreitet und das Bodenmaterial die neuen Eluatwerte Z.1.1 einhält. Hierbei entsprechen die Z 1.1 Feststoffwerte grundsätzlich dem zweifachen des Z0-Wertes bzw. des Vorsorgewertes der BBodSchV für die Bodenart Lehm/Schluff. Die Vorsorgewerte der BBodSchV wurden so hergeleitet, dass 90% aller Böden in Deutschland (außerhalb von Siedlungsflächen) diese Werte einhalten (LABO et al. 2002).

Die Bewertung der Schadlosigkeit der Verwertung von mineralischen Abfällen stützt sich demnach sowohl auf die Feststoffgehalte als auch auf die Eluatkonzentrationen (Bertram, persönliche Mitteilung vom 11.03.2004).

### **1.8.3 Anforderungen an Sekundärrohstoffe**

Das LAGA M20 stellt fest, dass nach heutigen Erkenntnissen in der Regel nur Schmelzkammergranulate die Anforderungen für die Einbauklasse Z0 (uneingeschränkter Einbau) erfüllen. Gegebenenfalls können aber auch besonders schadstoffarme Steinkohlen-Grobaschen/-Kesselaschen und Steinkohlen-Rostaschen für diese Einbauklasse in Betracht kommen (LAGA M20, 2003, Abschnitt 4.4.1).

## **1.9 Geringfügigkeitsschwellen**

### **1.9.1 LAWA Grundsätze des vorsorgenden Grundwasserschutzes**

Von Seiten der LAWA wurde eine Vorsorgestrategie zum Grundwasserschutz entwickelt, in der u. a. auch die Grundwasserverträglichkeit von Maßnahmen der Abfallverwertung und des Einsatzes von Produkten bewertet wird (GAP-Papier). Hierbei wird davon ausgegangen, dass es zu keiner Verunreinigung des Grundwassers kommt, wenn das auf das Grundwasser treffende Wasser nur geringfügig belastet ist (also vor der Durchmischung mit dem Grundwasserkörper). Gekennzeichnet wird dies durch die Geringfügigkeitsschwellen, bei deren Unterschreitung die Anforderungen der Trinkwasserverordnung eingehalten und keine relevanten ökotoxikologischen Wirkungen auftreten. Die Geringfügigkeitsschwellen stellen jedoch kein Qualitätsziel für das Grundwasser dar (LAWA 2002). Als Geringfügigkeitsschwellen gelten die Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser, soweit die einzelnen Schadstoffe dort geregelt

sind, für andere relevante Stoffe werden die Geringfügigkeitsschwellen nach den Kriterien der Trinkwasserverordnung bzw. der Ableitung ökotoxikologisch unbedenklicher Wirkungen festgelegt. Bei der Auswahl des Elutionsverfahrens für die Bewertung von Materialien wird das Einbauszenarium berücksichtigt. Materialien, die durchsickert oder durchströmt werden können, werden üblicherweise mit dem DEV-S4 Verfahren eluiert, wasserundurchlässige Materialien u. a. mit dem Trogverfahren. Die Methodik für die Ableitung der Geringfügigkeitsschwellen ist in (LAWA 2003) beschrieben. Die Ableitung der Geringfügigkeitsschwellen erfolgt anhand folgender Kriterien:

- Grenzwerte der Trinkwasserverordnung
- Definierte Qualitätsziele für Oberflächenwasser gemäß der EU-Wasserrahmenrichtlinie
- Abgeleitete PNEC für den aquatischen Bereich (Ableitung von No Observed Effect Concentrations in Anlehnung an die Chemikalienbewertung)
- Maximum Permissible Concentration (statistisches Extrapolationsverfahren über Häufigkeitsverteilung ökotoxikologischer Testergebnisse)

Vom Grundsatz her werden, soweit Daten vorhanden sind, die von diesen vier Kriterien abgeleiteten Konzentrationen miteinander verglichen und der kleinste Wert als Geringfügigkeitsschwellenwert festgelegt und auf Plausibilität hin überprüft. Die bisher vorgeschlagenen Geringfügigkeitsschwellenwerte für Schwermetalle liegen um mindestens 1 Größenordnung unter den Vorgaben der TL-Streu und orientieren sich eher an den Prüfwerten der BBodSchV (vgl. Tabelle 4). Allerdings wird die Elution nach TL-Streu anhand des pH-stat-Verfahrens, nach LAWA hingegen üblicherweise nach DEV S4 durchgeführt.

Tabelle 4: Prüf- und Grenzwerte von Schwermetallen im Eluat bzw. im Industrieabwasser [mg/l]

	TLStreu pH 4-stat (2003)	Geringfügigkeits- schwellenwerte LAWA GAP-Papier	LAGA M20 Einbau- klasse Z0 (1997, 2003)	Prüferte Boden- Grundwasser BBSchV (12.07.99)	Anhang 22 AbwasserVO Chemische Industrie Spalte I	ATV-Arbeitsblatt A 115 Einleiten nicht häuslichen Abwassers	Abwasserabgabengeset z Schwellenwerte
Elution	pH-stat	DEV S4	DEV S4	BSE	-	-	-
Arsen	0,25	0,01	0,01	0,01	-	0,5	
Blei	0,5	0,01	0,02	0,025	0,05	1	0,05
Cadmium	0,2	0,001	0,002	0,005	0,005	0,5	0,005
Chrom, gesamt	0,5	0,005	0,015	0,05	0,05	1	0,05
Nickel	0,5	0,02	0,04	0,05	0,05	1	0,05
Kupfer	0,5	0,02	0,05		0,01	1	0,1
Quecksilber	0,05	0,0002	0,0002	0,001	0,001	0,1	0,001
Zink	2	0,4	0,1	0,5	0,2	5	

BSE: Bodensättigungsextrakt:

Bewertung bez. RAL-UZ 13: Die Geringfügigkeitsschwellenwerte zielen auf den vorbeugenden Grundwasserschutz, nicht jedoch zwangsläufig auch auf den vorsorgenden Bodenschutz. Die Schadstofffreisetzung wird im Wesentlichen von der Matrix des Materials der spezifischen schadstoffbelasteten Oberflächen und weiteren Einflussfaktoren wie pH, Redoxpotential u. a. bestimmt. Diese Einflussgrößen stehen i. d. R. nicht mit den Feststoffkonzentrationen im Zusammenhang. Es stellt sich jedoch die Frage, ob die Geringfügigkeitsschwellen grundsätzlich für eine Bewertung abstumpfender Streumittel geeignet sind, die durch den Gebrauch zerrieben werden und zu einer Staubbelastung führen können, so dass mit einer zusätzlichen Exposition der Anwohner und des Straßenreinigungspersonals gerechnet werden

muss. Für die Bewertung von Grundwasserverunreinigungen von Altlasten, Baustoffen, Rekultivierungsmaßnahmen, Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen u. a. sind die Geringfügigkeitsschwellenwerte hingegen sehr hilfreich.

### **1.9.2 Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser**

Vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) wurde ein Merkblatt zur "Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser" erarbeitet, in dem die LAWA- und LAGA-Merkblätter berücksichtigt wurden (Deutsches Institut für Bautechnik 2000). Bewertet werden die chemische Zusammensetzung der Bauprodukte und die im jeweiligen Anwendungsfall eluierbaren Inhaltsstoffe und deren mögliche Auswirkung auf die Beschaffenheit von Boden und Grundwasser. Bei der Bewertung werden der *"maßgebliche Ort der Beurteilung"* (Lage des Bauproduktes bezüglich Grundwasserspiegel) sowie die Bauweise (wasserdurchlässig, wasserundurchlässig) berücksichtigt. Hiernach werden praxisnahe Elutionsverfahren (Säulenverfahren, Schütteltests, Trogverfahren, gegebenenfalls auch pH-stat-Verfahren) ausgewählt. Das stufenweise Vorgehen sieht zunächst eine Bewertung der Inhaltsstoffe anhand der Rezeptur vor, wobei Verwendungsverbote und Beschränkungen für bestimmte Stoffe abgeprüft werden. In der 2. Stufe wird ein praxisnahes Eluat hergestellt und hiervon allgemeine Parameter wie pH, Leitfähigkeit sowie stoffliche Parameter bestimmt. Die stofflichen Parameter müssen die Geringfügigkeitsschwellen der BBodSchV zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser unterschreiten (vgl. Tabelle 4). Organische Stoffe, für die keine Geringfügigkeitsschwellen festgelegt wurden, werden summarisch über den TOC limitiert (Vorgabe <20 mg/l). Wenn aus diesen Untersuchungen die ökotoxikologische Unbedenklichkeit nicht nachgewiesen werden kann, werden die Eluate zusätzlich in Ökotoxizitätstests gemäß AbwasserVO untersucht.

Bewertung bez. RAL-UZ 13: Das Verfahren stellt eine Erweiterung des LAWA-Ansatzes dar, die dort beschriebene Bewertung bez. RAL-UZ 13 gilt sinngemäß auch für das DIBt-Merkblatt.

## **1.10 Bestimmungsverfahren**

### **1.10.1 Königswasserextrakt**

Die säurelöslichen Schwermetalle werden in der Regel nach Königswasser-aufschluss bestimmt. Unter Königswasser versteht man eine Aufschlusslösung aus einem Teil Salpetersäure und drei Teilen Salzsäure. Zur Vorbereitung wird die Probe gemahlen (mindestens 50 g Trockenmasse < 0,2 mm, LAGA M20). Das LAGA-Merkblatt zu Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen verweist auf die DIN 38414-7, die mittlerweile durch die DIN EN 13346 ersetzt wurde. Nach DIN 38414-7 wird die getrocknete Probe in einer Analysenmühle auf eine Korngröße von < 0,1 mm gemahlen. Es werden etwa 3 g Probe mit 21 ml Salzsäure und 7 ml Salpetersäure versetzt, mehrere Stunden bei Raumtemperatur stengelassen und etwa 2 h erhitzt und am Sieden gehalten (DIN 38414-7). Mit der DIN EN 13346 wurde diese Methode zur Charakterisierung von Schlämmen weiterentwickelt, indem mehrere Möglichkeiten der Wärmeextraktion (Kochen, Mikrowelle) zugelassen werden.

Gemäß der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BodSchV, Anhang 1, 3.1) wird der Königswasserextrakt nach DIN ISO 11466 der aufgemahlten Proben (Korngröße < 150 µm) für die Bestimmung des Gehaltes an anorganischen Schadstoffen zum Vergleich der Schadstoffaufnahme auf dem Wirkungspfad Boden – Mensch, für den Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze auf Ackerbauflächen und in Nutzgärten, für den Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze auf Grünland sowie für die Vorsorgewerte verwendet. Durch das Mahlen soll eine homogenere Probe erhalten und die Effizienz des Säureeinsatzes erhöhen werden. Es werden etwa 3 g Probe mit 21 Salzsäure (12 mol/l) und 7 ml Salpetersäure (15,8 mol/l) versetzt, 16 h bei Raumtemperatur extrahiert und anschließend 2 h unter Rückfluss gekocht. Die Königswasserextraktion stellt in der BBodSchV (1999) und anderen bodenschutzbezogenen gesetzlichen Regelwerken (z.B. AbfKlärV) das Referenzverfahren dar und wird auch von der LABO für die Ableitung von Hintergrundwerten empfohlen. Davon zu unterscheiden sind die Totalgehalte (Elementaranalyse), die in flusssäurehaltigen Aufschlüssen (HF-Aufschluss) bzw. mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) bestimmt werden (LABO 2003).

Das Königswasser bringt Böden oder ähnliche Materialien jedoch nicht vollständig in Lösung und die Elementausbeute ist für jedes Element verschieden. Mit Königswasser extrahierbare Elemente können daher nicht als "Gesamtgehalte" beschrieben werden; sie können jedoch auch nicht als "bioverfügbare" Fraktion betrachtet werden, da das Extraktionsverfahren hierfür zu stark ist (DIN ISO 11466 und DIN EN 13346).

### **1.10.2 Bestimmung des eluierbaren Anteils**

Für die Herstellung des Eluats liegen verschiedene Verfahren vor, die im Folgenden beschrieben werden:

#### **1.10.2.1 Elutionsverfahren nach DIN 38414-4 (DEV S4)**

Das S4 Verfahren wird u. a. als Standardverfahren des LAGA M 20 verwendet. Die zu eluierende Probe wird mit demineralisiertem Wasser über 24 h unter Schütteln eluiert, wobei ein Elutionsverhältnis Feststoff/Wasser von 1:10 eingestellt wird. Das LAGA M 20 spezifiziert, dass in der Regel das Material in dem Zustand zu eluieren ist, in dem es verwertet werden soll. Eine Zerkleinerung soll im Einzelfall nur insoweit vorgenommen werden, wie es für die Durchführung der Untersuchungen unbedingt notwendig ist. Die zu eluierende Probenmenge wird in Abhängigkeit vom Größtkorn der zu untersuchenden Originalprobe festgelegt. Es wird eine Schüttelgeschwindigkeit 10 und 100 Schwingungen pro Minute empfohlen. Das LAGA M20 schließt andere Elutionsverfahren wie das Perkulationsverfahren oder Lysimeterversuche für Untersuchungen zur stofflichen Verwertung mineralischer Reststoffe explizit aus.

In der LAGA Richtlinie EW 98 (2002) werden drei Elutionsverfahren beschrieben, darunter auch das Standardverfahren EW 98S in Anlehnung an DIN 38414-4. Das Material wird hierbei im Originalzustand eluiert und nur dann zerkleinert, wenn Korngrößen über 40 mm vorliegen. Die Partikel werden nach 15 min. Sedimentation vorzugsweise mittels Membranfilter (0,45 µm), ersatzweise durch Zentrifugation abgetrennt.

Bewertung bez. RAL-UZ 13: Das S4-Verfahren unterschätzt die tatsächlich freisetzbaren Anteile, hat ein weites Elutionsmittel/Feststoff-Verhältnis und lässt keine Aussagen über das Langzeitverhalten mineralischer Reststoffe zu. Zudem

werden abstumpfende Streumittel bei der Anwendung mechanisch beansprucht, so dass die Einschränkung des Zerkleinerns hier nicht zielführend ist.

### **1.10.2.2 Bodensättigungsextrakt**

Die BBodSchV sieht vor, die Konzentrationen der anorganischen Schadstoffe im Sickerwasser anhand der Analyse des Bodensättigungsextrakts abzuschätzen. Hierzu wird dem vorbefeuchteten Bodenmaterial unter ständigem Rühren solange bidestilliertes Wasser zugegeben, bis die Fließgrenze erreicht ist. Nach 24 h Aufbewahrung bei 5°C wird die Gleichgewichtsbodenlösung mittels Zentrifugation der Probe gewonnen. Die überstehende Lösung wird dekantiert und membranfiltriert.

Bewertung bez. RAL-UZ 13: Die Methode ist für abstumpfende Streustoffe nicht geeignet, allerdings könnte das S4-Verfahren in Anlehnung an den Bodensättigungsextrakt mit anderen Feststoff/Wasser-Verhältnissen durchgeführt werden.

### **1.10.2.3 pH-stat-Verfahren**

Das pH-stat-Verfahren wird als Standardverfahren für die Bestimmung der Schwermetallgehalte gemäß TL-Streu verwendet, ohne dass die Methode hier genauer spezifiziert wird (FGSV, 2003). In früheren Entwürfen der TL-Streu wurde noch auf das Verfahren von (Goetz and Gläseker 1996) verwiesen.

Ausgangspunkt für die Entwicklung des pH-stat-Verfahrens waren die Nachteile der bisher üblichen wässrigen Elution nach DEV-S4, bei der umweltrelevante pH-Werte nicht berücksichtigt werden, sondern der sich einstellende pH maßgeblich vom zu eluierenden Feststoff selbst beeinflusst wird. Zur Ermittlung der längerfristigen Auslaugbarkeit von Schwermetallen unter definierten Bedingungen wurde das pH-stat-Verfahren entwickelt, bei dem die Probe bei konstant pH 4 (saurer Regen) sowie gegebenenfalls bei pH 11 extrahiert wird (AK 6.4.1 "Elutionsverfahren für Mineralstoffe" (Goetz and Gläseker 1996). Das Verfahren dient im Allgemeinen zur Prüfung des Elutionsverhaltens von Metallen aus festen Abfällen, verunreinigten Böden und Materialien aus dem Altlastenbereich und ist u. a. in der LAGA Richtlinie EW 98 (2002) beschrieben (Verfahren EW 98p). Die Mobilisierung einzelner Stoffe wird hier bei definierten und konstanten pH-Werten bestimmt. Überdies besteht die Möglichkeit die Säure- bzw. Basenneutralisationskapazität ("Pufferkapazität") des Feststoffs in 24 h zu bestimmen. Die Elution erfolgt bei einem Wasser-/

Feststoffverhältnis von 10:1 über 24 Stunden bei pH 4 bzw. pH 11 unter der Annahme, dass die Verteilung der Schadstoffe nach annähernder Erschöpfung der Pufferkapazität des Feststoffes zwischen flüssiger und fester Phase in der Regel näherungsweise im Gleichgewicht ist. Dabei dient die Elution bei pH 4 zur Abschätzung des mobilisierbaren Anteils von Metallen und Metalloiden z. B. nach Ablauf der Versäuerung durch sauren Regen, während die Elution bei pH 11 den Verhältnissen bei der Mobilisierung z.B. durch alkalische Sickerwässer nahe kommt. Das Material wird hierbei im Originalzustand eluiert und nur zerkleinert, wenn Korngrößen über 10 mm vorliegen. Die Partikel werden nach 15 min. Sedimentation vorzugsweise mittels Zentrifugation abgetrennt. Um unkontrollierte Reaktionen durch Puffer zu vermeiden, wird der pH durch einen Titrierautomaten konstant gehalten.

Ein ähnliches Verfahren wird auf europäischer Ebene diskutiert, allerdings werden hier Elutionen bei mindestens 8 pH-Werten im Bereich von pH 4 - pH 12 gefordert und die Elution wird mit Probenmaterial unter 1 mm über 48 h bzw. bis zum Erreichen stationärer Bedingungen durchgeführt (E-DIN EN 14429).

Bewertung bez. RAL-UZ 13: Das pH-stat-Verfahren ergibt im Vergleich zum S4-Verfahren sicherlich eine realistischere Vorhersage über die Art- und Eintrittswahrscheinlichkeit des "worst case" der Sickerwasserentwicklung in Abhängigkeit vom pH und der Pufferkapazität. Allerdings sind die Randbedingungen der LAGA Richtlinie EW 98 zu beachten:

*"Die Bestimmung der unter den jeweiligen Verfahrensbedingungen eluierbaren Stoffanteile dient der Abschätzung des kurz- und längerfristigen Elutionsverhaltens der zu untersuchenden Inhaltsstoffe. Über lange Zeiträume ablaufende Verwitterungs- und Lösungsprozesse können derzeit mit keinem Verfahren simuliert werden. ... **Das gesamte Gefährdungspotential, das von Abfällen, verunreinigten Böden und Materialien aus dem Altlastenbereich ausgeht, ist aus den Analysenwerten des Eluates alleine nicht zu ermitteln. Zusätzlich sind neben standortspezifischen Faktoren insbesondere die Gesamtgehalte der Kontaminanten im Feststoff zu berücksichtigen.**"*(LAGA EW 98 (2002), Vorbemerkungen).

#### 1.10.2.4 Weitere Elutionsverfahren

Weitere Elutionsverfahren wurden bzw. werden für die Sickerwasserprognose sowie die Bewertung der Schadstoffe im Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze auf Ackerbauflächen normiert (Ammoniumnitratextrakt nach DIN 19730). In der LAGA Richtlinie EW 98 (2002) wird u. a. auch das sog. Trogverfahren (EW 98 T)

beschrieben, das von der LAGA z.B. für pechhaltigen Straßenaufbruch vorgeschrieben ist. Da es der Elution grobstückiger Materialien (>40 mm) dient, ist es für abstumpfende Streumittel nicht vorgesehen. Zur Charakterisierung von Abfällen liegen mehrere (Vor)normen zu Auslaugungsversuchen vor (E-DIN EN 14405, E-DIN EN 14429, DIN EN 12457-1 bis DIN EN 12457-4).

### **1.10.3 Analyse anorganischer Schadstoffgehalte**

Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV Anhang 1, Tabelle 4) sieht verschiedene Möglichkeiten zur Bestimmung der Schwermetalle vor. Die Gehalte an Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Tl und Zn können mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) nach E DIN ISO 11047 (06.95), As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Tl und Zn auch mittels induktiv gekoppelter Plasma- Atom-Emissionsspektroskopie (ICP-AES) nach DIN EN ISO 11885 (04.98) bestimmt werden.

### **1.10.4 Korngrößenverteilung**

In den bisherigen Vergabekriterien ist die Korngrößenverteilung abstumpfender Streumittel auf den Bereich 1- 5 mm festgelegt, wobei der Überkornanteil > 8 mm auf max. 5 Gew.% (ohne Angabe des Größtkorns) und der Unterkornanteil < 1 mm auf max. 5% begrenzt ist. Da das 1 mm Sieb eher eine ungewöhnliche Maschenweite hat, wird - auch um doppelten Versuchsaufwand zu vermeiden - empfohlen, die Vorgaben der TL-Streu (Feinstkornanteil < 0,063 mm max. 5 Gew.%, Größtkorn max. 8 mm) zu übernehmen.

### **1.10.5 Anteil kubisch geformter Körner**

Die Kornform muss nach TL-Streu kubisch und nicht plattig sein, um eine abstumpfende Wirkung zu erzielen. Die TL-Streu verweist auf die Methode nach DIN EN 933-4. Hierbei werden die Kornlänge und -dicke einer repräsentativen Probe (bei 8 mm Überkorngröße rd. 100 g) mittels Kornform-Messschieber bestimmt und die Körner mit einem Längen/Breiten-Verhältnis > 3 als "nicht kubische Körner" ausgesondert. Die Kornformmesszahl (SI) gibt die Massenprozent nicht kubisch geformter Körner an der Gesamtprobe an. Es stellt sich die Frage, ob für den gewünschten Anwendungsbereich eine rein visuelle Bewertung des Anteils kubisch geformter Körner in Anlehnung an DIN EN 933-4 ausreichend sein könnte.

### **1.10.6 Anteil an gebrochenen Körnern**

Der Anteil gebrochener Körnern erhöht unstrittig die abstumpfende Wirkung von Streumitteln, indem sich die Körner mit dem Untergrund verzahnen. Die Bruchkanten sollen jedoch nicht glasartig scharf sein. Die TL-Streu bezieht sich auf die Bestimmungsmethode nach DIN EN 933-5. Hierbei wird eine bestimmte, bis zur Gewichtskonstanz getrocknete Masse der Kornklasse von 4-8 mm manuell in 4 Gruppen eingeteilt:

- Vollständig gebrochene Körner mit mehr als 90% gebrochener Oberfläche.
- Gebrochene Körner mit mehr als 50% gebrochener Oberfläche.
- Gerundete Körner mit weniger als 50% gebrochener Oberfläche.
- Vollständig gerundete Körner mit mehr als 90% gerundeter Oberfläche.

Die Masse dieser Gruppen wird per Wägung bestimmt und als prozentualer Anteil der Gesamtprobe angegeben. Es stellt sich die Frage, ob für den gewünschten Anwendungsbereich eine rein visuelle Bewertung des Anteils an gebrochenen Körnern in Anlehnung an DIN EN 933-5 ausreichend sein könnte.

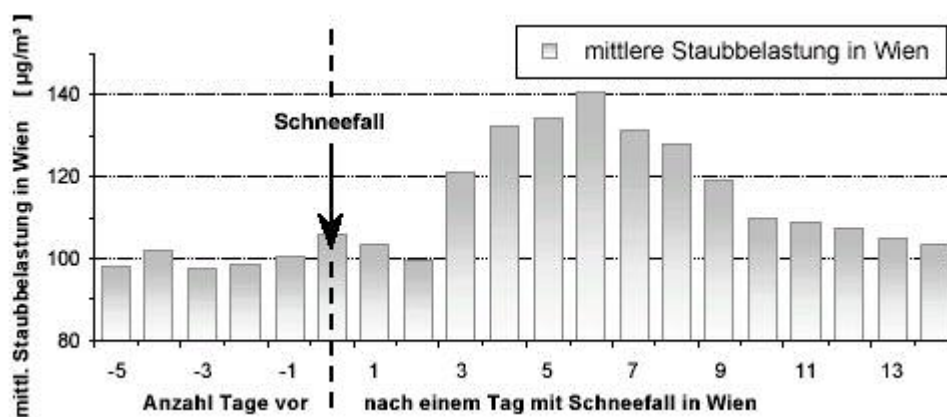
### **1.10.7 Schlagzertrümmerungswert**

Der Schlagzertrümmerungswert (SZ) ist ein Maß für die Widerstandsfähigkeit gegen Schlagbeanspruchung und wird nach DIN EN 1097-2 „Bestimmung des Widerstandes von Gesteinskörnung gegen Zertrümmerung“ bestimmt. In der Norm werden zwei Verfahren beschrieben: Das „Los Angeles-Prüfverfahren“ bestimmt die Zertrümmerung der Probe in einer mit 11 Stahlkugeln (je 400-445 g) gefüllten rotierenden Hohltrommel und nachfolgender Bestimmung des Siebrückstandes auf einem 1,6 mm Sieb. Das Los Angeles Verfahren, das u. a. in Österreich, Frankreich und den USA eingesetzt wird, gilt als das Referenzverfahren. Als zweites Verfahren beschreibt die DIN EN die Bestimmung des in Deutschland üblicheren Schlagzertrümmerungswertes. Hierbei wird eine Probe der Körnung 8/12 in einem Mörser mit einem Stempel abgedeckt und 10 Schlägen aus einer Höhe von 370 mm ausgesetzt. Die Zertrümmerung wird anschließend durch Absieben ermittelt, wobei feinere Absplitterungen durch mehrere Siebe gehen und deshalb mehrmals gezählt werden. Der Schlagzertrümmerungswert ist umso größer, je mehr Absplitterungen entstehen. (Z. B. bei Basalt SZ = 9 bis 20, bei Kalk SZ = 17 bis 28). Die TL-Streu und

die TL MIN-StB 2000 verweisen auf die DIN EN 1097-2 als Referenzmethode zur Bestimmung des Schlagzertrümmerungswertes.

## 1.11 Staubbelastung

Bei der Anwendung abstumpfender Streumittel im Straßenwinterdienst werden diese durch den fließenden Verkehr zerkleinert und aufgewirbelt, so dass es zu einer zusätzlichen Staubbelastung des Straßenreinigungspersonals und der Verkehrsteilnehmer kommt. Dies war der Hauptgrund, weshalb der Geltungsbereich des RAL-UZ 13 auf Gehwege festgelegt und der Straßenwinterdienst ausgeschlossen wurde. Insbesondere in Österreich wird die Staubproblematik durch die Rollsplitt-Streuung zunehmend diskutiert. Im Luftgütebericht 1987-1998 wird ein Beispiel aufgeführt, wonach die Staubkonzentration nach Schneefällen oder nach Tagen mit Glatteisbildung zunächst kaum ansteigt, da die Strassen noch nass sind. Nach dem Auftrocknen der Fahrbahnen führt das vom Kfz-Verkehr zunehmend zerriebene Streumaterial und der von den Fahrzeugen aufgewirbelte Feinstaub zumeist einige Tage später zu einem Anstieg der Staubbelastung in Wien, im Schnitt um 40 %. Mit der zunehmenden Verlagerung des Rollsplitts an den Fahrbahnrand bzw. die Entfernung im Zuge von Straßenkehrungen sinken die Staubkonzentrationen schließlich wieder (vgl. Abbildung 4, Schmittner 1999).

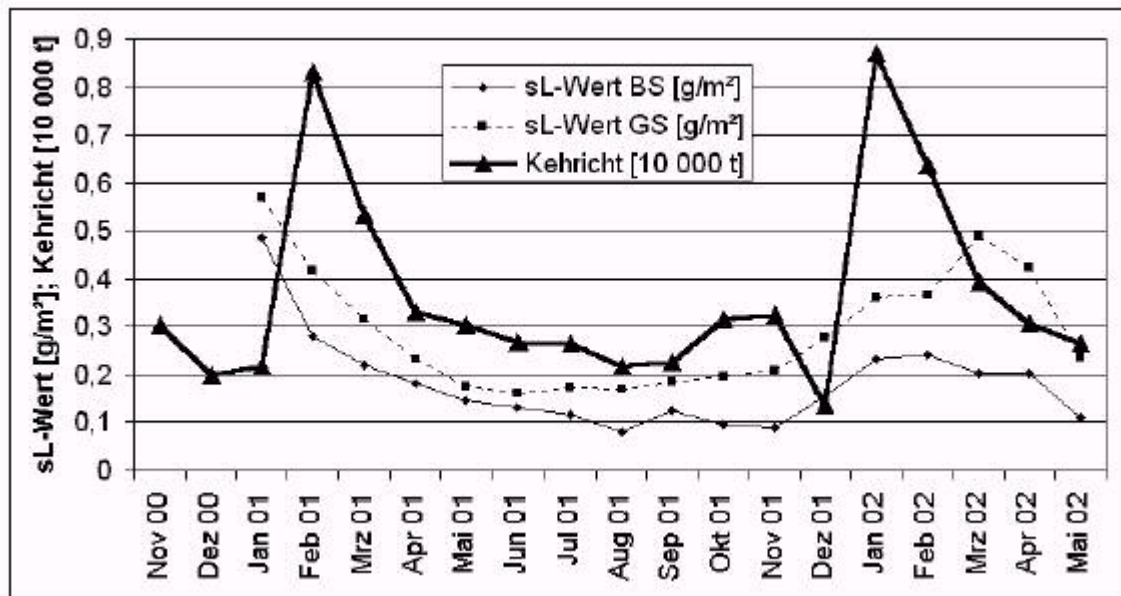


Aus: Schmittner (1999)

Abbildung 4: Zeitliche Entwicklung der mittleren Tageshöchstwerte der Staubbelastung in Wien nach Schneefällen 1988-1996

In einer detaillierten Studie nach den Ursachen der diffusen Staubemissionen wurde im Einsatz von abstumpfenden Streumitteln in den Wintermonaten eine der

wesentlichen Quellen gesehen. In Abbildung 5 ist der Zusammenhang zwischen der Menge des beseitigten Straßenkehrichts, die wesentlich durch die Wiederaufnahme der Winterstreumittel beeinflusst wird, und der Feinstaubimmission  $< 70 \mu\text{m}$  (=sL-Wert) dargestellt (Koschutnig et al. 1999).



Aus: Koschutnig et al. 2002 (BS: Bundesstraße, GS: Gemeindestraße)

Abbildung 5: Mittlere Staubimmissionen (sL-Werte) und Straßenkehrichtentsorgung

In Berlin wurden ebenfalls Untersuchungen zur Belastung des Kehrpersonals durch silikogenen Staub durchgeführt, die eine teilweise Überschreitung des MAK-Wertes für Quarzfeinstaub von  $0,15 \text{ mg/m}^3$  ergab (Moritz 1999).

Der allgemeine Staubgrenzwert für den alveolengängigen Staub (unterhalb eines aerodynamischen Durchmessers von  $10 \mu\text{m}$ ) wurde im Jahr 2001 von  $6 \text{ mg/m}^3$  auf  $3 \text{ mg/m}^3$  gesenkt, der höhere Wert gilt nun nur noch für bestimmte Ausnahmehbereiche. Gleichzeitig wurde ein Grenzwert für den einatembaren Staub von  $10 \text{ mg/m}^3$  festgelegt. Der allgemeine Staubgrenzwert gilt jedoch nicht für krebserzeugende Stäube. Bei der Diskussion um die gesundheitlichen Folgen mineralischer Stäube steht der alveolengängige Quarzstaub im Vordergrund, der im Verdacht steht, Lungenkrebs zu erzeugen. Die internationale Krebsorganisation IARC hat 1996 Quarzstaub als humankanzerogen eingestuft, dem hat sich die MAK-Kommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft 1999 angeschlossen (Kolmsee 2002). Als

Grenzwert gilt für alveolengängigen Quarzstaub derzeit  $0,15 \text{ mg/m}^3$  (TRGS 900, Ausgabe Oktober 2000, zuletzt geändert BArbBl, Heft 9/2003 )

Mit der Umsetzung der Richtlinie 1999/30/EG, die u. a. Luftgrenzwerte für Partikel beschreibt, in nationales Recht (TA-Luft 2002) wird die Staubbelastung durch abstumpfende Streumittel noch mehr in den Mittelpunkt rücken. Die Richtlinie sieht eine stufenweise Absenkung der Jahresgrenzwerte für die "PM10-Partikel" (Partikel mit aerodynamischem Durchmesser von  $10 \mu\text{m}$ ) von  $40 \mu\text{g/m}^3$  (bis zum Jahr 2005) auf  $20 \mu\text{g/m}^3$  (bis zum Jahr 2010) vor. Hierbei können die Mitgliedstaaten zwar *"Gebiete oder Ballungsräume benennen, in denen die PM10-Konzentration in der Luft infolge der Aufwirbelung von Partikeln nach einer Streuung von Straßen mit Sand im Winter die PM10-Grenzwerte überschreitet"* (Artikel 5 (5) 1999/30/EG). Gerade dies macht jedoch die Gesamtproblematik deutlich.

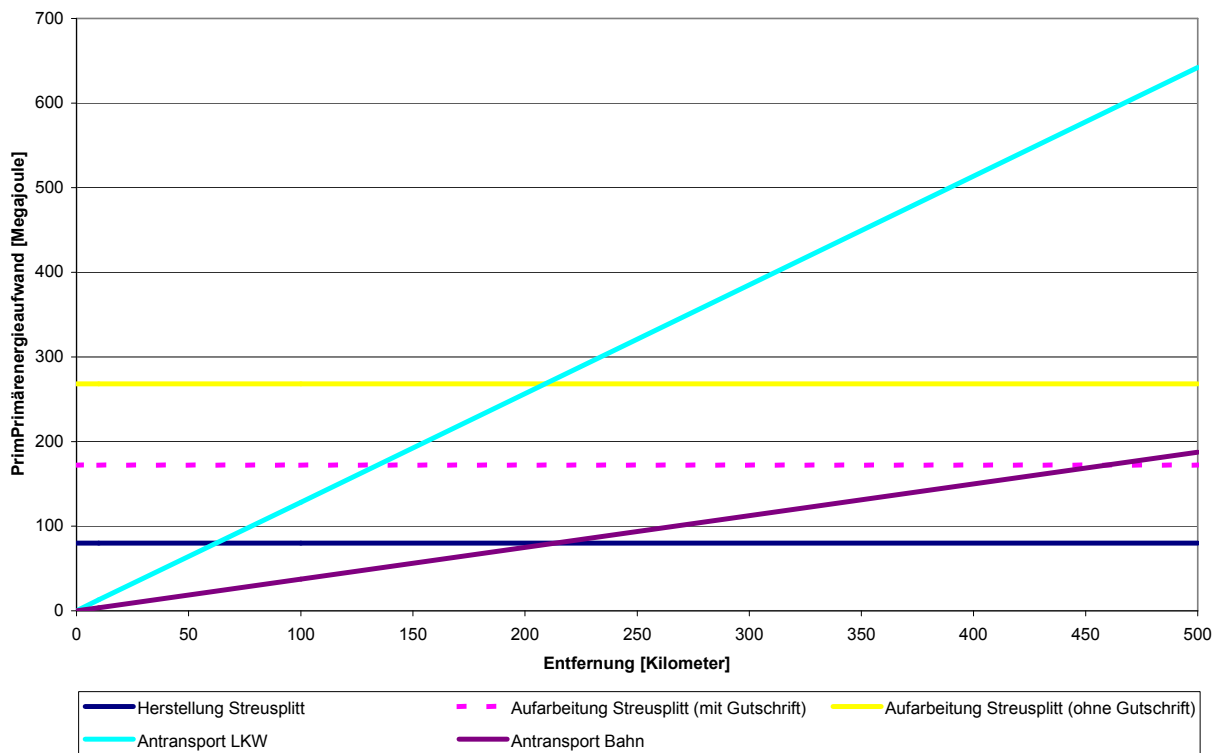
## 1.12 Transport

Bisher wenig berücksichtigt wird der Aufwand für die Distribution abstumpfender Streumittel von den Produktionsstätten zu den Verbrauchern/Anwendern.

Zum Energieaufwand für die Herstellung von Streusplitt liegen verschiedene Zahlen vor. Weil et al. (2003) geben den Primärenergieaufwand für die Herstellung von Sand und Kies mit 35 - 54 MJ/t an (Weil et al. 2003). In einer aktuellen Studie wurden Verbrauchszahlen aus mehreren Kieswerken, in denen das Ausgangsmaterial gebrochen wird, erhoben und eine Größenordnung des Energieverbrauchs für die Herstellung von Streusplitt von 70-90 MJ/t bestimmt. In einer ähnlichen Größenordnung lag auch der Energieaufwand für die Aufbereitung von Streusplitt in Bodenwaschanlagen (ohne Ab- und Abtransporte, vgl. Ökobilanz des Winterdienstes in den Städten München und Nürnberg, Studie des Öko-Institut Freiburg, Quack et al. 2004).

Eine überschlägige Rechnung hinsichtlich des Energieaufwandes für die Herstellung und den Transport abstumpfender Streumittel (Streusplitt) ergibt, dass ab einen Transportweg von etwa 65 km der Energieaufwand für den Transport den für die Herstellung abstumpfender Streumittel übersteigt . In Abbildung 6 ist dies dargestellt. Zusätzlich dazu ist darin gezeigt, dass sich die dem Herstellungsaufwand äquivalente Transportentfernung auf etwa 240 km erhöht, wenn der Transport mit der Bahn

erfolgt. Für aufbereiteten Splitt erhöht sich die äquivalente Transportentfernung entsprechend des etwas höheren Aufwandes im Vergleich zur Primärproduktion. Alternativ ist die Situation dargestellt, wenn für den aufbereiteten Splitt eine Gutschrift erteilt wird bzw. wenn keine Gutschrift erteilt wird. Eine Gutschrift lässt sich dann rechtfertigen, wenn das Recyclingprodukt ein Produkt aus Primärproduktion ersetzt (persönliche Mitteilung D. Quack, Öko-Institut Freiburg vom 22.03.04)



Bezogen auf 1 t Produkt; die Angaben über die Aufbereitung sind differenziert danach, ob für den aufbereiteten Splitt eine Gutschrift erteilt wird („mit Gutschrift“), da er Neumaterial ersetzen kann, oder nicht („ohne Gutschrift“).

Abbildung 6: Primärenergieaufwendungen für Herstellung, Aufbereitung und Antransport von Wintersplitt in Abhängigkeit von der Distanz

Bei der Diskussion um Optimierungsstrategien des kommunalen Winterdienstes sollte auch berücksichtigt werden, dass insbesondere bei Sackwaren die Vermarktung über Bau- und Gartenmärkte oftmals überregional organisiert ist, so dass ein größerer Aufwand für den Transport anfällt. Hier wäre eine Entnahme von Streugut aus öffentlichen Streugutbehältern durch die Anwohner, die in einigen

Städten geduldet wird, unter ökobilanziellen Gesichtspunkten zu begrüßen, wenn der Streusplitt aus lokalen Vorkommen stammt. Allerdings muss den Verbrauchern auch eine Alternative zu Streusalz, das in kleineren Mengen angeboten wird, in den Märkten angeboten werden, so dass auf abstumpfende Streumittel im Angebotssortiment zunächst nicht verzichtet werden kann.

Die Verfügbarkeit abstumpfender Streumittel hängt von der geologischen Lage ab. Während in den Mittelgebirgen, und entlang der Flüsse genügend Gesteine oder Schotter vorliegen, ist die Bereitstellung von gebrochenem Streusplitt im Norden bei sandigem Untergrund schlechter. Der Grundsatz der Versorgungsnähe sollte in jedem Fall soweit wie möglich ausgeschöpft werden, um unnötige Transporte zu vermeiden.

Insbesondere bei der stofflichen Verwertung von Sekundärrohstoffen wie Schmelzkammergranulaten werden manchmal weite Transportwege in Kauf genommen. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen bemängelt, dass zwar die Abfallbeseitigung nach §13 des KrW-/AbfG grundsätzlich ortsnahe erfolgen soll, während Verwertungsabfälle oft über weite Strecken transportiert werden, wobei die Verwertung dann mit höheren Umweltbelastungen verbunden ist, als die Beseitigung (Umweltrat 2002).

## **1.13 Vorschlag hinsichtlich der Bewertungsverfahren für RAL-UZ 13**

### **1.13.1 Geltungsbereich**

Es wird empfohlen den Geltungsbereich für das RAL-UZ 13 weiterhin auf Gehwege sowie ähnliche Bereichen (Bürgersteige, Parkwege, private Gartenwege, Betriebswege, Plätze, Höfe, Parkplätze) zu beschränken. Eine Erweiterung des Geltungsbereichs auf den Straßenwinterdienst kann aufgrund des geringen praktischen Nutzens abstumpfender Streumittel in diesem Bereich, des sehr hohen Aufwandes bei der Ausbringung, der Entsorgungskosten und der Zunahme von Staubemissionen nicht empfohlen werden.

### **1.13.2 Extraktionsverfahren**

Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BbodSchV) bezieht sich hinsichtlich geeigneter Extraktionsverfahren auf den Königswasseraufschluss, den

Ammoniumnitratextrakt und das S4-Verfahren. Das pH-stat-Verfahren ist eine interessante Option, bisher liegt jedoch - mit Ausnahme der TL-Streu und der TL MIN-StB keine Referenz oder Grenzwerte oder standardisierte Norm vor. Das LAGA M20 "Anforderung an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen" bezieht sich bei den Zuordnungswerten für uneingeschränkten Einbau (Z0) auf den Königswasseraufschluss und das S4-Verfahren. Die Königswasserextraktion wurde auch von der LABO als Standard für die Ableitung von Hintergrundwerten empfohlen und ist unter Vorsorgegesichtspunkten bei der offenen Anwendung abstumpfender Streumittel der geeignetere Parameter als das S4- oder pH-stat-Verfahren. Die Vorsorgewerte der BBoSchV (Anhang 2, Nr. 4) beziehen sich auf den Feststoffgehalt nach Königswasseraufschluss, die Bewertung wässriger Eluate wird eher in der Sickerwasserprognose eingesetzt. Es wird daher empfohlen, die bisherige Extraktion mit Königswasser in den Anforderungskriterien nach RAL-UZ13 beizubehalten.

### **1.13.3 Säurelösliche Schwermetalle**

Ein Vergleich der Richtwerte säurelöslicher Schwermetalle nach Extraktion mit Königswasser in den verschiedenen Anwendungsbereichen ist in Tabelle 5 dargestellt.

Hierbei haben sich die LAGA Z0-Werte gegenüber der älteren Ausgabe des LAGA M20 (1997) teilweise verschoben und entsprechen jetzt den Vorsorgewerten für Böden (Lehm) der BBodSchV. Zusätzlich wurden die Werte für Arsen und Thallium in LAGA Z0 aufgenommen. Letztere sind noch Gegenstand von Diskussionen, so dass sich deren Zuordnungswerte noch geringfügig ändern können (LAGA 2003, 2004).

Es wird vorgeschlagen die zulässigen Schwermetallgehalte nach RAL-UZ 13 an das LAGA M20 und damit auch an die Vorsorgewerte der BBodSchV anzugleichen. Als Grenzwert könnten die neuen LAGA Z0-Werte herangezogen werden, die etwas unter den bisherigen RAL-UZ 13 Anforderungen liegen. Für Schmelzkammergranulate gelten derzeit noch die Zuordnungswerte der Tabelle II.4-2 des LAGA M20, die mit den alten Z0-Werten für Böden (LAGA 1997) übereinstimmen. Damit wären auch die Anforderungen für die Verfüllung von Abgrabungen mit Bodenmaterial erfüllt, die sich auf die Z 1.1 Werte, die grundsätzlich dem 2-fachen der Z0-Werte entsprechen, beziehen (LABO et al. 2002).

Tabelle 5: Zulässige Schwermetallgehalte (Feststoffgehalte) in mg/kg TS

	RAL- UZ 13	Nordischer Schwan	Prüf- und Vorsorgewerte der BBodSchV vom 12.07.99			AbfklärV	LAGA M20 1997 / 2003 / 2004
	Salzfreie abstumpfende Streumittel	Ecolabelling of ice combatting agents	Aufnahme von Schadstoffen Kinderspielflächen	Aufnahme von Schadstoffen Park- und Freizeitanlagen	Vorsorgewerte für Böden (Ton / Lehm / Sand)	Für Klärschlamm- Aufbringung vorgesehene Böden	Stoffliche Verwertung mineralischer Reststoffe Einbauklasse Z0 <sup>3)</sup>
Arsen	20	20	25	125	-	-	20 / <b>20</b> / 15
Blei	100	100	200	1000	100 / 70 / 40	100	100 / 70 / 70
Cadmium	3	1	10	50	1,5 / 1 / 0,4	1,5	0,6 / 1 / 1
Chrom, gesamt	? <sup>1)</sup>	25	200	1000	100 / 60 / 30	100	50 / 60 / 60
Nickel	50	50	70	350	70 / 50 / 15	50	40 / 50 / 50
Kupfer	100	100	-	-	60 / 40 / 20	60	40 / 40 / 40
Quecksilber	2	1	10	50	1 / 0,5 / 0,1	1	0,3 / 0,5 / 0,5
Thallium	1		-	-	-	-	0,5 / 0,5 / 0,7
Zink	300	300	-	-	200 / 150 / 60	200	120 / 150 / 150

<sup>1)</sup> Vgl. Protokoll zur Anhörung RAL-UZ-13 vom 07.11.1996: für Chrom, gesamt noch 50 mg/kg festgelegt!

<sup>2)</sup> Maßnahmenwert

<sup>3)</sup> LAGA Obergrenze für uneingeschränkten offenen Einbau für Böden (Zuordnungsklasse Z0), die Werte von 1997 entsprechen denen der Tabelle II.4-2 für Schmelzkammergranulate, die Zuordnungswerte von 2004 dem Stand der Diskussion zum 04.02.2004 für die Bewertung von Bodenmaterial (Lehm/Schluff). .

Gegenüber der bisherigen RAL-UZ 13 Regelung würden sich hierdurch die Anforderungen der Feststoffgehalte für die meisten Schwermetalle etwas verschärfen, für Nickel hingegen gleich bleiben. Beim Einsatz schadstoffarmer Kohlen in der Schmelzkammerfeuerung von Kohlekraftwerken werden die Kriterien jedoch i. d. R. auch von Schmelzkammergranulaten eingehalten (Unterlagen der Zeichennehmer und LAGA M 20).

#### **1.13.4 Wasserlösliche Schwermetalle**

In den bisherigen Anforderungen des RAL-UZ 13 waren keine Untersuchungen der Schwermetallgehalte im Eluat gefordert. Auf Einspruch verschiedener, im Bodenschutzbereich tätiger Behördenvertreter<sup>2</sup> wurden die LAGA „Z0“-Zuordnungswerte im Eluat für den uneingeschränkten Einbau von Schmelzkammergranulaten als weitere Gütekriterien in die Vergabegrundlage aufgenommen. Die Herstellung der Eluate erfolgt nach DIN 38414-4. Die einzuhaltenden Schwermetallgehalte im Eluat liegen dabei um Faktor 10 bis 100 unter den Vorgaben der TL-Streu, die für den Straßenverkehr gültig ist. Allerdings werden die Eluate hier mittels des pH-stat-Verfahrens hergestellt. Neben den Schwermetallen werden in den überarbeiteten Vergabegrundlagen auch die Leitfähigkeit sowie die Chlorid- und Sulfatgehalte im Eluat bestimmt. Hiermit können die Anforderungen an die Streumittel hinsichtlich nicht gestatteter Beimengungen von Auftausalzen überprüft werden.

#### **1.13.5 Gebrauchstauglichkeit**

Es wird empfohlen, hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit abstumpfender Streumittel die Vorgaben der TL-Streu zu übernehmen. Dies betrifft die Anforderungen hinsichtlich der Kornform nach DIN EN 933-4, der Bruchflächigkeit nach DIN EN 933-5, des Schlagzertrümmungswertes nach DIN EN 1097-2 und des Wassergehaltes. Zwar sind die Anforderungen der TL-Streu auf den Straßenwinterdienst ausgelegt, aber es wird davon ausgegangen, dass für die Gebrauchstauglichkeit auch im Gehwegbereich eine Kantigkeit des Materials Voraussetzung ist, um Kugellager-effekte wie bei abgerundeten Sand zu vermeiden. Die Anwendung von Sand im Fahrradwegbereich wird zwar verschiedentlich gefordert (VKS 1998), dennoch stellt sich die Frage, ob es sich hierbei um ein Produkt handelt, für das ein Umweltzeichen vergeben werden sollte. Über die Notwendigkeit von Anforderungen hinsichtlich des Schlagzertrümmungswertes für den Gehwegbereich liegen derzeit keine aussagefähigen Daten vor. Aus Vorsorgegründen wird jedoch empfohlen, dieses Kriterium beizubehalten, da abstumpfende Streumittel oftmals auch im Straßenbereich eingesetzt werden und eine Staubbelastung des Kehrpersonals beim

---

<sup>2</sup> Umweltbundesamt, FB II 4.1 „Übergreifende Angelegenheiten des Bodenschutzes“, Frau Six; Niedersächsisches Umweltministerium Referat 36 „Abfallwirtschaft, Altlasten“, Herr Dr. Bertram (für die LAGA); Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, Herr Böhme (für die LAWA)

Wiedereinsammeln der Streumittel auch auf Gehwegen nicht ausgeschlossen werden kann. Eine Ausnahmeregelung für bestimmte Streumittel wie Blähton aufgrund des Anwendungsprofils ist kaum gerechtfertigt. Grundsätzlich wird in der objektiven Bewertung der Gebrauchstauglichkeit abstumpfender Streumittel ein erheblicher Bedarf gesehen.

#### **1.13.6 Datendokumentation**

Die Durchsicht der von den Zeichennehmern vorgelegten Unterlagen ergab, dass die durchgeführten Untersuchungen oftmals widersprüchlich protokolliert waren. So ist beispielsweise die Extraktionsmethode z.T. nicht eindeutig beschrieben. Im Anhang ist ein aus Sicht der Forschungsnehmer geeignetes Protokoll mit den relevanten Angaben zu den Untersuchungsmethoden dargestellt.

## Überarbeitung der Grundlagen für RAL-UZ 13

Im Folgenden werden die auf der Anhörung vom 21. September 2004 abgestimmten Änderungen der Vergabegrundlage für salzfreie abstumpfende Streumittel dargestellt:

	Bisherige Anforderungen / Änderungsvorschläge	Änderungen / (Kommentare)
<b>1.</b>	<b>Vorbemerkung</b>	<i>(Keine Änderungen)</i>
<b>2.</b>	<b>Geltungsbereich</b> u. ä.	Diese Grundlage gilt für salzfreie, abstumpfende Streumittel bei Verwendung auf Gehwegen u. ä. Bereichen (wie Bürgersteige, Parkwege, private Garten- und Betriebswege, Plätze, Höfe, Parkplätze) Die Grundlage gilt nicht für die Verwendung abstumpfender Streumittel auf Straßen.
<b>3.</b>	<b>Anforderungen</b> Mit dem auf der ersten Seite abgebildeten Umweltzeichen können die unter Abschnitt 2 genannten Streumittel gekennzeichnet werden,	<i>(Keine Änderungen)</i>
3.1	die frei von Auftaumitteln sind.	<i>(Keine Änderungen)</i>
3.2	die frei von organischen Bestandteilen (z.B. Harnstoff) sind.	<i>(Keine Änderungen)</i>
3.3	die frei von weiteren umweltschädlichen Beimengungen (z.B. lösliche Schwermetallverbindungen, Stoffe mit Düngewirkung) sind.	die frei von weiteren umweltschädlichen Beimengungen sind.
3.4	Unerhebliche Verunreinigungen im Sinne von Abschnitt 3.1 bis 3.3 werden toleriert. Streumittel aus Granulaten aus Feuerungsrückständen dürfen den für tolerierbar erklärten Gehalt chemischer Elemente in Böden (z.B. im „Gemeinsamen Amtsblatt des Landes Baden Württemberg, Ausgabe A Nr.39, S.1188“ oder	die den Anforderungen für einen uneingeschränkten Einbau in bodennahen Anwendungen „Z0“ nach den Technischen Regeln LAGA M201) entsprechen. <u>Nachweis:</u> Für Streumittel aus natürlichen Gesteinen (schwere und leichte Gesteinskörnungen nach DIN EN 13055)

	<p>„Bodenwerte“ der “ oder „Bodenwerte“ der Klärschlammverordnung) nicht überschreiten. Folgende Elemente sind zu prüfen:</p>	<p>ist die geologisch-mineralogische Charakterisierung anzugeben. Kann aufgrund der Herkunft eine Vorbelastung vermutet werden, sind auch die Schwermetallgehalte anzugeben. Für Streumittel aus Granulaten aus Feuerungsrückständen ist die Einhaltung der Zuordnungswerte für Schwermetalle im Feststoff entsprechend LAGA M20 Zuordnungswert Z0 nach Königswasser-aufschluss für folgende Elemente ... <i>(vgl. Tab. 5 der Expertise bzw. Musterprüfbericht im Anhang)</i> sowie die Einhaltung der Zuordnungswerte Z0 für Eluat von Kraftwerksreststoffen (Schmelzkammergranulate) nachzuweisen <i>(vgl. Tab. 4 der Expertise bzw. Musterprüfbericht im Anhang)</i></p>
3.5	<p>Zur Erfüllung der Verkehrssicherungspflicht des Anwenders muss das Streumittel eine abstumpfende Wirkung gewährleisten.</p>	<p><i>(Keine Änderungen)</i></p>
3.6	<p>Die Korngröße des Streumittels ist auf den Bereich von 1 bis 5 mm, mit einem Überkornanteil von maximal 5 Gew.-% und einem Unterkornanteil von maximal 10 Gew.-% begrenzt.</p>	<p>Die Korngröße des Streumittels soll überwiegend im Bereich von 1 bis 5 mm liegen. Das Größtkorn ist auf <math>\leq 8</math> mm begrenzt. Der Feinstkornanteil <math>&lt; 0,063</math> mm darf max. 5 Gew.-% betragen.  <i>(vgl. TL-Streu: Feinstkornanteil mit Anteil <math>&lt; 0,063</math> mm max. 5 Gew. %, Größtkorn )</i></p>
3.7	<p>Die Feuchtigkeit des Streumittels muss eine jederzeitige Streufähigkeit gewährleisten <i>(Richtwert Wassergehalt <math>\leq 2</math> Gew. %).</i></p>	<p>Die Feuchtigkeit des Streumittels muss eine jederzeitige Streufähigkeit gewährleisten: <i>(vgl. TLStreu)</i></p>

3.8	Die Widerstandsfähigkeit des Streumittels gegen Schlag, gemessen in Anlehnung an die Technischen Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau TL Min 78, darf max. 30 Gew.-% erreichen.	Die Widerstandsfähigkeit des Streumittels gegen Schlag, gemessen nach DIN EN 1097-2 darf max. 30 Gew. % erreichen.  <i>(vgl. TLStreu, keine Ausnahmeregelung für Blähton)</i>
3.9	Die Kantigkeit des Streumittels muss eine abstumpfende Wirkung im Sinne von Abschnitt 3.5 gewährleisten.	Die Kantigkeit des Streumittels muss eine abstumpfende Wirkung gewährleisten. Dies gilt als eingehalten, wenn der Anteil kubisch geformter Körner nach DIN EN 933-4 > Gew. 50% beträgt (keine scharfkantigen Formen) und die Bruchflächigkeit nach DIN EN 933-5 > 90% beträgt.  <i>(vgl. TL-Streu)</i>
4.	<p><b>Nachweise</b> Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen nach Abschnitt 3 und macht Angaben über die Inhaltsstoffe, die Korngröße und die Widerstandsfähigkeit gegen Schlag. Die Einhaltung der Anforderungen für Granulate aus Feuerungsrückständen nach Abschnitt 3.4 ist zusätzlich durch eine neutrale Prüfung mit geeigneten Aufschlussverfahren, z.B. mittels Königswasser, nachzuweisen. Die Antragsteller, deren Produkte aus Feuerungsrückständen bestehen, werden aufgefordert, dem Umweltbundesamt III 1.3 Postfach 330022 14191 Berlin einmal jährlich zu statistischen Zwecken aktuelle Analysenwerte der Schwermetallgehalte des Produktes vorzulegen.</p>	Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderungen nach Abschnitt 3.5 bis 3.9 und legt einen entsprechenden Prüfbericht vor. <i>(vgl. Musterprüfbericht im Anhang).</i>
5.	<b>Zeichennehmer und Beteiligte</b>	Geltungsdauer bis zum 31.12.2009, sonst keine wesentlichen Änderungen

## Gesetze und Richtlinien

Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (ABl. Nr. L 163 vom 29.6. 1999 S. 41) 2001/744/EG - (ABl. Nr. L 278 23.10.2001 S. 35)

ATV-Arbeitsblatt A115: Einleitung von nicht häuslichem Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage. Abwassertechnische Vereinigung e.V., Ausgabe 10/1994

BBodSchG - Bundes-Bodenschutzgesetz Vom 17. März 1998 (BGBl. I 1998 S. 502, 2001 S. 2331).

BbodSchV-Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl I 1999, S. 1554

DIN EN 933-4 (1999-12). Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen Teil 4: Bestimmung der Kornform-Kornkennzahl

DIN EN 933-5 (1998-02). Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen Teil 5: Bestimmung des Anteils an gebrochenen Körnern in groben Gesteinskörnungen

DIN EN 1097-2 (1998-06). Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen Teil 2: Verfahren zur Bestimmung des Widerstandes gegen Zertrümmerung

DIN 4843-100 (1993-08). Sicherheits- Schutz- und Berufsschuhe; Rutschhemmung, Mittelfußschutz, Schnittschutzeinlage und thermische Beanspruchung; Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung

DIN EN 13055-1 (2002-08). Leichte Gesteinskörnungen - Teil 1: Leichte Gesteinskörnungen für Beton, Mörtel und Einpressmörtel

DIN EN 13055-1 Berichtigung 1 (2004-12). Berichtigungen zu DIN EN 13055-1:2002-08

DIN EN 13055-2 (2004-09). Leichte Gesteinskörnungen - Teil 2: Leichte Gesteinskörnungen für Asphalte und Oberflächenbehandlungen sowie für ungebundene und gebundene Verwendung

DIN EN ISO 14024 (2001-02): Umweltkennzeichnung und -deklarationen, Umweltkennzeichnung Typ I, Grundsätze und Verfahren

DIN 19730 (1997-06). Bodenbeschaffenheit - Extraktion von Spurenelementen mit Ammoniumnitratlösung.

DIN 30706-3 (2000-03). Begriffe der Kommunalen Technik - Teil 3: Winterdienst.7.

DIN 38414-4 (1984). Schlamm und Sedimente - Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (DEV S4).

DIN 38414-7 (1983-01). Schlamm und Sedimente - Aufschluss mit Königswasser zur nachfolgenden Bestimmung des säurelöslichen Anteils von Metallen (DEV S7).

DIN ISO 11047 (2003-05). Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Blei, Mangan, Nickel und Zink im Königswasserextrakt - Flammen- und elektrothermisches atomabsorptions-spektrometrisches Verfahren (ISO 11047:1998)

DIN EN ISO 11885 (1998-04). Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von 33 Elementen durch induktiv gekoppelte Plasma-Atom-Emissionsspektrometrie (ISO 11885:1996)

DIN EN 12457-1 (2003-01). Charakterisierung von Abfällen - Auslaugung; Übereinstimmungsuntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen - Teil 1: Einstufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 2 l/kg und einer Korngröße unter 4 mm (ohne oder mit Korngrößenreduzierung).

DIN EN 12457-2 (2003-01). Charakterisierung von Abfällen - Auslaugung; Übereinstimmungsuntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen - Teil 2: Einstufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 10 l/kg und einer Korngröße unter 4 mm (ohne oder mit Korngrößenreduzierung).

DIN EN 12457-3 (2003-01). Charakterisierung von Abfällen - Auslaugung; Übereinstimmungsuntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen - Teil 3: Zweistufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 2 l/kg und 8 l/kg für Materialien mit hohem Feststoffgehalt und einer Korngröße unter 4 mm (ohne oder mit Korngrößenreduzierung).

DIN EN 12457-4 (2003-01). Charakterisierung von Abfällen - Auslaugung; Übereinstimmungsuntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen - Teil 4: Einstufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 10 l/kg für Materialien mit einer Korngröße unter 10 mm (ohne oder mit Korngrößenreduzierung).

DIN EN 13346 (2001-04). Charakterisierung von Schlämmen - Bestimmung von Spurenelementen und Phosphor-Extraktionsverfahren mit Königswasser (DEV S7).

DIN EN 14405 (Entwurf 2000-05). Charakterisierung von Abfällen - Auslaugungsverhalten - Perkolationsprüfung.

DIN 51130 (1992-11) und E-DIN 51130 (2003-8). Prüfung von Bodenbelägen; Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft; Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit erhöhter Rutschgefahr; Begehungsverfahren; Schiefe Ebene

DIN EN 14429 (Entwurf 2002-06). Charakterisierung von Abfällen - Untersuchung des Auslaugungsverhaltens - Einfluss des pH-Wertes unter vorheriger Säure-Base-Zugabe.

DIN ISO 11466 (1997-06). Bodenbeschaffenheit - Extraktion in Königswasser löslicher Spurenelemente.

Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen KrW-/AbfG - Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz vom 27. September 1994 (BGBl. I 1994 S. 2705; 1996 S. 1354; 1998 S. 509, 1485, 2455; 2000 S. 632; 27.7. 2001 S. 1950, 2001 S. 2331; S. 2785 ; 21.8.2002 S. 3322)

Gem. RdErl. d. Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand Energie und Verkehr - VI A 3 - 32-40/45 und des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Güteüberwachung von mineralischen Stoffen im Straßen- und Erdbau. IV - 3 - 953-26308 - IV - 8 - 1573-30052 - v. 9. 10. 2001 (MBI. Nr. 78 vom 13.12.2001 S. 1528)

Gem. RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz Landwirtschaft und Verbraucherschutz IV - 3 - 953-26308 - IV - 8 - 1573 - 30052 u. d. Ministeriums für

Wirtschaft und Mittelstand Energie und Verkehr: Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Stoffen aus Bautätigkeiten (Recycling-Baustoffe) im Straßen- und Erdbau - VI A 3 - 32-40/45 - v. 9.10.2001 (MBI. Nr. 76 vom 3. Dezember 2001 S. 1494)

Gem. RdErl. d. Ministerium für Umwelt und Naturschutz Landwirtschaft und Verbraucherschutz IV - 3 - 953-26308 - IV - 8 - 1573-30052 u. d. Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr - VI A 3 - 32-40/45 - v. 9.10.2001: Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Stoffen aus industriellen Prozessen im Straßen- und Erdbau (MBI. Nr. 75 vom 30. November 2001 S. 1471)

FGSV 1994. Umweltverträglichkeit von Mineralstoffen, Teil: Wasserwirtschaftliche Verträglichkeit. FGSV-Arbeitspapier Nr. 28/1 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln - Berlin.

FGSV 2000. Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau (Gesteinskörnungen und Werksteine im Straßenbau). Pages 48 in FGSV 613. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.

FGSV Ausgabe 2003. Technische Lieferbedingungen für Streustoffe des Winterdienstes (TL-Streu). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit.

Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 15. April 1992 (BGBl. I 1992 S. 912; 1997 S. 446; 2002 S. 1193; S. 1488; 2003 S. 2373)

LABO in Zusammenarbeit mit LAB, LAGA und LAWA. 2002. Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV - Vollzugshilfe zu den Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden (§ 12 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung) Entwurf, Stand: 11.09.2002, Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz.

LABO in Zusammenarbeit mit LAGA, LAWA, unter Mitwirkung des LAB. 2002. Verfüllung von Abgrabungen - Bericht an die 29. ACK zu TOP 32 / 33 der 27. ACK sowie zu TOP 30 der 28. ACK Verfüllung von Tagebauen (Abgrabungen) Entwurf, Stand: 10.04.2002, Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz.

LABO 2003. Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe im Boden. Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz.

LAWA 2002. Grundsätze des vorsorgenden Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz (GAP-Papier). Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Hannover.

LAWA 2003. Methodik und Ableitung von Gerinfüchtigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Hannover.

LAGA EW 98 (2002): Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen und chemischen Untersuchungen von Abfällen, verunreinigten Böden und Materialien aus dem Altlastenbereich - Herstellung und Untersuchung von wässrigen Eluaten Kurzbezeichnung. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, eingeführt in BW GABl. 2004 S. 39

LAGA M20 (11/1997 und 11/2003 und 04.02.2004): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen-Technische Regeln (<http://www.laga-online.de/>)

LAGA 2004. Technische Regeln Boden (Überarbeitung) Stand: 04.02.2004 (62. ATA-Sitzung)

LAGA 2004. Hintergrundpapier für die Ableitung der Feststoffwerte der Technischen Regel Boden der LAGA-Mitteilung 20 (Stand 01.04.2004)

LAGA 2004 LAGA Mitteilung 20, Überarbeitung der Zuordnungswerte Eluat im Rahmen der UAG „Bodenwerte“. Ergebnisvermerk der Gespräche zwischen Prof. Doetsch und Dr. Leuchs im Dezember 2003 und Januar 2004

TRGS 900 "Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz" Ausgabe Oktober 2000 (BArbBl. Heft 10/2000 S. 34-63) mit Änderungen und Ergänzungen BArbBl. Heft 4/2001 S. 56

TRGS 901 "Begründungen und Erläuterungen zu Grenzwerten in der Luft am Arbeitsplatz" Ausgabe April 1997 (BArbBl. Heft 4/1997 S. 42-55) mit Änderungen und Ergänzungen BArbBl. Heft 4/2001 S. 56

TA-Luft (2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz - Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft vom 24. Juli 2002 (GMBI. Nr. 25 - 29 vom 30.7. 2002 S. 511)

TASI: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) Vom 27. Februar 1986 (GMBI. S. 95, ber. S. 202)

Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen (TA Siedlungsabfall). Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz vom 14. Mai 1993, Bundesanzeiger S. 4967

Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer AbwV - Abwasserverordnung Fassung vom 20. September 2001 (BGBl. I Nr. 49 vom 28.09. 2001 S. 2240)

Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch TrinkwV 2001 - Trinkwasserverordnung - vom 21. Mai 2001(BGBl. I Nr. 24 vom 28.5. 2001 S. 959)

Wasserhaushaltsgesetz - WHG Fassung vom 12. November 1996 (BGBl. I S. 1695; 1998 S. 832, 2455; 2000 S. 632, 2048; 27.7. 2001 S. 1950, 2001 S. 2331)

## Literatur

- Al-Qadi, I.-L., A. Loulizi, G. W. Flintsch, D. S. Roosevelt, R. Decker, J. C. Wambold, und W. A. Nixon. 2002. Feasibility of Using Friction Indicators to Improve Winter Maintenance Operations and Mobility. National Cooperative Highway Research Program Transportation Research Board of the National Academies.
- Bach, V. Böhm, P.-M. 1995. Umfang und Durchführung des Winterdienstes an Fußgänger-Querungen. Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Nr. 706, Hrg. Bundesminister für Verkehr, Abt. Straßenbau
- Bach, V., S. Jendia, and H. Meßmer. 1995. Winterdienst auf Radwegen. Abschlussbericht FE 77329/90 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr. Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Heft Nr. 706, Technische Hochschule Darmstadt, Fachgebiet Straßenentwurf und Straßenbetrieb und Universität Karlsruhe (TH), Inst. für Straßenentwurf und Straßenbetrieb, Darmstadt.
- Bertram, H.-U. 2000. Das LAGA-Regelwerk: "Anforderung an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen im Rahmen der Kreislaufwirtschaft". Pages 75-80 in N. L. f. Ökologie, editor. Mobilisierbarkeit von Schwermetallen und Arsen aus Schlacke, Gläsern und Gesteinen - Anwendung des pH-stat-Verfahrens für Sonderfragestellungen bei Verwertungsvorhaben. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie.
- Bertram, H.-U. 2003. Aktueller Stand der Überarbeitung der LAGA-Mitteilung 20. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Hannover.
- BIA 460210. 2002. Sicherheits-, Schutz- und Berufsschuhe - Positivliste. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz, Sankt Augustin.
- BIA 560210. 2002. Geprüfte Bodenbeläge - Positivliste. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz, Sankt Augustin.
- Deutsches Institut für Bautechnik. 2000. Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser. Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin.
- Ehrig, H.-J., U. Brinkmann, K. Höring, und A. Helfer. 1997. Vorbereitung und Koordination des Verbundvorhabens Deponiekörper sowie Untersuchungen zum Gefährdungspotential, Deponie- und Langzeitverhalten vorbehandelter und zum Teil separierter Abfälle. Abschlußbericht BMBF-Vorhaben 1460799/5, Bergische Universität-Gesamthochschule Wuppertal, Fachgebiet Abfall- und Siedlungswasserwirtschaft, Wuppertal.
- Gartiser, S., R. Reuther, und C.-O. Gensch. 2003a. Beurteilung von Streustoffen für den Winterdienst. Straßenverkehrstechnik:17-21.

- Gartiser, S., R. Reuther, und C.-O. Gensch. 2003b. Machbarkeitsstudie zur Formulierung von Anforderungen für ein neues Umweltzeichen für Enteisungsmittel für Straßen und Wege in Anlehnung an DIN EN ISO 14024. Abschlussbericht F+E-Vorhaben 200 95308/04, Umweltbundesamtes, Berlin.
- Goetz, D., und W. Gläseker. 1996. pH4-stat-Verfahren zur Untersuchung der langfristigen Auslaugbarkeit von Mineralstoffen. Straße und Autobahn:268-274.
- Hahn, U. 2003. Die Natursteinindustrie im Zeitraum 2002/2003. Die Naturstein-Industrie:5-11.
- Hamann, M. 2000. Erzeugung und Vermarktung der Metallhüttenschlacken aus der Kupferherstellung in der Bundesrepublik Deutschland. Pages 88-97 in N. L. f. Ökologie, editor. Mobilisierbarkeit von Schwermetallen und Arsen aus Schlacke, Gläsern und Gesteinen - Anwendung des pH-stat-Verfahrens für Sonderfragestellungen bei Verwertungsvorhaben. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie.
- Hohberg, I., Müller, Chz., Schießl, P., Volland, G.: Umweltverträglichkeit zementgebundener Baustoffe. Sachstandsbericht Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 458. Beuth Verlag Berlin (Zusammenstellung von unveröffentlichten Schwermetallgehalten von Schmelzkammergranulaten nach Informationen der Technischen Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V., 1994)
- Kiefer, F., Frank-Fuchs, A., Schneider, H. 1991. Verhalten, Auswirkungen, Nutzung und Vermarktung der Kraftwerksnebenprodukte Granulat und Flugasche Teil II: Verhalten und Auswirkungen von Granulat und Flugasche in Lysimeterversuchen. VGB Kraftwerkstechnik 71, Heft 7, S. 5-15
- Kolmsee, K. 2002. Mineralischer Staub - Stand der aktuellen Diskussion. Die Naturstein-Industrie:15-19.
- Koschutnig, W., C. Trenker, und W. Höflinger. 1999. Untersuchung diffuser Staubemissionen an befestigten Bundes- und Gemeindestraßen in Wien über den Zeitraum von Jänner 2001 bis Mai 2002 und Evaluierung der wesentlichen Einflussgrößen. MA 22 - 220/02, Magistrat der Stadt Wien, Abt. 22 - Umweltschutz, Wien.
- Larm, A., J. Pospunt, U. Blum, G. Schwedt, und H.-U. Bertram. 2000. Mobilisierbarkeit von Schwermetallen und Arsen aus Schlacke, Gläsern und Gesteinen - Anwendung des pHstat-Verfahrens für Sonderfragestellungen bei Verwertungsvorhaben. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie.
- Mattke, U., U. Windhövel, und G. Lehder. 2002. Vergleichende Untersuchung der rutschhemmenden Eigenschaften von Industriefußböden auf Kunststoffbasis ohne Verwendung von Einstreuungen. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin/Dresden.
- Moritz, K. 1999. Umweltauswirkungen abstumpfender Streustoffe im Winterdienst - Literaturanalyse. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - bast:83.

- Moritz, K. 2000. Straßenwinterdienst - Abstumpfende Streuung. Straße + Autobahn **51**:123-128.
- Nixon, W. A. 2001. The use of abrasives in winter maintenance. IIHR Technical Report No. 416, Iowa Inst. of hydraulic research, university of Iowa, Iowa, USA.
- Quack, D., Möller, M. Gartiser, S. 2004. Ökobilanz des Winterdienstes in den Städten München und Nürnberg, unveröffentlichte Studien des Öko-Instituts e.V. Freiburg im Auftrag der Städte München und Nürnberg, Freiburg, Februar 2004
- Ruess, B. 1998a. Salz- oder Splittstreuung im Winterdienst. Forschungsauftrag 4/95 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Straßenfachleute (VSS), RUS AG, Raum-Umwelt-Sicherheit, Baden, Zürich.
- Ruess, B. 1998b. Salz- und Splittstreuung im Winterdienst. Strasse und Verkehr **6**:243-249.
- Schmittner, W. 1999. Wiener Luftgütebericht 1987-1998. MA 22 - 2015/99, Magistrat der Stadt Wien, Abt. 22 - Umweltschutz, Wien.
- Schneewolf, R. 1985. Umweltfreundlicher Winterdienst - Versuche und Ergebnisse. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Schneewolf, R. 1996. Verkehrssicherheit von Fußgängern/Fußgängerinnen bei winterlichen Straßenbedingungen (Pilotstudie). KommunalData Gesellschaft für angewandte Stadt- und Strukturpolitik GbR, Berlin.
- Schneewolf, R., P. Luther, und D. Schindler 1990. Winterdienstbericht II - Die jüngere Entwicklung des innerörtlichen Gehweg-, Radweg- und Straßenwinterdienstes in der Bundesrepublik Deutschland einschließlich Berlin (West). IFS Institut für Stadtforschung und Strukturpolitik GmbH, Berlin, UFOPLAN 106 07 063, KommunalData, Berlin.
- Umweltrat 1994. Umweltgutachten 2002 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen - Für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung. Deutscher Bundestag Drucksache 12/6995, Wiesbaden.
- Umweltrat 1996. Umweltgutachten 1996 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen – Zur Umsetzung einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung. Deutscher Bundestag Drucksache 13/4108, Wiesbaden.
- Umweltrat 2002. Umweltgutachten 2002 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen - Für eine neue Vorreiterrolle. Deutscher Bundestag Drucksache 14/8792, Wiesbaden.
- VKS 1998. Winterdienst auf Radwegen - Winterdienst auf Fußgängerquerungen. VKS-Informationsschrift Bd. 35, Verband Kommunale Abfallwirtschaft und Stadtreinigung e.V., Köln.

- Wagner, F.-J. L. A., und H. L. A. Hanke. 1997. Merkblatt für den Unterhaltungs- und Betriebsdienst an Straßen, Teil: Winterdienst. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln.
- Weil, M., U. Jeske, und L. Schebek. 2003. Einsatz von natürlichen und rezyklierten Gesteinskörnungen bei der Betonherstellung: Eine ökobilanzielle Betrachtung. BR:30-41.
- Wichmann, M. 2003. Straßenreinigung und Winterdienst in der kommunalen Praxis. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Zamhöfer, S., und B. Schmidt. 2001. Recycling von Straßenkehricht - Möglichkeit der Nutzung als Streugut nach Schwermetallentfrachtung. UWSF-Z Umweltchem Ökotox **13**:145-152.

## Anhang: Musterprüfbericht für abstumpfende Streustoffe

### 1. Auftraggeber/Hersteller (Name, Adresse, Telefon):

.....

### 2. Labor (Name, Adresse, Telefon):

.....

### 3. Herkunft (Lagerstätte, Gewinnungsstätte):

.....

.....

### 4. Beschreibung:

Natürliches Gestein

Sekundärrohstoff, z.B. Schmelzkammergranulat

Hauptbestandteile (u. a. mineralogisch-petrographische Beschreibung):

.....

.....

.....

Beimengungen:	keine	ggf. Kommentar
- beigemengte Taustoffe	<input type="checkbox"/>	.....
- Organische Fremdstoffe	<input type="checkbox"/>	.....
- Mittel mit Düngewirkung	<input type="checkbox"/>	.....

### 5. Schwermetallgehalte (für Streumittel aus Granulaten aus Feuerungsrückständen und für Streumittel aus natürlichen Gesteinen, bei denen eine Vorbelastung vermutet werden kann)

#### Aufschlussverfahren Königswasserextrakt:

- DIN 38414-7 (LAGA M20)

- DIN ISO 11466 (BBodSchV)

- sonstige (spezifizieren) .....

.....

.....

Elutionsverfahren (optional):

DIN 38412-4 (LAGA M20)

LAGA EW 98 (Verfahren S, T oder P)



mit Verfahren .....

Sonstige (spezifizieren) .....

**Schwermetallkonzentrationen:**

	Feststoffgehalte nach Königswasseraufschluss		Wässrige Elution	
	Messwerte mg/kg TS	Richtwerte *) mg/kg TS	Messwert	Richtwert**)
Arsen		15		10 µg/l
Blei		70		20 µg/l
Cadmium		1		2 µg/l
Chrom, gesamt		60		15 µg/l
Kupfer		40		50 µg/l
Nickel		50		40 µg/l
Quecksilber		0,5		0,2 µg/l
Thallium		0,7		-
Zink		150		100 µg/l
Chlorid		-		10 mg/l
Sulfat		-		50 mg/l
pH-Wert		-		7-12
El.Leitfähigk.		-		500 µS/cm

\*) Die zulässigen Schwermetallgehalte entsprechen den Zuordnungswerten Z0 (Einbauklasse Z0 uneingeschränkter offener Einbau) der LAGA-Mitteilung 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen“ (Stand 06.11.2003) unter Berücksichtigung der Technischen Regeln Boden (Entwurfassung vom 04.02.2004)

\*\*) Die Richtwerte entsprechen den Zuordnungswerten Z0 für das Eluat von Grobasche/Kesselasche, Rostasche und Schmelzkammergranulat der Tabelle II4-1 der Technischen Regel für die Verwertung von Aschen und Schlacken aus steinkohlebefeuereten Kraftwerken, Heizkraftwerken und Heizwerken (Stand: 06.11.2003)

Richtwerte Schwermetall-Feststoffgehalte und Eluatparameter eingehalten?

## 6. Feuchtigkeit

Die Streufähigkeit ist gewährleistet



## 7. Korngrößenverteilung:

	Siebdurchgang in Gew.-%	
	0,063 mm	8 mm
Istwert		
Grenzwert	≤ 5	Vorgabe = 100

## 8. Kornform in Anlehnung an DIN EN 933-4:

Kornform-Messzahl > 50 Gew.-%  (Soll, kubisch)

(=Anteil nicht kubisch geformter Körner mit Längen/Breiten-Verhältnis > 3 an der Gesamtprobe)

## 9. Anteil an gebrochenen Körnern in Anlehnung an DIN EN 933-5:

Schätzwerte

Messwerte

	Vollständig gebrochen >90% gebr. O.	Gebrochen > 50% gebr. O.	Gerundet < 50% gebr. O.	Vollständig gerundet < 10% gebr. O.
Gew.-%				

gebr. O. = visuell bestimmte gebrochene Oberfläche

**10. Schlagzertrümmerungswert:**

- nach DIN EN 1097-2
- sonstige (spezifizieren)

Messwert (SZ) .....

(Grenzwert:  $\leq 30$ )

**11. Sonstige Angaben:**

.....  
.....

Bearbeitet von: .....

.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift