



## **Kunststoffbeläge und Kunststoffrasen im Aussenbereich**

**Mengen- und Schadstoffabschätzungen sowie Empfehlungen zur Entsorgung**

**Auftraggeber**

AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft , Zürich

**Autorin**

- Dr. Bettina Zinder (Umweltberatung, Laufenburg)

**Projektverantwortliche und Projektbegleitung**

- Dr. Elmar Kuhn (AWEL)
- Dr. Leo Morf (AWEL)

**Konsultation**

- Dr. Horst Matzke, AVAG AG für Abfallverwertung Thun, Bereichsleiter Biogene Wertstoffe, Sicherheit und Umwelt
- Peter Steiner, Verband der Betriebsleiter und Betreiber Schweizerischer Abfallbehandlungsanlagen (VBSA), Geschäftsführer
- Dr. Christoph Huter, Entsorgung und Recycling Zürich (ERZ), Fachleiter Gesundheitsmanagement / stv. Leiter Umweltmanagement
- Kurt Bürgin, Entsorgung und Recycling Zürich (ERZ), Leiter Materialmanagement Kehricht-heizkraftwerke

**Überarbeitungen** mit Unterstützung GEO Partner AG Zürich

**April 2011**

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ausgangslage und Aufgabenstellungen</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>4</b>
2.1	Arten von Belägen	4
2.1.1	Aussenbeläge	4
2.1.2	Innenbeläge	5
2.2	Physikalische und chemische Eigenschaften von Belägen	5
2.3	Mengen von verlegten Belägen und zu entsorgende Mengen	6
2.4	Schadstoffgehalte der Beläge im Vergleich zu andern brennbaren Abfällen	7
<b>3</b>	<b>Entsorgungspraxis</b>	<b>9</b>
3.1	Entsorgungsvarianten	9
<b>4</b>	<b>Stoffflussbetrachtungen</b>	<b>10</b>
4.1	Input 10	
4.2	Schwermetall-Transfer in Schlacke und Filterstaub	11
4.3	Fazit der Stoffflussbetrachtung	13
<b>5</b>	<b>Empfehlungen</b>	<b>13</b>
5.1	Vorschlag zum Vorgehen bei der Sanierung von Sportplätzen	15
5.2	Offene Punkte	16
<b>Anhang I:</b>	<b>Quellenangaben</b>	<b>17</b>
<b>Anhang II:</b>	<b>Liste der Kontaktpersonen</b>	<b>19</b>
<b>Anhang III:</b>	<b>Qualitäten von verschiedenen Aussenbelägen</b>	<b>21</b>
<b>Anhang IV:</b>	<b>Grenzwerte für die Annahme von Sonderabfällen</b>	<b>22</b>

## 1 Ausgangslage und Aufgabenstellungen

Die Kehrrichtverbrennungsanlagen (KVA) bzw. die für die Anlagen zuständigen kantonalen Behörden stellen unterschiedliche Anforderungen an Abfälle, die entgegen genommen werden. Entsprechend kommt es immer wieder vor, dass schadstoffhaltige Sportplatzbeläge in gewissen KVA angenommen und verbrannt werden, in andern gleichwertigen Anlagen hingegen nicht. Die Ostschweizer Abfallfachstellen und der Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen VBSA fordern nun einheitliche Rahmenbedingungen. Auf einem Faktenblatt soll das gemeinsame Verständnis bzw. Regelungen für die Annahme von Sonderabfällen in KVA festgehalten werden.

Zu den relevanten Sonderabfällen, die thermisch verwertet werden, gehören insbesondere Kunststoffbeläge und Kunststoffrasen von Aussenplätzen (wasserundurchlässige Beläge wie z.B. Tartan von Leichtathletikanlagen und wasserdurchlässige sogenannte Allwetterbeläge von Fussballplätzen aus Kunstrasen mit Granulat oder Sand als Einstreuung). Der vorliegende Bericht beinhaltet eine grobe Mengen- und Schadstoffbetrachtung dieser Beläge und empfiehlt in Abhängigkeit ihrer Schadstoffbelastung in welchen Anlagen sie thermisch behandelt werden sollen.

Neben den genannten Aussenbelägen gibt es unzählige Formen von Innenplätzen. Diese werden im vorliegenden Bericht jedoch nur kurz behandelt. Es werden die anfallenden Mengen in der Schweiz abgeschätzt und die physikalischen Eigenschaften der Beläge beschrieben.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Arten von Belägen

Sportplatzbeläge können grob in Aussenbeläge und Innenbeläge unterteilt werden. Zu den Aussenbelägen gehören insbesondere Beläge für Leichtathletikanlagen und Kunstrasen für Fussballplätze. Zu den Innenbelägen zählen Hallenbeläge für verschiedenste Sportarten.

#### 2.1.1 Aussenbeläge

Wasserundurchlässige Aussenbeläge (elastische Sportbodenbeläge) bestehen im Wesentlichen aus Gummigranulaten, welche mit Polyurethanen (Zweikomponentenbindemittel) und gegebenenfalls mit Polyol in flüssiger Form auf einen Bitumenunterbau aufgebracht werden. Danach folgt die Aushärtung.

Wasserdurchlässige Aussenbeläge (Kunstrasen) sind Teppiche mit Quarzsand oder Gummigranulat-Einstreuung. Sie werden immer häufiger eingesetzt, da sie pflegeleicht und langlebig sind. Die Stadt Zürich gedenkt in den nächsten 3 – 5 Jahren 10 Kunstrasenplätze neu zu realisieren. Gummigranulate, die in Kunstrasen als elastisches Füllmaterial eingebaut werden, bestehen aus Recyclinggummi (z.B. Autoreifen oder auch LKW-Reifen) oder neu hergestelltem Gummi.

Bei der Herstellung der Gummigranulate werden Kautschuk oder Ethylen-Propylen-Dien-Gummi (EPDM) als Ausgangsstoffe verwendet. Hinzu kommen unzählige Hilfsstoffe wie z.B. Vernetzer, Vulkanisationsbeschleuniger, Alterungsschutzmittel, Weichmacher, Füllstoffe u.v.a..

Für die Vulkanisation spielt Zink eine wesentliche Rolle. Zink ist im Gummi vorwiegend als Zinkoxid oder als organische Zinkverbindung wie z.B. Zink-Diethyl-Dithiocarbamat vorhanden. Es gibt auch zinkfreie Gummigranulate, die aus EPDM bestehen. Bei Gummigranulaten von Altreifen liegt der Zinkgehalt zwischen 0.5 bis 2 Prozent. Bei der Herstellung von neuen Belägen wird im Hinblick auf die Entsorgung in der Regel darauf geachtet, dass Granulate eingesetzt werden, die möglichst wenig Zink enthalten.

Vor dem "Quecksilberverbot" (Stoffverordnung 1994) wurden bei der Sportplatzherstellung Quecksilberverbindungen als Katalysatoren für die Aushärtung der Polyurethane eingesetzt. Für die heutigen Beläge benötigt man keine derartigen Katalysatoren mehr. Bei den Einkomponenten-Polyurethanen bewirkt die Luftfeuchtigkeit die Aushärtung der Beläge.

Beschädigte Sportplatzbeläge werden teilweise mittels Retoping saniert. Dabei wird der alte Belag nur abgeschliffen (nicht total entfernt) und ein neuer Belag wird darüber aufgebracht. Dies hat zur Folge, dass alte quecksilber-haltige Beläge im Untergrund bestehen bleiben.

### **2.1.2 Innenbeläge**

Innen- bzw. Hallenbeläge sind schwierig zu klassieren. Je nach Anwendungszweck werden verschiedene Materialien verwendet. Gewisse Turnhallenbeläge bestehen aus normalen Bodenbelägen wie in anderen öffentlichen Gebäuden. Beläge für spezifische Sportarten wie z.B. Tennis hingegen, sind den Kunstrasenbelägen im Aussenbereich sehr ähnlich. Tartanbeläge wurden in der Schweiz nicht als Innenbeläge eingesetzt, da keine grossen Leichtathletikhallen bestehen, die eine solche Investition gerechtfertigt hätten.

Innenbeläge werden oft nicht separat, sondern zusammen mit den bei der Sanierung oder beim Abbruch anfallenden Bauabfällen entsorgt. Innenbeläge sind jedoch separat zu entsorgen.

## **2.2 Physikalische und chemische Eigenschaften von Belägen**

Nach Herstellerangaben (persönliche Mitteilungen) beträgt das Flächengewicht von wasserundurchlässigen Belägen im Schnitt 18 kg/m<sup>2</sup>. Eine Überarbeitung wird, je nach Belastung, nach 15 Jahren nötig, ein Belagsersatz nach 30 Jahren.

Wasserdurchlässige Beläge (Kunstrasen) haben ein Flächengewicht von 10 kg/m<sup>2</sup>. Sie müssen durchschnittlich nach 15 Jahren überholt und nach 25 Jahren ersetzt werden.

Innenbeläge haben ein Flächengewicht von etwa 15 kg/m<sup>2</sup>. Sie werden nach 20 Jahren überholt und haben eine Lebensdauer von 35 Jahren.

Der Heizwert von Kunststoffbelägen liegt zwischen 25 und 35 MJ/kg.

### 2.2.1 Schwermetallgehalte

In nachfolgender Tabelle sind die Analyseresultate verschiedener Aussenbeläge zusammengefasst:

Gefundene Maximalkonzentrationen		
	Beläge (Leichtathletikanlagen)	Kunstrasen (Allwetterbelag)
Hg	bis 500 ppm möglich	
Zn	bis 15'000 ppm	bis 15'000 ppm
Pb	< 100 ppm	bis 2'000 ppm
Cr	bis 2'500 ppm bei grünen Belägen	bis 2'500 ppm bei grünen Kunstrasen
Sb	keine Resultate vorhanden	bis 300 ppm

Tabelle 1: Datenbasis: Analyseresultate der letzten 5 Jahre von Aussenbelagsproben (siehe Anhang III)

Quecksilber (Hg) diente ehemals als Stabilisator für eine längere Lebensdauer und als Katalysator beim Abbinden des Kunststoffs. Es wurden Konzentrationen von 1'000 ppm (als Phenyl-Hg) eingebracht. Beim Retoping können Hg-Verschleppungen ins neue Medium vorkommen. Obwohl sich kein Hg im Neubelag befindet, wird auch dieser Hg-haltig.

Zn-Peroxyd wird beim Vulkanisieren (Elastizität) als Vulkanisationsmittel beigegeben. Die höchsten Zn-Konzentrationen >20'000 ppm finden sich in Belägen (bzw. Granulat), die aus Altreifen, insbesondere LKW-Reifen, stammen. Tiefe Zn-Konzentrationen finden sich in Belägen aus Ethylen-Propylen-Dien-Gummi (EPDM), sowohl in Spritzbelägen, in wasserundurchlässigen Teppichbelägen oder auch im Granulat. Diese Materialien werden in wasserundurchlässigen wie auch wasserdurchlässigen Belägen eingesetzt.

Blei als Begleitmetall von Zn ist meist dann in erhöhten Konzentrationen vorhanden, wenn auch die Zinkkonzentration hoch ist.

Chrom wird als Pigment für grüne Kunststoffe eingesetzt und kann Konzentrationen von über 2'000 ppm aufweisen. Hohe Chrom-Konzentrationen kommen nur in grünen Belägen vor.

Antimon als Verunreinigung von Pb- und Zn-Legierungen kann in Konzentrationen bis 300 ppm vorkommen.

### 2.3 Mengen von verlegten Belägen und zu entsorgende Mengen

In der Schweiz liegen ca. 4.5 Mio. m<sup>2</sup> Aussenkunststoffbeläge und ca. 1.5 Mio. m<sup>2</sup> Indoor-Mehrzweckhallenbeläge (ohne Schulhäuser und Privatanlagen).

Bei der Totalsanierung eines mittelgrossen Sportplatzes - einer Kleinstadt oder eines Dorfes - fallen 5 bis 30 Tonnen Altbelag an. Grössere Anlagen können Mengen von bis zu 200 Tonnen

Altbelag ergeben. Der Belag einer 400 m Laufbahn beträgt durchschnittlich 20 Tonnen. Ein durchschnittliches Fussballfeld von 7'500 m<sup>2</sup> (64 x 100 + 3m Randbereich) mit Kunstrasen hat eine Belagsmasse von bis zu 100 Tonnen.

Aus den gesammelten Angaben (4.5 Mio. m<sup>2</sup> Aussenbelag, 1.5 Mio. m<sup>2</sup> Innenbelag, durchschnittliche Lebensdauer 20 bzw. 25 Jahre, durchschnittliches Flächengewicht 15 kg/ m<sup>2</sup>) kann die jährlich zu entsorgende Menge Belagsabfälle für die Schweiz abgeschätzt werden.

Sie beträgt 4'300 t (Outdoor 3'400 t + Indoor 900 t) im Vergleich zu RESH (Jahresmenge 60'000 t) also knapp 7 %. Dabei ist zu beachten, dass nicht die ganze Belagsmenge, die entsorgt werden muss, hoch schwermetallbelastet ist.

Das Schüttgewicht des zur Entsorgung angelieferten Belags beträgt 3 bis 3,6 m<sup>3</sup>/t, das von Kunstrasen 4 m<sup>3</sup>/ t.

#### **2.4 Schadstoffgehalte der Beläge im Vergleich zu andern brennbaren Abfällen**

Tabelle 2 vergleicht die Schwermetallgehalte der Beläge mit denjenigen von Kehricht, Industrie- und Gewerbeabfällen, nicht metallischen Schredderrückständen (RESH) sowie mit Elektro- und Elektronik-Kleingeräteschrott. Beläge können demnach nicht nur höhere Schadstoffgehalte als Industrie- und Gewerbeabfall aufweisen sondern können betreffend Quecksilber auch im Vergleich zu RESH und Kleingeräteschrott stärker belastet sein. Von besonderer Relevanz sind neben Quecksilber somit Zink, Chrom und Blei.

Schwermetalle	Hg	Zn	Pb	Cr	Sb	Literatur
Kehricht Mittelwert + 2 $\sigma$	0.64 $\pm$ 0.07	1'100 $\pm$ 100	400 $\pm$ 43	140 + 13	52 + 6	BAFU 2006
I+G Abfälle <sup>1)</sup> Mittelwert + 2 $\sigma$	0.46 $\pm$ 0.07	3'100 $\pm$ 280	880 $\pm$ 83	210 $\pm$ 48	160 + 12	
RESH <sup>2)</sup> Mittelwert + 2 $\sigma$	3 $\pm$ 1	20'000 $\pm$ 8'000	2'500 $\pm$ 400	2'000 + 800	270 + 130	B.Zinder, pers. Kommunikation
E-RESH <sup>3)</sup>	< 1	2'300	1'900	900	3'500	
Belag max. min.	500 <1	15'000 100	5'000 25	2'500 15	270 <1	
E&E-Kleingeräteschrott <sup>4)</sup> Mittelwert + 2 $\sigma$	0.68 $\pm$ 0.22	5100 $\pm$ 800	2900 $\pm$ 500	9900 $\pm$ 1700	1700 $\pm$ 200	BAFU 2004

Tabelle 2: Schwermetallgehalte verschiedener Abfälle in mg/kg (ppm)

<sup>1)</sup> I+G-Abfälle: Industrie- und Gewerbeabfälle

<sup>2)</sup> RESH: Nichtmetallische Shredderrückstände

<sup>3)</sup> E-RESH = RESH aus Elektro- und Elektronikrückständen

<sup>4)</sup> E&E-Kleingeräteschrott: Elektro- und Elektronik-Kleingeräteschrott

### 3 Entsorgungspraxis

Der grösste Teil der Sportplatzbelagsabfälle (insbesondere Aussenbeläge) wird mit analytischer Vorabklärung entsorgt. Bei kleinen Dorfplätzen kann eine Entsorgung über Bauabfall ohne vorherige Analysen schon einmal vorkommen.

Welche Mengen an Sportplatzbelägen in den letzten Jahren wo entsorgt wurden, kann nicht nachvollzogen werden. Auch aus den VeVA-Statistiken ist keine Information zu erhalten, weil keine einheitliche Codierung der Sportplatzbeläge vorgegeben ist und unterschiedliche VeVA-Codes verwendet werden.

Die kantonalen Vorgaben sind unterschiedlich, sowohl was die LVA-Codierung (Einstufung als Sonder-, anderer kontrollpflichtiger oder übriger Abfall) als auch die Konzentrationsgrenzwerte betrifft. Schwermetall-Analysen werden bei offiziellen Anfragen sowohl von Kantonsbehörden als auch von KVA-Betreibern verlangt. Es gibt allerdings noch keine einheitliche Vorschrift für Probenahme, Aufschluss, zu bestimmende Parameter (meist Hg und Zn) und für die Analyse-methode. Viele KVA kennen interne Annahmekriterien für Sonderabfälle (Anhang IV: KVA An-nahmebedingungen).

Bei grösseren Bauvorhaben werden Entsorgungsfirmen beigezogen, welche die Entsorgung der Beläge übernehmen. Für hochbelastete Beläge liegt das Entsorgungsziel meist im Ausland. Auch inländische KVA werden häufig angefragt.

#### 3.1 Entsorgungsvarianten

Je nach Belag sowie dessen physikalischen und chemischen Eigenschaften stehen verschiedene Entsorgungsvarianten offen.

Nicht quecksilberhaltige Beläge, die auch sonst nicht hoch schwermetallbelastet sind, können in KVA im In- und Ausland oder in Zementwerken entsorgt werden (siehe auch Tabelle 5 auf Seite 14).

Bei den verschiedenen Zementwerken, die Ersatzbrennstoffe einsetzen, gelten für die Einzelan-lagen unterschiedliche Bedingungen. Bei der Holcim in Siggenthal ist eine Belagsverbrennung nicht möglich, da die Aufgabevorrichtung nur für Altreifen geeignet ist. Im Werk Eclépens ist die Verwertung technisch möglich, sofern der Belag geschreddert (faustgross) ist. Die Rahmenbe-dingungen wären wie bei der Annahme von Altreifen (4000 – 6000 ppm Zn bezogen auf einen Heizwert von 25.5 GJ/T).

Die Jura Zementwerke könnten stückiges Material (lump fiels) im Rahmen der Altreifenverbren-nung annehmen. Die Jura Zementwerke in Wildegg haben zudem eine Pyrolyse Vorbehand-lungsanlage. Die festen Rückstände werden bei der Zementherstellung eingesetzt. Das Gas dient als Brennstoff.

Quecksilberhaltige Beläge können bei inländischen Sonderabfallverbrennungsanlagen (Batrec, Valorec, Dottikon, etc.) verbrannt werden. Für Belagsabfälle sind die Aufgabeebedingungen und

der Durchsatz zum Teil sehr ungünstig. Dies führt zu hohen Entsorgungskosten. Die Batrec nimmt z.B. nur noch sehr selten Belagsabfälle an (früher 6 Lieferungen pro Jahr) und verweist auf andere, geeignetere Anlagen.

Der Export in ausländische Sonderabfallverbrennungsanlagen ist auch eine Option. Oft benutzt wird beispielsweise HIM (ein grosses Entsorgungsunternehmen in Deutschland mit mehreren Verbrennungsanlagen für Sonderabfälle). Es kommen natürlich nur vom BAFU genehmigte Entsorgungsanlagen in Frage. Entsorgungsunternehmen (Chiresa, Cridec, SIBAG, SOVAG etc.) bieten ein Gesamtkonzept mit Trennung, Aufarbeitung, Analyse und Entsorgung an. Je nach Qualität gehen die Belagsabfälle in KVA (auch Inland) oder in SAVA (meist Ausland).

Die KVA sind unterschiedlich ausgerüstet. Es gibt Anlagen, die Hg beispielsweise über selektiven Ionenaustauscher aus dem Wäscherwasser filtern. Ein erheblicher Teil der Anlagen verfügt über eine saure Wäsche, dank welcher Schwermetalle, insbesondere Zink, aus der Filterasche und dem Abwasserbehandlungsschlamm zurückgewonnen werden können. Aber auch die übrigen Prozesse sind je nach Alter und Typ unterschiedlich konzipiert. Einheitliche Vorgaben sind daher nur bedingt möglich und eigentlich nicht sinnvoll.

## **4 Stoffflussbetrachtungen**

### **4.1 Input**

In der Grafik 1 ist der jährliche Stofffluss von Zink in schweizerischen KVA eingetragen. Danach werden 3'300 t Zink über Siedlungs- und Bauabfälle in die Verbrennung eingebracht. Durch die Mitverbrennung von RESH (Gesamtmenge inkl. E-RESH) kommen 1'600 t Zink hinzu. Durch alle jährlich anfallenden zinkhaltigen Sportplatzbeläge weniger als 20 t (siehe Grafik 1), was lediglich 0.15 % der Zn-Fracht des in der Schweiz jährlich verbrannten Kehrichts entspricht. Da die Sportbeläge punktuell anfallen, sind insbesondere kurzfristige Effekte in der KVA zu beachten.

Bei einer Zugabe von 5 % Zn-haltigem Belag (0,5 % Zn) zum normalen Brennmaterial Kehrlicht (0,1 % Zn) ergibt sich eine Inputsteigerung von 20 % Zink in der Anlage. Bei 5 %-iger Zugabe von RESH kommt es zu einer Zinkzunahme von 91 %. Bei einer Zugabe von 5 % RESH und gleichzeitiger Zugabe von 5 % zinkhaltigem Belag beträgt die Zinkzunahme im Gesamtsystem 112 %.

Mengen-Annahmen:

- 3 Mio. Jahrestonnen Kehricht, Bau- und Gewerbeabfälle
- RESH (max. 60'000 Jahrestonnen)
- Zinkhaltiger Aussenbelag (max. 3'400 Tonnen; Annahme mittlerer Zn-Gehalt 0.5%)

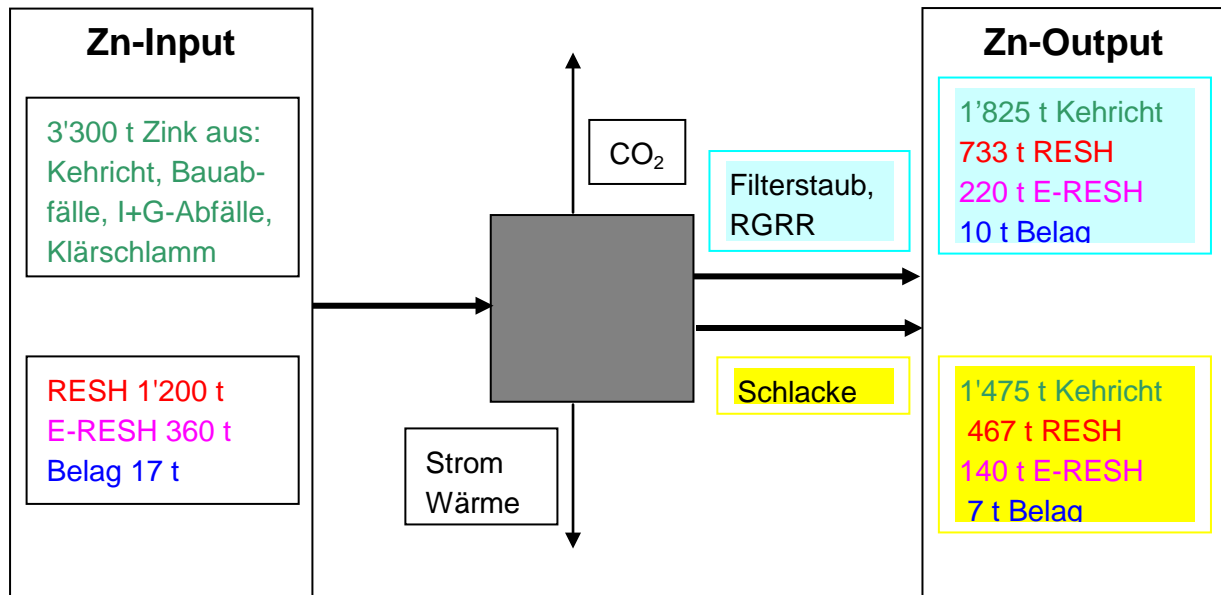


Abbildung 1: Jährlicher Zink-Fluss in schweizerischen KVA; Input über Kehricht, Industrie- und Gewerbeabfälle (I+G Abfälle), Klärschlamm, RESH, E-RESH und Sportplatzbeläge (nur Aussenbeläge). Transferkoeffizienten s. Tabelle 3

#### 4.2 Schwermetall-Transfer in Schlacke und Filterstaub

Die Transferkoeffizienten (TK) zwischen Schlacke und Rauchgasreinigungsrückständen in Tabelle 3 wurden aus den Stofffluss-Messungen in der KVA Thurgau abgeleitet (Morf et al. 2007). Es ist dazu zu bemerken, dass diese Transferkoeffizienten für ausgewählte Stoffe von Anlage zu Anlage stark variieren können aber auch innerhalb einer Anlage über die Zeit und je nach Abfallinput Schwankungen unterworfen sind. Bei hoher Staubfracht tendiert der Transferkoeffizient von Metallen zu Filterstaub. Bei hoher Feuchte zu der Schlacke.

SM	TK in die Schlacke (KVA 1)			TK in die Schlacke (KVA 2)	
	mit Klärschlamm	nur Kehricht	mit RESH	mit RESH	nur Kehricht
Hg	0,037	0,099	0,014	0,053	0,125
Zn	0,503	0,467	0,256	0,350	0,370
Pb	0,847	0,730	0,554	0,464	0,374
Sb	0,351	0,272	0,227	0,229	0,258
Cd	0,223	0,183	0,142	0,085	0,070
Cu	0,940	0,926	0,939	0,904	0,874

Tabelle 3: Transferkoeffizienten (TK) von Schwermetallen (SM) in die Schlacke in zwei KVA für verschiedene Versuche: „Kehricht mit Klärschlamm“, „nur Kehricht“, bzw. „Kehricht mit RESH“ (Morf et. al. 2005).

Die TK in die Schlacke zeigen, dass Kupfer hauptsächlich (90%) in die Schlacke transferiert wird (Tab. 3). Zink und Blei reichern sich zu wesentlichen Anteilen in der Filterasche an, Cadmium und Antimon in der Filterasche und Quecksilber im Abwasserreinigungsanlagenschlamm (ABA-Schlamm).

Bei Zudosierung von RESH zu Siedlungsabfall werden die TK in die Schlacke deutlich wenn auch nicht massiv reduziert (für flüchtige Schwermetalle wie Pb, Zn, Cd, Sb, Sn und auch Cl). Bei Zugabe von nur 5% RESH ist dieser Befund aber irrelevant, die Unterschiede sind vernachlässigbar, die Messungenauigkeiten zu gross.

Für Kunststoffabfälle oder Belagsabfälle finden sich keine TK-Angaben in der Literatur. Für Zink wird angenommen, dass der diesbezügliche TK im Bereich der TK der andern Abfälle liegt. Tabelle 4 führt die für die Berechnungen der Stoffflüsse verwendeten Mittelwerte auf für a) Kehricht / I+G Abfälle / KS, b) 5% Zugabe RESH und c) 5% Zugabe Belag. Zur Illustrierung der in Betracht kommenden Variation der TK wurden für die drei Bereiche auch die Minimal- und Maximalwerte aufgeführt.

Abfallzusammensetzung	Spalten aus Tab.3	TK Mittelw.	TK Minimalw.	TK Maximalw.
a) Kehricht, KS, I + G Abfälle	1,2,5	0,447	0,370	0,503
b) max. 5 % RESH Zugabe	3 + 4	0,303	0,256	0,350
c) max. 5 % Belag Zugabe	1-5	0,389	0,256	0,503

Tabelle 4: Transferkoeffizienten (TK) für Zink in die Schlacke für verschiedene Abfallzusammensetzungen (berechnet bzw. übernommen aus den entsprechenden Spalten von Tabelle 3)

### 4.3 Fazit der Stoffflussbetrachtung

Primär steht die umweltgerechte Entsorgung von Hg-haltigen Abfällen im Vordergrund. Die Mitverbrennung von Zn-haltigen Sportplatzbelägen in KVA trägt schweizweit zu weniger als 0.4% der Zinkfracht in der Schlacke bzw. im Filterstaub bei. Wird der gesamte RESH in den Schweizer KVA verbrannt, beträgt der diesbezügliche Zink-Anteil in Schlacke und Filterstaub ungefähr 30% (Grafik 1). Der Beitrag der Zinkfracht aus den Sportbelägen in Schlacke und Filterstaub beträgt somit gegenüber demjenigen aus RESH lediglich 1-2%. Ungeachtet der nicht allzu grossen Zinkmengen aus Sportbelägen sollen Zn-haltige Beläge aus Ressourcengründen Anlagen zugeführt werden, die Zink verwerten (z.B. KVA mit saurer Wäsche).

## 5 Empfehlungen

Bei einer Sanierung von Sportplatzbelägen sind die Hg-haltigen Schichten vollständig zu entfernen und zu entsorgen.

Alte Beläge sind in Gruppen bezüglich ihrer Schadstoffgehalte einteilbar (s. Tabelle 5). Eine Einteilung in Altersgruppen ist nicht möglich, da einerseits unzählige Belagshersteller und Belagstypen bestehen, andererseits nicht immer Klarheit über das Alter besteht. Zudem führt das Retoping zu verfälschten Annahmen.

Eine Einteilung in LVA- (Abfallcodes) bzw. VeVA-Klassierung wird wie folgt vorgeschlagen (s. Tabelle 5): Die Abfälle entstehen bei Bauarbeiten. Es empfiehlt sich daher für Belagsabfälle einen VeVA-Code mit Herkunftsbezeichnung Bau (17....) zu verwenden. Beläge mit hohen Schwermetallbelastungen (Hg und übrige) sollen als Sonderabfall eingestuft werden. Beläge mit geringen Schwermetallbelastungen sollen als anderer kontrollpflichtiger Abfall eingestuft werden, um sicherzustellen, dass eine analytische Beurteilung des Sportplatzbelages erfolgt.

Bei Belagsabfällen ist eine Ermittlungspflicht zwingend angebracht, da kaum anderweitig bestimmt werden kann, ob der Abfall schwermetallhaltig ist und wie hoch die Schadstoffkonzentrationen sind.

### Analytik Beläge

Die Analytik (insbesondere Probenahme und Aufschluss) sollte als Standardverfahren festgelegt werden. Schwermetalle sind in Belägen nicht gleichmässig verteilt. Wird nur ein kleines Belagsstück zur Analyse gegeben, kann das Ergebnis ein Zufallstreffer sein.

### Stand der Technik heute

Im Sinne einer derzeitigen Lösung (z.B. 5 Jahre) können für die einzelnen Gruppen von Belagsabfällen die in der folgenden Tabelle 5 aufgeführten Entsorgungswege vorgegeben werden. Es empfiehlt sich, die Mengen und Qualitäten der entsorgten Beläge in einer Statistik festzuhalten. Nach einigen Jahren soll festgestellt werden, ob die Qualität der Beläge im Abfall tendenziell ändert. Zu einem späteren Zeitpunkt soll auch aus dem Blickwinkel der Rückstandsqualität

eine Neubeurteilung vorgenommen und es sollen gegebenenfalls neue Vorgaben festgelegt werden.

VeVA-Code	Kurzbezeichnung	Abfall	Hg	Zn	Pb	Cr	Sb	Entsorgung
170901	Bauabfälle, die Hg enthalten	S	> 10	>4000	KGW	KGW	KGW	Thermische Anlage mit spezieller Hg-Entfrachtung <sup>2)</sup>
170204 <sup>1a)</sup>	Kunststoffe, die gefährliche Stoffe enthalten	S	1-10 M)	>4000 S), M)	<2000	<500	<300	Thermische Anlage mit Zn-Entfrachtung aus Elektrofilterstaub
170904 <sup>1b)</sup>	Gemischte Bauabfälle sowie sonstige verschmutzte Bauabfälle	ak	<1	<4000	<2000	<500	<300	KVA, Zementwerk

Tabelle 5: Einteilung der Beläge in Gruppen nach Schwermetallbelastung und Entsorgungswegen in kg/mg.

S = Sonderabfälle

ak = andere kontrollpflichtige Abfälle

KGW = kein Grenzwert

S) z.B. KVA mit saurerer Wäsche zwecks Zn-Rückgewinnung

M) gute Mischung im grossen Bunker.

1a) gegenüber Industrie- und Gewerbeabfall (Tab. 2) um mehr als den Faktor 2 erhöht (ausser Zn: Faktor 1.3)

1b) gegenüber Hg-Abfall (Tab. 2) max. um den Faktor 2 (ausser Zn: um den Faktor 1.3) erhöht

2) sofern Rauchgasreinigung hierfür geeignet (siehe Anlagen mit hoher Hg-Entfrachtung)

Die Grenzwerte für die verschiedenen thermischen Verfahren sind in Anlehnung an die Schadstoffbelastung von I&G Abfällen bzw. Kehricht entwickelt worden. Die bestehenden Annahmegrenzwerte der KVA sowie die Richtlinien Entsorgung von Abfällen in Zementwerken wurden für die Einteilungen beigezogen.

### Anlagen mit hoher Hg-Entfrachtung

Eine thermische Abfallanlage (KVA, Sonderabfallverbrennungsanlage) mit separater Hg-Ausschleusung<sup>1</sup> hat das Potential auch Sportbeläge mit mehr als 10 mg Hg/m<sup>3</sup> zu verbrennen. Die jeweilige Anlage legt in Absprache mit den kantonalen Behörden die Spezifikation für das

<sup>1</sup> z.B. Eindüsung von Aktivkohle vor der Nasswäsche mit anschliessender Abscheidung aus der Abschlammung oder Polzeifilter mit Zudosierung eines Aktivkohle-Kalkgemischs

angelieferte Material fest (Hg-Gehalte, Stückgrössen, Frachtbetrachtungen z.B. Vermischung im Bunker).

Die Hg-Eliminationsrate bei einem KVA-Wäscher liegt bei rund 90%. Bei einem Belag mit 10 mg Hg/kg ergibt sich eine Hg-Gaskonzentration von 0.2 mg/m<sup>3</sup> (Annahme 1kg Abfall erzeugt 5m<sup>3</sup> Gas). Da dieser Wert über dem Hg-LRV-Grenzwert von 0.1 mg/m<sup>3</sup> liegt, ist eine gute Durchmischung im Bunker zwingend erforderlich.

Die Entsorgung stark Hg-haltiger Sportplatzbeläge (über 10 mg/kg) sowie anderer Hg-haltiger Abfälle sollen nie in einer KVA oder einer SAVA ohne geeignete separate Hg-Abtrennung SAVA verbrannt werden. Empfohlen wird hierbei auch eine Hg-Messung im gereinigten Gas. Dazu ein Rechenbeispiel:

Bei 20 Tonnen Belag mit 400 ppm Hg gelangen 8 Kilo Quecksilber in die Anlage bzw. in die Rauchgasreinigungsrückstände. Bei einer kleineren KVA entspricht dies einem Zehntel des Jahreseintrags an Hg.

Bei der Entsorgung in Kehrlichtverbrennungsanlagen wird ein Vorgehen analog demjenigen bei RESH empfohlen. Damit kein stossweiser Eintrag von Schwermetall in den Ofen stattfindet, soll die Zudosierung nur in kleinen Mengen erfolgen. Ferner sind bei hoher Dosierung von Sportplatzbelägen Anbackungen oder andere Beeinträchtigungen nicht auszuschliessen. Bei der Verbrennung von Belägen in einer KVA soll vorsorglicherweise die Zudosierung nicht über 5% der Abfallmenge im Ofen betragen. Dazu muss vorgängig eine gute Mischung mit den anderen Abfällen im Bunker vorgenommen werden.

Falls eine Anlage in Abweichung der Zuordnung gemäss Tabelle 5 belastete Sportbeläge verbrennen will, so hat sie die umweltgerechte Entsorgung entsprechend nachzuweisen, bzw. zu belegen.

## **5.1 Vorschlag zum Vorgehen bei der Sanierung von Sportplätzen**

Folgender Ablauf wird empfohlen:

1. Sportplatzbelag fällt zur Entsorgung an.
2. Probenahme und Analytik nach vorgeschriebenen Methoden.
3. Werden bestimmte Schadstoffgehalte überschritten, darf der Sportbelag nicht mehr als normaler Kehrlicht entsorgt werden, sondern gilt als Sonderabfall (siehe Tab. 5).
4. Die Zuordnung des LVA-Code und der Entsorgungsoptionen erfolgt gemäss Tabelle 5.
5. Entsorgungsgesuch (mit Analysedaten) an Entsorgungsbetrieb.
6. Der Entsorgungsbetrieb entscheidet basierend auf der abfallrechtlichen Betriebsbewilligung und der spezifischen betrieblichen Möglichkeiten; eventuell ist eine Rückfrage bei der kantonalen Behörde erforderlich.
7. Vorbereiten (ev. Zerkleinern) nach Vorgabe des Entsorgers.
8. Ablieferung nach Vorgabe des Entsorgers.

Für grosse Sanierungsvorhaben empfiehlt es sich, einen Berater zur Begleitung des ganzen Ablaufs beizuziehen bzw. eine Entsorgungsfirma zu beauftragen.

## **5.2 Offene Punkte**

- Erarbeiten einer Methode zur Probenahme und Untersuchung von Sportplatz-Aussenbelägen (evtl. Antimon als Messparameter einbeziehen)
- Merkblatt für Bauherren (Gemeinden) über den Ablauf und das Vorgehen beim Ersatz eines Sportplatzbelags ausarbeiten.

## **Anhang I: Quellenangaben**

### **AWEL 2009**

Morf L., Kuhn E., Qualitätsentwicklung konventionell ausgetragener Schlacke, AWEL, Zürich

### **ESSM 1997**

Sportböden, Richtlinie für die Umweltverträglichkeit von elastischen Kunststoffbelägen auf Freianlagen, ESSM, Magglingen März, 1997

### **BASPO 2008**

Projektgruppe "Umweltverträglichkeit von Sportböden", Schriftenreihe 112, Kunststoff- und Kunststoffrasenflächen, Empfehlung zur Umweltverträglichkeit, Bundesamt für Sport, Magglingen, März 2008

### **BASPO 2008**

Projektgruppe "Umweltverträglichkeit von Sportböden", Schriftenreihe 113, Kunststoff- und Kunststoffrasenflächen, Verhalten unter natürlichen Witterungsverhältnissen, Bundesamt für Sport, Magglingen, März 2008

### **Brunner 1998**

Brunner, M., Ackermann, R., Mark, F.E., Wirz, C., Charakterisierung und Entfrachtung von Reststoffen aus Autoschredderanlagen, ITR-Umtec, Rapperswil, 30.Jan.1998.

### **BAFU 2004**

Metallische und nichtmetallische Stoffe im Elektronikschrott – Stoffflussanalyse, Schriftenreihe Umweltgefährdende Stoffe Nr. 374 (L. Morf, GEO Partner)

### **BAFU 2008**

U. Fitze, B. Jordi, Ökologische Optimierung der Abfallverbrennung, Umwelt 1/08, BAFU.

### **BAFU 2006**

Morf L. 2006, Chemische Zusammensetzung verbrannter Siedlungsabfälle, Untersuchung im Einzugsgebiet der KVA Thurgau, Umweltwissen 620, BAFU, Bern 2006

### **Hügi 2006**

Hügi M., Gerber P. 2006: Bericht Abfallstatistik 2004. Zahlen und Entwicklungen der schweizerischen Abfallwirtschaft im Jahr 2004. Umwelt-Zustand Nr. 0638. Bundesamt für Umwelt, Bern.

### **KEZO 2006**

Trockenaustrag von Kehrrechtschlacke, AWEL, UMTEC, KEZO, Dez. 2006.

**Morf 2002**

Morf L. 2002: Die KVA als Instrument der Erfolgskontrolle in der Abfallwirtschaft der Schweiz, Endbericht, GEO Partner, Zürich, 2002

**Morf 2006**

Morf L., Chemische Zusammensetzung verbrannter Siedlungsabfälle. Untersuchung im Einzugsgebiet der KVA Thurgau. Umwelt-Wissen Nr. 0620. Bundesamt für Umwelt, Bern, 2006

**Morf 2005**

Morf Leo S. et al. Online-Messung der Stoffbilanz auf der MVA Spittelau, Endbericht, Wien, Zürich, April 2005

**Morf 2006**

Morf Leo S. et al. Metals, non metals and PCB in electrical and electronical waste, Waste management, 2006

**TVA**

Technische Verordnung über Abfälle, Schweizerische Eidgenossenschaft, Bern 1990

**Wochele 2008**

Wochele J., Ludwig Ch., Stucki S., RESH-Behandlung mit KVA-plus, Villigen PSI, Dez. 2008

**Zinder 1996**

Zinder, B., RESH Entsorgung (unpublizierter Bericht für die IGEA heute SARS)

**Zinder 2008**

Zinder, B., RESH-Analysen 2008, Laufenburg 2008

**Anhang II: Liste der Kontaktpersonen**

<b>Firma</b>	<b>Kontaktperson</b>	<b>Tel.</b>	<b>Auskunft über</b>	<b>Priorität</b>
Arbeitsgruppenleiter (ehemals BAFU)	Edwin Müller Edwin.mueller@bluewin.ch	031/901 17 39	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengen CH</li> <li>• Details über Qualität</li> </ul>	<b>1</b>
Kanton AG	Andreas Burger	062/835 34 22	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitätsangaben, Schwermetall-Belastung,</li> <li>• Entsorgte Mengen als S, ak oder ( z.B. Bauschutt)</li> <li>• Entsorgungsempfehlung</li> <li>• KVA Regelung</li> </ul>	<b>1</b>
Kanton BE	Jaques Ganguin Urs Bürgi	031/633 39 12 031/633 39 72	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitätsangaben, Schwermetall-Belastung,</li> <li>• Entsorgte Mengen als S, ak oder (z.B. Bauschutt)</li> <li>• Entsorgungsempfehlung,</li> <li>• KVA Regelung</li> </ul>	<b>1</b>
ZAV (KVA ZH)  KVA Stadt Zürich.	Adrian Aebersold  K. Bürgin	044/645 63 20 044/645 77 70	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entsorgte Mengen</li> <li>• Qualitäten (Analysen)</li> <li>• Deklaration als S, ak, oder</li> <li>• Entsorgungsvorgaben</li> </ul>	<b>1</b>
Holcim Zementwerk	Dr. Michel Monteil (neu Sektionschef Abfallver- wertung- und Behandlung beim BAFU, 031 325 91 59)	058/850 52 49	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entsorgte Mengen</li> <li>• Qualitäten Schwermetall-Belastung</li> <li>• Deklaration als S, ak oder</li> </ul>	<b>2</b>
Batrec		033/657 85 00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entsorgte Mengen</li> </ul>	<b>3</b>
Chiresa	Frau Kaiser	056/201 70 82	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entsorgte Mengen</li> <li>• Qualitäten</li> <li>• VeVA-Code</li> </ul>	<b>3</b>
Bundesamt für Sport BASPO	Mathias Held	032/327 61 57	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualität (Unterschied neu, alt)</li> <li>• Mengen, Geographische Verteilung</li> <li>• Mittlere Lebensdauer (Erneuerungszyklus)</li> <li>• Indoorbeläge</li> </ul>	<b>1</b>

Sportamt ZH Grün Stadt Zürich	Dr. Stephan Wild-Eck J. Neher	043/259 52 82	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mengen im Kanton Zürich,</li><li>• Indoorbeläge</li></ul>	<b>2</b>
Belagshersteller Qualifloor Haffa (Sportplatzbau)	Werner Jank Silvia Voigt		<ul style="list-style-type: none"><li>• Qualität, Schwermetall-Belastung</li><li>• Unterschiede Jahrgänge (z.B. Hg-Belastet bis 19.. .)</li><li>• Lebensdauer, Austauschzyklen</li><li>• Physikalische Eigenschaften (Flächengewicht)</li><li>• Entsorgungsempfehlung</li></ul>	<b>3</b>

### Anhang III: Qualitäten von verschiedenen Aussenbelägen

(Analysebeispiele aus den letzten 5 Jahren)

Quelle B. Zinder, persönliche Kommunikation

Belagsart	Menge Tonnen	Hg ppm	Zn ppm	Cr ppm	Sb ppm	Pb ppm
Kunstrasen (ohne Sand) *			50-75	563-845	124-186	1190-1790
Kunstrasen (ohne Sand)			160	1'000	270	4700
Kunstrasen mit Gummigranulat		0.3	- 8000	-720		- 1900
Tartan	80	< 0.01	748	73		37
Kunstrasen	60-80	0.1	136	2550	< 1	24
Kunstrasen	220	0.02	3810	150		253
Allzweckbelag	20	3	15000	31		31
Allzweckbelag	22	12	1800	140		<
Allzweckbelag	20	400				
Allzweckbelag		<	2720-4080	12 -18		
Allzweckbelag (Schulsportanlage)		>360	4100	44	17	34
Allzweckbelag (Schulsportanlage)		321	14	1	<1	<1
KVA ZH**		1	2000	300	5	700

\* Sand (80 – 90%) abgetrennt und als Inertstoff entsorgt

\*\* Interne Richtwerte für Sonderabfälle der Kehrlicheizkraftwerke Zürich (KVA Kanton Zürich)

#### Gemessene Höchstwerte der letzten 5 Jahre

Hg: heute noch Maximalkonzentrationen bis 500 ppm möglich

Zn: bis 15'000 ppm bei Belag und Gummigranulat-Einstreuung in Kunstrasen

Pb: bis 2'000 ppm in Kunstrasen möglich

Cr: bis 2'500 ppm (bei grünen Belägen und Kunstrasen)

Sb: bis 300 ppm in Kunstrasen (ohne Einstreuung), wenige Resultate vorhanden

**Anhang IV: Grenzwerte für die Annahme von Sonderabfällen** (Umfrage Kt. Solothurn, 4.3.2008, ergänzt)

KVA		Hg	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Sb	Co	S	Cl	Br	I	Halogene
		[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Studie Morf	Kehricht (Mittelwerte)*	0.64	7.8	140	910	400	1100	51	1.4	52		1500	6500	130		
KVA Weinfelden	Studie nur I+G (Mittelwerte)*	0.46	19	210	900	880	3100	83	5.1	160		3300	9000	440		
RESH	"Wert für IGEA-Studien"	5	80	1200	12000	8000	12000	1000	25	300	100	0.50%	2%	200		
Umfrage AfU Solothurn 4.3.2008																
KEBAG Zuchwil	23.11.1993	<b>20</b>	20	<b>2000</b>	<b>2000</b>	2000	<b>5000</b>	<b>300</b>			300		10000			
ZAB Bazenheid	AfU SG	5	<b>30</b>	800	2000	<b>4000</b>	4000									
GEKAL Buchs AG	AfU AG - GEKAL Farbschlämme	6	20	120	800	1000	3000	80								
KVA Buchs SG	AfU SG	5	30	800	2000	<b>4000</b>	4000									
GKLU Luzern	GKLU - KVA Pumpschlamm	10	10	1000	1200	1000	4000	200								10000
KVA Turgi	Variante Grenzwerte			1000	1000	1000	4000	250								
KVA Winterthur	Betriebsregl. Grenzwerte	1	10	300	1500	700	2000	100	5	5		10000		5	5	
SAIDEF Fribourg	22.09.2006	keine Annahmegrenzwerte														
KVA Linthgebiet	21.09.2006	keine Annahmegrenzwerte, allenfalls Beschränkungen Anlieferungsmenge/d														
SATOM Monthey	22.09.2006	keine Annahmegrenzwerte (Industrieabfälle müssen vergleichbare Zusammensetzung aufweisen wie Siedlungsabfall)														
	* Schwankungen +/- 10% sind typisch															