

Weiterführende Untersuchungen von Bankettschälgut und Kehrgut

FA 3.294

Forschungsstelle: Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (Prof. Dr. rer. nat. habil. J. Metzger)

Bearbeiter: Krauth, Kh. / Stotz, G. / Quadt, K.-S.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bonn
Abschluss: Februar 2001

1. Aufgabenstellung

Auftrag

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) ließ bereits früher "Schadstoffgehalte von Bankettschäl- und Kehrgut und deren umweltverträgliche Entsorgung" untersuchen (Gallenkemper, 1992). Die wesentlichen Ziele dabei waren neben der Erfassung der Schadstoffgehalte die Untersuchung der verschiedenen Einflüsse von Verkehrsstärke, Schälintervall, Mähverfahren und straßenbautechnischen Gegebenheiten auf die Belastung des entnommenen Bankettschälgutes und Kehrgutes sowie das Aufzeigen von Verfahren für eine Verwertung und Entsorgung. Die BASt gab im Dezember 1996 dem Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart den Auftrag für "Weiterführende Untersuchungen von Bankettschälgut und Kehrgut". Das Projekt wurde von einer ad-hoc-Betreuungsgruppe der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, begleitet.

Stand der Erkenntnisse

Die Verunreinigung des Straßenkörpers, dem Bankett, der darauf wachsenden Vegetation sowie des Kehrgutes erfolgt überwiegend durch den Kraftfahrzeugverkehr. Im Bankettschälgut und im Kehrgut finden sich deshalb neben anorganischen Schwermetallen und Streusalz vom Winterdienst auch organische Stoffe, wie Ruß, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und andere Rückstände aus der Verbrennung von Benzin und Diesel. Ferner finden sich hier Gummiabrieb, Schmieröl, Schmierfett, Kühflüssigkeit und Reste verlorener Ladung. Abgeschwemmte und luftverfrachtete Stoffe sind maßgebend dafür, dass das Bankett mit der Zeit aufwächst und belastet wird. Während die Schmutzstoffgehalte im Straßenoberflächenwasser von stark befahrenen Straßen (DTV > 10 000 Kfz/24 h) keinen Zusammenhang zum Verkehrsaufkommen (DTV) aufweisen, liegt die Vermutung auf die zum DTV proportionale Belastung des Bankettmaterials nahe. Gallenkemper et al. (1992) kamen allerdings anhand ihrer Messungen zum Schluss, dass die Höhe des DTV keinen erkennbaren Einfluss auf die Belastung des untersuchten Kehrgutes und Bankettschälgutes durch Schmutz- und Schadstoffe von verkehrsbedingten Emissionen hat. Der Einfluss der Anzahl der Kraftfahrzeuge, die während der Immissionsdauer zwischen zwei Schälungen den Probenort passierten, auf die Belastung des Bankettschälgutes wurde mit vorgegebenen Klassenmitteln pauschal dargestellt. Dabei wurden Bankette von besonders stark befahrenen Straßen nicht beprobt.

Notwendigkeit weiterführender Untersuchungen

Die neuen Probenorte sollten deshalb vornehmlich an stark befahrenen Straßen mit einem DTV > 70 000 Kfz/24 h liegen. Für die Untersuchung des Belastungsgrads von Bankettschälgut und Kehrgut in Abhängigkeit von der Verkehrsmenge, die zwischen zwei Bankettschälungen (Bankettalter) oder Kehrunge am Probenort vorbeigefahren ist, waren neuerliche Probennah-

men ebenso notwendig wie die nachträgliche Ermittlung des DTV und der daraus resultierenden Verkehrsmenge an den alten Probenorten.

2. Untersuchungsmethodik

2.1 Erhebungsumfang (Bankettschälgut, Kehrgut)

Gemäß Ausschreibung und im Einvernehmen mit dem Betreuungsausschuss und zur Schließung der Lücken in verschiedenen DTV-Bereichen wurden Probenorte für Bankettschälgut mit folgenden Messgruppen ausgewählt. Die Kategorien für das Kehrgut finden sich in den rechten Spalten der unten stehenden Tabelle 1.

Tabelle 1: Definition der Kategorien zur Schälgut- und Kehrgutbeprobung

| Schälgut Kategorie | DTV [Kfz/24 h] | Schälgutalter [a] | Kehrgut Kategorie | DTV [Kfz / 24 h] |
|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|
| a | 80000 | 2 bis 4 | e | >80000 |
| b | 80000 | 10 bis 12 | f | 50000 bis 80000 |
| c | 30000 bis 60000 | 2 bis 4 | g | 20000 bis 30000 |
| d | 30000 bis 60000 | 10 bis 12 | h | 8000 bis 10000 |

Zur Erfassung bzw. Aktualisierung der DTV-Entwicklung steuerten in guter Zusammenarbeit die Straßenbehörden von Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen die Ergebnisse der Verkehrszählungen an den vorher gemeinsam ausgesuchten Probenorten bei.

2.2 Schälgutbeprobungen

Im Rahmen der Untersuchungen wurden aus insgesamt 22 Banketten von Straßen mit den geforderten Verkehrsstärken und Alter Proben gezogen. Nach vorausgegangener mindestens 2-tägiger Trockenperiode wurden mit Hilfe eines Stechzylinders aus Edelstahl, der als Aufsatz für das Bohrfutter einer handelsüblichen elektrischen Bohrmaschine geeignet ist, Bohrkern aus dem Seitenstreifen geschnitten. Um repräsentative Sammelproben zu erhalten, wurden an jedem der 22 Probenorte 25 Bohrkern zusammengeschüttet, die aus jeweils 5 Einstichstellen im Abstand von 0,1 m, 0,2 m, bis 1,0 m senkrecht zur Fahrbahn und von 5 Stellen im Abstand von 50 m entlang der Fahrbahn stammten.

2.3 Kehrgutbeprobungen

Zu den Terminen der Bankettbeprobung stellten die beteiligten Meistereien repräsentative Proben aus dem direkt aus der Kehrmachine entnommenen oder aus von Hand zusammen gekehrten Kehrgutes zur Verfügung. Sie wurden wie die Bankettschälgutproben in wasserdichten Gebinden zur Analyse transportiert.

2.4 Analytik

Aus den Bankettschälgutproben wurden Wurzelwerk und Abfallstoffe, wie Zigarettenstummel, Glasscherben, Plastikteile, Schrauben, Reifenstücke, Papier, Karosserieteile usw. entfernt. Danach wurden sie homogenisiert und für die Laboruntersuchungen aufgeteilt. Wassergehalt, Glühverlust und Korngrößenverteilung (0,063 mm < dk < 16 mm) geben Auskunft über die bodenmechanischen Eigenschaften. Schwermetallbestimmungen in der Kornfraktion dk < 2 mm, Kohlenwasserstoff- und 16 Einzel-PAK-Bestimmungen in den Feststoffen und den wässrigen Eluaten der Proben ergänzen die chemische Analytik.

3. Untersuchungsergebnisse

3.1 Auswertung vorhandener Messungen

Ursprung der Fremdstoffe auf der Straße und in ihrer unmittelbaren Umgebung sind unter anderem die Emissionen des Kfz-Verkehrs. Da sich Immissionen jedoch erst nach einer gewissen Zeit messbar vom Hintergrundwert abheben, ist zu klären, ob der Momentanwert einer Verkehrszählung (Angabe in Kfz/24 h) oder die insgesamt während des betrachteten Zeitraums zwischen zwei Bankettschälungen vorbeifahrenen Verkehrsmenge (Angabe in Mio Kfz) die entscheidende Einflussgröße für die Belastung des Bankettschälgutes darstellt. Korrelationsrechnungen zur Ermittlung des gegenseitigen Einflusses mit den Ergebnissen von Gallenkemper ergaben für Straßen mit Standspur einen Zusammenhang zwischen der Belastung mit Blei und Zink. Bei Straßen ohne Standspur fehlt diese Abhängigkeit. Für die gemessenen organischen Schmutzstoffe konnten keine Korrelationen mit $r > 0,5$ gefunden werden. Das lässt sich mit den komplexen Einflüssen auf die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) (z.B. Regenhäufigkeit, Windgeschwindigkeit und -richtung, UV-Strahlung, weiträumige Verfrachtung der mikrobiellen Bodenaktivität und der daraus resultierende biologische Abbaugeschwindigkeit etc.) erklären. Die Korrelationskoeffizienten zwischen Pb und Zn einerseits und Alter, DTV und Menge andererseits geben einen Hinweis darauf, dass bei Straßen ohne Standstreifen sowohl Verkehrsstärke als auch das Schälintervall und Schälgutalter relevant sind. Die Untersuchungsergebnisse konnten belegen, dass die Belastung des Banketts mit Schwermetallen von Straßen mit Standspur deutlich höher als von Straßen ohne Standspur ist. Dies gilt auch für Kohlenwasserstoffe und Phenole.

3.2 Schälgut

Die Feststoffproben wiesen organische Anteile (Glühverlust) zwischen 3,46 % und 9,83 % auf. Der Schlammkornanteil $dk < 0,063$ mm variierte im Bereich von 12,4 bis 63,2 %, der Korngrößenanteil $dk < 2$ mm lag zwischen 83,4 und 94,3 %. In dieser Kornfraktion betrug der organische Anteil 3,9 % bis 12,3 %. Die pH-Werte aller Bodenproben lagen im schwach alkalischen Bereich, was sich positiv auf den Schwermetallrückhalt in diesem Bodenmaterial auswirkt. Die Pb-Gehalte in den Feststoffen variierten zwischen 100 mg/kg und 670 mg/kg, für Zn zwischen 200 mg/kg und 980 mg/kg, (an Probenorten ohne verzinkte Leitplanken!), für Cu zwischen 99 mg/kg und 890 mg/kg und für Cr zwischen 26 mg/kg und 94 mg/kg. Die Belastung des Bankettschälgutes durch Kohlenwasserstoffe, Phenole und AOX wurde ermittelt. Die Gesamtsumme der PAK belief sich auf Werte zwischen 1,78 mg/kg und 106,47 mg/kg. Die PAK-Verteilungsmuster ließen keine Rückschlüsse auf die Emissionsquellen zu. In den Eluatn variierten die Gehalte der wichtigsten Metalle wie folgt:

Cu von 20 µg/l bis 55 µg/l, Pb von 1 µg/l bis 35 µg/l, Cd von 0,1 µg/l bis 0,3 µg/l. Die Gehalte der PAK streuten mit Werten zwischen 0,029 µg/l und 1,474 µg/l. In den PAK-Verteilungsmustern der Eluate kommen die chemisch-physikalischen Eigenschaften, wie z.B. die Wasserlöslichkeit, der verschiedenen Einzelkomponenten zum Ausdruck.

3.3 Kehrgut

Die Sieblinien zeigen, dass im Mittel der Schlammkornanteil zwischen 2 % und 22,1 % lag. Die feinen Teile werden einerseits nicht von der Bürste der Kehrmaschine erfasst, andererseits vom Fahrtwind in den Bewuchs des Banketts verfrachtet. Daraus resultiert die höhere Fixierung von Fremdstoffen im Schälgut als im Kehrgut. Der organische Anteil der Kehrgutproben (Glühverlust) lag zwischen 2,12 % und 13,05 %. Die Schwermetallgehalte variierten wie folgt: Pb von 34 mg/kg bis 230 mg/kg, Ni von 12 mg/kg bis 250 mg/kg, Zn von 130 mg/kg bis 2 000 mg/kg, Cu von 37 mg/kg und 3800 mg/kg, Cr von 32 mg/kg bis 330 mg/kg.

Die pH-Werte im Kehrgut bewegten sich alle im leicht alkalischen Bereich (pH 7,40 bis pH 8,46).

Die Gesamtsumme der EPA-PAK in den Kehrgutproben schwankte zwischen 1,78 mg/kg und 28,35 mg/kg. Das PAK-Verteilungsmuster im Kehrgut unterscheidet sich deutlich von dem im Bankettschälgut.

3.4 Einflussfaktoren

Eine allgemein gültige Zuweisung von Belastungswerte, gestaffelt nach DTV- bzw. Alters- oder Kfz-Mengenkategorien ist auf Grund der Untersuchungs- und Auswertungsergebnisse nicht vertretbar. Damit ist auch eine Zeitreihenanalyse mit dem Ziel, eine Altersabhängigkeit für die Fremdstoffbelastung zu finden, nicht zielführend.

3.5 Bewertung

Zur praktischen Bewertung der Fremdstoffbelastungen im Schälgut und Kehrgut wurden die Messwerte mit Grenz-, Richt-, Prüf- oder Zuordnungswerten verschiedener Verordnungen Gesetzen u.a. (AbfKlärV (1992)), Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg (1991), Bundesbodenschutzgesetz (1999), TA Siedlungsabfall (TASi) und LAGA) verglichen (Tabelle 2).

TA Siedlungsabfall (TASi)

Lediglich der organische Anteil (GV) überschreitet für fast alle Fälle in den Kriterien DTV, Alter und Fahrzeugmenge für Schälgut und Kehrgut die Zuordnungswerte nach TASi. Die restlichen Parameter liegen bei allen Betrachtungen immer unter dem genannten Richtwert für die Deponieklasse II.

Klärschlammverordnung

Für Bankettschälgut ergeben sich im Vergleich mit den Bodenwerten der Klärschlammverordnung folgende Ergebnisse:

Bei Betrachtung der Kriteriumklasse DTV finden sich für alle gemessenen Parameter Überschreitungshäufigkeiten in der Größenordnung von mindestens ca. 10 % (Cr, Hg) bis maximal ca. 70 % bis 100 %. Dabei scheint mit zunehmender DTV-Klasse auch eine Zunahme der Überschreitungshäufigkeit für Pb, Zn, Cu und Cd einher zu gehen.

Im Kehrgut finden sich für die untersuchten Parameter Pb, Ni, Zn, Cu, Cd und Cr Überschreitungen in der Größenordnung von minimal ca. 15 % (Pb, Cd) bis zu maximal ca. 70 % bis 100 % (Zn, Cu). Mit steigender DTV-Klasse scheint eine Zunahme der Überschreitungshäufigkeit für die Pb-, Zn- und Cu-Richtwerte einher zu gehen, während bei Ni, Cd und Cr die Überschreitungshäufigkeit abnimmt. Unter Bezugnahme auf die Klärschlammwerte, die drastisch höher sind als die Bodenwerte, kann nur bei Kupfer im Kehrgut eine nennenswerte Überschreitung (20 %) festgestellt werden.

Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA)

Die von der LAGA empfohlenen Richtwerte (bei Betrachtung des Bankettschälgutes unter dem Aspekt des Betriebsdienstes (Schutz des Personals) wurden in den Schälgutproben wie folgt überschritten:

Pb in ca. 25 % der Fälle (DTV-Klasse 30 bis 60. Tsd. Kfz/24 h), Cr in ca. 5 % der Fälle (Klasse < 10 Tsd. Kfz/24 h und Klasse > 10 Tsd. Kfz/24 h bis 30 Tsd. Kfz/24 h). Etwa gleich große Überschreitungen ergaben sich für den Cr-Gehalt beim Bezug auf das Alter des Schälgutes (Klassen 4-6 a und 8-10 a).

Beim Bezug auf die Verkehrsmenge traten Überschreitungen zwischen 5 und 25 % für die Schwermetalle Pb, Cu und Cr auf. Für das Kehrgut fanden sich in den Proben Überschreitungen lediglich bei den Schwermetallen Pb, Cu und Cr (Pb in ca. 12 % der Fälle von der DTV-Klasse 20 bis 30 Tsd. Kfz/24 h; Cu in ca. 30 % der Fälle von den DTV-Klassen 20 bis 30 Tsd. Kfz/24 h und 50 bis 80 Tsd. Kfz/24 h; Cu in ca. 60 % in der DTV-Klasse über 80 Tsd. Kfz/24 h).

Tabelle 2: Richtwerte zur abfall- und wasserwirtschaftlichen Bewertung der Feststoffe des Bankett- und Kehrgutes und deren Eluate

| Feststoffrichtwerte für die abfall- und wasserwirtschaftliche Bewertung | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|-------|--------|-------|--------|-------------|---------|---------|-------|---------|--------------|------|--|
| Schutz/Nutzung | | Blei | Nickel | Zink | Kupfer | Quecksilber | Cadmium | Chrom | BaP | | | | |
| | | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | | | |
| AbfklärV (BRD, 1992) Boden | | 100 | 50 | 200 | 60 | 1 | 1,5 | 100 | | | | | |
| AbfklärV (BRD, 1992) Schlamm | | 900 | 200 | 2500 | 800 | 8 | 10 | | | | | | |
| LAGA | Mensch/Boden | 500 | 400 | 2000 | 500 | 10 | 40 | 200 | | | | | |
| LAGA | Anbau Nutzpflanzen/ Boden | 300 | 100 | 500 | 100 | 2 | 2 | 100 | | | | | |
| Bundesboden- schutzverordnung | Industrie- u. Ge- werbegrundstücke | 2000 | 900 | | | 80 | | 1000 | 12 | | | | |
| Bodenschutz- gesetz BW | Mensch/ Siedlungsfläche | 500 | 100 | | | 10 | 15 | 500 | | | | | |
| Eluatrichtwerte für die abfall- und wasserwirtschaftliche Bewertung | | | | | | | | | | | | | |
| Schutz/Nutzung | | Blei | Nickel | Zink | Kupfer | Cadmium | Chrom | Phenole | Arsen | Chlorid | PAK (EPA) | BaP | |
| | | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | µg/l | µg/l | |
| TA Siedlungsabfall I | | 0,2 | 0,2 | 2 | 1 | 0,05 | | 0,2 | | 500 | | | |
| TA Siedlungsabfall II 1 | | 1 | 5 | 5 | 0,1 | | 50 | | 5000 | | | | |
| TR LAGA zur EAKV | | 0,2 | 0,2 | 0,6 | 0,3 | 0,01 | 0,15 | 0,1 | 0,06 | | | | |
| Bodenschutzgesetz BW Mensch/Siedlungsfläche | | | | | | | | | | | 25 | 2,5 | |

Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg

Beim Bankettschälgut konnten lediglich beim Bezug auf die DTV-Klassen nur für Pb und Ni Überschreitungen gefunden werden. Die Alters- und die Mengenklasseneinteilung führten zu Überschreitungen für Pb, Ni und Cr, vergleichbar mit den Ergebnissen nach LAGA-Bewertung. Beim Kehrgut traten nur für Pb und Ni höhere Werte auf als das Bodenschutzgesetz empfiehlt.

Bundesbodenschutzgesetz

Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom Juni 1999 gibt Prüfwerte an, die nur in einem Fall im Bankettschälgut (14 mg/kg BAP) überschritten wurde.

4. Folgerungen für die Praxis

Da die stoffliche Belastung des Bankettschälguts sowohl bei den anorganischen (Schwermetallen) als auch bei den organischen Parametern (und hier insbesondere bei den PAK) in weiten Grenzen streut, entziehen sich die Belastungswerte einer Zuordnung zu den Kriterien Verkehrsstärke, Expositionsdauer oder Verkehrsmenge. Die statistischen Analysen haben gezeigt, dass auf Grund der Vielzahl komplexer Einflüsse (Regenhäufigkeit, chemische Eigenschaften des anstehenden Bodens, Hintergrundbelastungen, Ferntransport) keine allgemein gültige und parameterspezifische Aussage möglich ist. Eine allgemein gültige Zuweisung von Belastungswerten, gestaffelt nach DTV- bzw. Alters- oder Kfz-Mengenkategorien ist auf Grund der Untersuchungs- und Auswertungsergebnisse deshalb nicht vertretbar.

Die Bewertungen der Feststoff- und Eluatbelastungen unter den Aspekten der Entsorgung des Bankettschälgutes und des Boden- und Gewässerschutzes erlauben den Schluss, das feinkörnigere Bankettschälgutmaterial auf dem eigenen Grund und Boden des Baulastträgers zu lagern, da lediglich der organische

Anteil für eine Deponierung zu hoch ist. Dem steht gemäß europäischem Abfallkatalog hinsichtlich der hier gemessenen Parameter nichts entgegen, mit Ausnahme der Summe der EPA-PAK. Der hierfür relevante Zuordnungswert wurde in 26,2 % der Proben von Bankettschälgut überschritten. Weil die stoffliche Belastung nicht aus der Angabe der Verkehrsstärke oder dgl. abgeleitet werden kann, müssen der Entsorgung analytische Untersuchungen vorangehen.

Das Kehrgut von der Verkehrsfläche und dem Straßenrand ist den Witterungseinflüssen ausgesetzt. Wind und Regen verfrachten dessen feinstkörnigen Anteil in das Bankett. Eine generelle Aussage zur Fremd- und Schadstoffbelastung des Kehrgutes infolge der Verkehrsstärke ist ebenfalls nicht zu machen. Nach abfall- und wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten ist Kehrgut als Abfallstoff zu behandeln. Vor seiner Deponierung oder Verwertung sind die dafür noch zu hohen organischen Belastungen durch Anwendung von technischen Verfahren (Sandwäsche, Fraktionierung, Wiederverwertung, Restabfall verbrennen, Rauchgasrückstände deponieren) mit zu reduzieren.

Beide Materialien bestehen im Wesentlichen aus mineralischen Anteilen, sodass ihr biologischer Abbau bei der Kompostierung nur gering ist. Sie tragen in keiner Weise zu den "wertgebenden" Eigenschaften bei, sondern verschlechtern die Qualität und die Vermarktungsmöglichkeiten des Kompostes. Zum nachhaltigen Schutz der Böden sind Spitzenqualitäten beim Kompost unerlässlich. Deshalb wird dieser Weg abgelehnt.

Da die vorliegenden Untersuchungen alle von Straßen mit dichten Belägen stammten, erscheinen – im Einvernehmen und auf Anregung vom Landesamt für Straßenwesen Baden-Württemberg – Untersuchungen zur Bankettschälgutbelastung an Straßen mit lärmindernden Belägen sehr sinnvoll, weil diese hinsichtlich des Rückhalts an festen Stoffen wie das natürliche Straßenbankett wirken, sodass vermutlich Schälgut von diesen Straßen eine geringere Schadstoffbelastung aufweist als das von Straßen mit konventionellen Belägen. □