

Kanton Basel-Landschaft

**Bau- und Umweltschutzdirektion**  
**Amt für Umweltschutz und Energie**



Interkantonale Marktkontrolle Dünger 2011

**Teil Recyclingdünger (Kompost, Gärgut)  
im Kt. Basel-Landschaft, Qualitätskontrolle**

Liestal, Januar 2012

**Impressum**

Herausgeber:  
Amt für Umweltschutz und Energie,  
Kanton. Basel-Landschaft

Verantwortlicher Ressortleiter:  
Roland Bono

Projektleitung/ Bericht:  
Daniel Schmutz

Probenahmen/ Analytik:  
Daniel Schmutz, Iwan Fankhauser, Hansjürg Kambor,  
Marcel Beck, Anja Fankhauser

Redaktion, Reinschrift:  
Daniel Schmutz (Federführung). Roland Bono, Hans-  
jürg Kambor

**Inhaltsverzeichnis**

<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>4</b>
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>6</b>
1.1 Hintergrund	6
1.2 Fragestellung	7
<b>2 GESETZLICHE ANFORDERUNGEN/ RICHTLINIEN</b>	<b>7</b>
2.1 Grenz- und Richtwerte	7
2.2 Richtlinien und Positivliste	8
<b>3 PROBENAHMEN UND ANALYTISCHE UNTERSUCHUNGEN</b>	<b>9</b>
3.1 Probenahmen	9
3.2 Aufbereitung	9
3.3 Messmethoden und -parameter/ Analytische Kennzahlen	9
<b>4 ERGEBNISSE UND BEWERTUNGEN</b>	<b>10</b>
4.1 Schwermetalle	11
4.2 Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Polyaromatische Biphenyle (PCB)	12
4.3 Nährstoffergebnisse	15
4.4 Papierschlämme	15
4.5 Verlässlichkeit der durch die Betreiber erhobenen Analyseuntersuchungen	15
<b>5 SCHLUSSFOLGERUNGEN</b>	<b>17</b>
5.1 Gesamtsicht	17
5.2 Empfehlungen/ Massnahmen	17
<b>LITERATUR</b>	<b>19</b>
<b>ANHANG</b>	<b>20</b>
Anhang 1: Analysebericht alle Proben	20
Anhang 2: Vergleich frühere Untersuchungsergebnisse zu den aktuellen	26

## Zusammenfassung

Im Rahmen der interkantonalen Marktkontrolle Dünger 2011 (Federführung Bundesamt für Landwirtschaft) werden neben Mineraldüngern auch organische Dünger untersucht. Seitens des Amtes für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft, Fachstelle Bodenschutz, wurde angeregt, den Schwerpunkt auf die Qualitätsuntersuchung von Komposten aus aerober und anaerober Verarbeitung zu legen; dies mit Schwerpunkt schadstofflicher Qualitätskontrolle. In der Folge wurden insgesamt 28 Proben von 15 Kompostierungsbetrieben auf ihre Gehalte an Schadstoffen und Nährstoffen untersucht. Angeregt durch die BAFU-Studie "Kompost und Gärgut in der Schweiz" (2007) wurden auch die beiden organischen Schadstoffe Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie Polychlorierte Biphenyle (PCB) mit erhoben. Der vorliegende Teilbericht "Recyclingdünger" zeigt die Ergebnisse dieser Qualitätsüberprüfung auf.

## Ergebnisse

- Bei den von der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) vorgegebenen Schwermetallen zeigten die untersuchten Komposte, Presswasser und Reifegülle mehrheitlich niedrige Gehalte im Bereich von 50% des Grenzwertes (GW) und tiefer. Einzig Nickel mit einem Medianwert von rund 75% des GW und GW-Überschreitung bei drei der untersuchten Proben war auffällig.
- Erhoben wurden auch die Gehalte für die Schwer- und Halbmetalle Aluminium, Antimon, Arsen, Bor, Cobalt, Chrom, Eisen, Mangan, Thallium, Uran und Vanadium. Einzig Chrom wies erhöhte oder auffällige Gehalte auf. Allerdings kann das mit der angewandten Aufschlusstechnik des Labors für Umweltanalytik zusammenhängen. Bekannterweise lassen sich die Totalgehalte Chrom meistens nur unvollständig mit den herkömmlichen Aufschlussverfahren erfassen. Die im Labor für Umweltanalytik verwendete Methode arbeitet mit höherer Temperatur und Druck und extrahiert dadurch vollständiger.
- Zum Vergleich wurden die von den Betreibern veranlassten Gehaltsuntersuchungen aus den Jahren 2007 - 2010 den für 2011 hier vorliegenden gegenübergestellt. Dabei fanden sich vergleichbare Ergebnisse. Somit werden seitens Betreiber die ihnen auferlegten Qualitätsuntersuchungen repräsentativ und korrekt umgesetzt.
- Die in dieser Untersuchung erhobenen Nährstoffgehalte weisen erwartungsgemäss einen hohen Schwankungsbereich auf. Alle erfüllen die Mindestanforderungen gemäss FAC .
- Verschiedentlich wird "Papierschlamm" zur Stabilisierung des Kompostierprozesses mitverwendet. Zwei Papierschlämme von zwei verschiedenen papierherstellenden Betrieben wurden zusätzlich auf die gleichen Parameter wie die Komposte untersucht. Bei keinem der von uns untersuchten Elemente zeigten sich Auffälligkeiten.
- Bei den organischen Schadstoffen fanden sich in **25% der Proben** bei den PAK's Gehalte über dem Richtwert der ChemRRV. Die deutlicheren Überschreitungen fanden sich ausschliesslich in Komposten, bei welchen Strassenwischgut oder Strassenrandmaterial mitkompostiert wird. Die landwirtschaftliche Verwertung von solch belastetem Kompost führt bei zulässiger Maximalausbringmenge gemäss unserer Abschätzung dazu, dass der PAK- Gehalt im Boden innerhalb einer Generation den Richtwert der Verordnung über Belastungen im Boden (VBBo) erreicht oder überschreitet. Auch der einzige sehr hohe PCB- Gehalt findet sich in einem Kompost mit Anteil Strassenwischgut.

## **Massnahmen**

Komposte, welche Strassenwischgut oder Material aus dem Strassenrandbereich mitkompostieren, erfüllen die Qualitätsanforderungen der ChemRRV nicht. Zum Teil finden sich Überschreitungen bei den Schwermetallen. Zudem weisen alle Kompostproben Gehalte bei den PAK's auf, die den Richtwert der ChemRRV zum Teil mehrfach überschreiten. Gleichzeitig weisen sie auch eher niedrige Nährstoffgehalte auf. Folglich sollten biogene Abfälle aus dem Strassenbereich nicht in die Kompostierung gelangen. Sie müssen umweltgerecht der thermischen Verwertung zugeführt oder auf einer Reaktordeponie entsorgt werden.

Die gleiche Empfehlung für den zukünftigen Umgang mit diesen problematischen biogenen Abfällen macht auch die BAFU- Studie (2007, zit.: Reduktion der PAK- Belastung von Kompost, Gärgut und Presswasser). Im weiteren findet sich in der Positivliste der Inspektoratskommission der Kompostier- und Vergärbranchen der Schweiz (2006) der Hinweis unter spezielle Anforderungen "kein Strassenwischgut, keine Abrandmaterialien von Strassen". Auch in Merkblättern anderer Kantone werden diese biogenen Abfälle gleichlautend als nicht geeignet für die Kompostierung erwähnt.

## **Umsetzung**

Zusammen mit den Abgebern von biogenen Abfällen und den Kompostierbetrieben muss die Triagierung von unbelastetem hochwertigem Grüngut gegenüber belastetem Grüngut geregelt und die jeweilig möglichen Verwertungsmöglichkeiten müssen aufgezeigt werden.

## 1 Einleitung

Im Verlauf des Jahres 2011 wurde nach 2002 und 2004 zum dritten Mal eine gesamtschweizerische Marktkampagne Dünger durchgeführt. Koordiniert wurde die Kampagne durch den Fachbereich Dünger des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW), unter Beteiligung von 11 Kantonen (AG, BE, BL, BS, SG, SO, TG, TI, VD, VS, und ZH). Es sollen einerseits die Einhaltung der Kennzeichnungsvorschriften geprüft und andererseits die Gehalte an Schwermetallen in ausgewählten Düngern bestimmt werden. Gründe dafür sind das Ende der Übergangsfrist für Kennzeichnungsaspekte (DüV Art. 35 Abs. 1), Überlegungen zum Bodenschutz sowie Grenzwertdiskussionen innerhalb der EU.

Für die Überprüfung der Richtigkeit der Nährstoffdeklaration sollen nur die sog. Makronährstoffe N, P und K sowie Mg untersucht werden (falls deklariert). Auf die Bestimmung der Löslichkeiten (hauptsächlich bei P) wird verzichtet. Schadstoffseitig sollen die Schwermetalle Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Cobalt (Co), Kupfer (Cu), Molybdän (Mo), Nickel (Ni), Vanadium (V) und Zink (Zn) in allen Düngern bestimmt werden und die Einhaltung der Qualitätsanforderungen (Grenzwerte für Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, V, Cr) überprüft werden.

Im Rahmen der Kampagne wurden 125 Handelsdünger von 38 Inverkehrbringern beprobt. Die Probenahme beschränkte sich dabei hauptsächlich auf 8 Düngerkategorien bzw. Düngertypen mit dem grössten Anteil am Schweizer Markt (grösstenteils mineralische Dünger). Daneben wurden auch organische Dünger untersucht, die bei der gesamtschweizerisch koordinierten Kampagne allerdings keinen Schwerpunkt bildeten, da organische Dünger als Handelsdünger eine untergeordnete Rolle spielen. Wie bei anderen koordinierten Marktkontrollen sind die Kantone aber stets frei, innerhalb der Rahmenbedingungen eigene Schwerpunkte zu setzen.

Seitens des Amtes für Umweltschutz und Energie, Fachstelle Bodenschutz, bestand der ausdrückliche Wunsch, das Schwergewicht auf organische Dünger (Recyclingdünger), insbesondere auf Komposte und Gärgut von Betrieben im Kt. Basel-Landschaft zu legen. Dies ebenfalls zur Qualitätsüberprüfung mit Schwerpunkt schadstofflicher Seite.

### 1.1 Hintergrund

Kompostierung und Vergärung von biogenen Abfällen sind wichtige Abfallbehandlungsverfahren. Die Endprodukte werden vorwiegend landwirtschaftlich verwertet und dienen der Nährstoffversorgung sowie der Zuführung organischer Substanz zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Sie können aber auch einen unerwünschten Schadstoffeintrag verursachen.

Im Kanton Basel-Landschaft werden jährlich insgesamt rund 40'000 t biogene Abfälle der zentralen Kompostierung und Vergärung zugeführt und "kompostiert". In dieser Kompostierung sind aerobe (Kompostierung) wie anaerobe (Vergärung mit anschliessender Kompostierung) Verfahren berücksichtigt. Etwa 1/3 des Sammelgutes durchläuft eine Vergärung mit Nachrottung. Rund die Hälfte des Sammelgutes stammt von ausserhalb des Kantons und ebenfalls rund die Hälfte des anfallenden Kompostes (inkl. Presswasser) wird ausserkantonale verwertet (Salathé 2010). Von der innerkantonalen Verwertungsmenge werden rund 12- 14'000 m<sup>3</sup> Kompost auf Landwirtschaftsflächen verwertet. Dies entspricht rund 65-75% des innerkantonal ausgebrachten Komposts. Die restliche Menge wird von Gartenbaufirmen und Privaten verwertet (Salathé 2010).

Wegen des geringen Nährstoffgehaltes von Kompost und Gärgut müssen bezüglich der Düngungswirkung im Verhältnis zu mineralischen Düngern viel grössere Mengen ausgebracht werden. Damit gelangen bezogen auf den Nährstoffeintrag mit biogenem Material grössere Schadstofffrachten in die Böden als mit der Ausbringung von handelsüblichen Landwirtschaftsdüngern.

Zur Fragestellung bezüglich der Belastung mit organischen Schadstoffen liegt in der Schweiz einzig die BAFU-Studie "Kompost und Gärgut in der Schweiz" (BAFU 2007) vor. Für die im Kanton Basel-Landschaft erzeugten und verwendeten Komposte lagen bis anhin sehr wenige Untersuchungsergebnisse bezüglich organischer Schadstoffe vor. Im Bericht "Wohin mit dem Kompost" (Salathé 2010) wurden die Mengen- und Stoffflüsse biogener Abfälle im Kt. BL dargestellt. Darin wurde auch eine Auswertung der Schwermetallgehalte der Komposte und Gärreste aufgezeigt.

## 1.2 Fragestellung

Die vorliegende Arbeit soll ergänzend die aktuelle Qualitätssituation der Komposte und des Gärguts aufzeigen. Dabei sollen die Kenntnisse über allfällige Risiken zur schleichender Bodenbelastung durch Kompostverwertung in Landwirtschaftsflächen verbessert werden. Folgende Fragestellungen und Zielsetzungen stellen wir uns:

- Entsprechen die untersuchten Komposte den gesetzlichen Qualitätsanforderungen bei den Schadstoffen Schwermetalle und Polyaromatische Kohlenwasserstoffe?
- Lassen sich aufgrund der Untersuchungswerte Aussagen zu den einzelnen Anlagen machen (Einzugsgebiet, Herkunft biogener Abfälle)?
- Sind die von den Anlagebetreibern veranlassten Schadstoffanalysen verlässlich und sind Tendenzen erkennbar?
- Das BAFU kommt in der Studie "Organische Schadstoffe in Kompost und Gärgut" (2007) zur Schlussfolgerung, dass ein unmittelbarer Handlungsbedarf für Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) aufgrund der häufigen Überschreitung des Richtwertes gemäss ChemRRV besteht. Es stellt sich die Frage, ob sich diese Erkenntnisse bei dieser Untersuchung bestätigen und aufgrund der Untersuchungsergebnisse ein Handlungsbedarf seitens Behörde besteht.

## 2 Gesetzliche Anforderungen/ Richtlinien

Die gesetzlichen Anforderungen und rechtlichen Rahmenbedingungen für die Kompostierung und Vergärung von biogenen Abfällen sowie die erforderlichen Qualitätswerte und Anwendungsbereiche werden in verschiedenen Gesetzes- und Verordnungswerken geregelt. Dies sind unter anderen das Umweltschutzgesetz (USG), die Luftreinhalteverordnung (LRV), die Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo), die Technische Verordnung über Abfälle (TVA), die Gewässerschutzverordnung (GSchV), Gesetz und Verordnung über den Wald (WaG, WaV) und Gesetz und Verordnung Raumplanung (RPG, RPV). Massgebend für die vorliegenden Fragestellungen sind die Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) und die Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngern (DüV) inklusiv der Verordnung des EDV über das Inverkehrbringen von Düngern (DüBV).

### 2.1 Grenz- und Richtwerte

In der ChemRRV unter Anhang 2.6 sind die Qualitätsanforderungen für Schadstoffe sowie die maximalen Ausbringungsmengen festgelegt. Dünger dürfen nur abgegeben werden, wenn die Anforderungen

nach Ziffer 2.2 erfüllt sind. Die kantonalen Behörden ermitteln die Ursachen der Überschreitung von Richtwerten nach Ziffer 2.2.1 Absatz 3 und sorgen dafür, dass Kompost und Gärgut nicht abgegeben werden, wenn durch deren Verwendung die Fruchtbarkeit des Bodens gefährdet werden kann (Ziffer 4).

Schwermetallgrenzwerte:

Element	Blei (Pb)	Cadmium (Cd)	Kupfer (Cu)	Nickel (Ni)	Quecksilber (Hg)	Zink (Zn)
GW g/t TS	120	1	100	30	1	400

**Tabelle 1: Grenzwerte** (ChemRRV Anh. 2.6, 2.2.1)

Richtwerte organische Schadstoffe:

Schadstoff	Richtwert
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	4g per t TS <sup>1)</sup>
Dioxine (PCDD) und Furane (PCDF)	20 Nanogramm I-TEQ per kg TS <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Summe der 16 EPA PAK- Leitverbindungen

<sup>2)</sup> I-TEQ = Internationale Toxizitätsäquivalente

**Tabelle 2: Richtwerte** (ChemRRV Anh. 2.6, 2.2.1)

Maximale Ausbringmenge:

Zeitraum/ Fläche	Menge
in 3 Jahren max./ per ha	25 t Kompost/Gärgut TS oder 200 m <sup>3</sup> Gärgut flüssig
in 10 Jahren max./per ha	100 t Kompost/Gärgut

**Tabelle 3: Maximale Ausbringmengen** (ChemRRV Anhang 2.6, 3.2.2)

## 2.2 Richtlinien und Positivliste

Von verschiedenen Verbänden/ Kantonen liegen Richtlinien und Merkblätter vor:

- Schweizerische Qualitätsrichtlinie 2010 der Branche für Kompost und Gärgut, erarbeitet und herausgegeben durch die Inspektoratskommission der Grüngut verarbeitenden Branche der Schweiz, 2010
- Positivliste der Ausgangsmaterialien und Zuschlagsstoffe zur Herstellung von Komposten und Gärgut, Inspektionskommission der Kompostier- und Vergärbranche der Schweiz, 2006 (wird aktuell überarbeitet)
- Merkblatt des Kt. Berns "Wohin mit dem Grünmaterial aus dem Strassenunterhalt?" ([http://www.abfall.ch/Informationen\\_Merkblaetter/pdf/bve\\_gsa\\_abf\\_riweme\\_sb032.pdf](http://www.abfall.ch/Informationen_Merkblaetter/pdf/bve_gsa_abf_riweme_sb032.pdf))
- Merkblatt des Kt. Luzerns "Entsorgung von Strassenwischgut", ([http://www.abfall.ch/Informationen\\_Merkblaetter/pdf/LU12\\_Strassenwischgut.pdf](http://www.abfall.ch/Informationen_Merkblaetter/pdf/LU12_Strassenwischgut.pdf))



### 3 Probenahmen und analytische Untersuchungen

Im Frühjahr 2011 wurde den Anlagenbetreibern die beabsichtigten Probenahme angekündigt. Die Probenahmen wurden im Zeitraum Juni bis August 2011 mit telefonischer Vorankündigung durchgeführt. Die jeweiligen Anlageverantwortlichen waren mit wenigen Ausnahmen (z.B. bei Feldrandmieten) jeweils bei den Probenahmen dabei. Alle Probenahmen wurden auf Probenahmeblättern mit den notwendigen Standortangaben festgehalten. Von 15 Betrieben wurden insgesamt 26 Komposte, ein Presswasser und eine Reifegülle sowie zwei Papierschlämme erhoben.

#### 3.1 Probenahmen

Bei der Probenahme wurde eine möglichst repräsentative Probenahme von den jeweiligen Mieten/Rotterhaufen angestrebt. Dabei wurde, verteilt über die zu beprobende Gesamtmenge, mit einer Handschaufel rund 25 bis 30 l Kompost lose in einen Plastiksack gegeben und diese im Labor für Umweltanalytik (akkreditiert nach Norm ISO/IEC 17025 durch Schweizerische Akkreditierungsstelle SAS) des Amtes für Umweltschutz und Energie als Gesamtmischprobe zur Aufbereitung und Messuntersuchung abgegeben. Bei den Frischkomposten wurde darauf geachtet, dass möglichst wenig "sperrige Holzteile" mitgesammelt wurden. Die Presswasserprobe und Reifegülle wurden direkt aus den laufenden Prozessen in 2.5 l Plastikflaschen abgefüllt. Die beiden beprobten Papierschlämme wurden analog der Komposte beprobt.

#### 3.2 Aufbereitung

Die Kompostproben wurden frisch durch ein 5 mm Sieb gesiebt. Die Fraktion > 5 mm wurde verworfen, mit der gesiebten Fraktion wurden anschliessend mittels eines Probeteilers repräsentative Muster abgetrennt. Ein Teil dieser Muster wurde als Rückstellprobe im Tiefkühler archiviert, der andere Teil wurde bei 40 °C getrocknet und auf einer Zentrifugalmühle auf < 1.0 mm gemahlen und anschliessend bis zur Analyse tiefgekühlt aufbewahrt. Das Presswasser und die Reifegülle wurden bei 40°C zur Trockene eingengt und anschliessend ebenfalls mit der Zentrifugalmühle gemahlen. Die Papierschlämme wurden getrocknet und gleichfalls mittels Zentrifugalmühle gemahlen.

#### 3.3 Messmethoden und -parameter/ Analytische Kennzahlen

pH:

Die pH's wurden im Presswasser und in der Reifegülle direkt in der Frischprobe gemessen. Bei den Komposten wurde 5 g der gesiebten Frischprobe (< 5 mm) mit 50 ml 0.01 M CaCl<sub>2</sub> - Lösung aufgeschlämmt über Nacht stehen gelassen, und anschliessend der pH mittels Glaselektrode bestimmt.

Trockensubstanz/ Glühverlust:

Mindestens 5 g der gesiebten Frischprobe (< 5 mm) wurden in einem Quarztiegel eingewogen, bis zur Gewichtskonstanz bei 105 °C getrocknet, ausgewogen (= Trockensubstanz) und anschliessend während 2 h bei 550 °C im Muffelofen geglüht, anschliessend wiederum ausgewogen (= Glührückstand).

Gesamt- N:

Die gesiebten Frischkomposte (< 5mm) wurden im UFAG- Laboratorium in Sursee mittels Kjeldahl-Aufschluss und anschliessender Titration bestimmt. Das Presswasser und die Reifegülle wurden direkt in der Frischprobe gemessen.

Schwermetalle und teilweise Nährstoffe :

Circa 300 mg homogenisierte und gemahlene Kompostprobe wurde in 5 ml HNO<sub>3</sub> und 1 ml HCl mittels TurboWave (Mikrowellenaufschluss) aufgeschlossen. In der verdünnten Aufschlusslösung (Verdünnung 1:10) wurden die Elemente mittels ICP-MS gemessen. Auch die Papierschlämme und die gemahlene Rückstände des Presswassers und Reifegülle wurden analog aufgeschlossen und gemessen. Zur Qualitätsabsicherung wurden zertifizierte Referenzproben mitaufgeschlossen und gemessen.

Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Polychlorierte Biphenyle (PCB):

Die getrockneten und gemahlene Proben wurden 1 h am Soxtec heiss extrahiert und 1 h gespült. Anschliessend wurden die Extrakte eingeeengt und über Silicagel aufgereinigt. Die Messung erfolgte mittels GC-MS (UAN-Vorschrift K-PAKPCB-1).

Zur Qualitätssicherung wurden mit 3 Proben durch das Labor Bachema PAK- Vergleichsmessungen durchgeführt:

Probe-Nr. (Messwerte Summe PAK EPA 16, in mg/kg TS)	59691 4/5	59778 11/22	60085 5/29
Messwerte Labor für Umweltanalytik (AUE BL)	3.2	15	7.7
Labor Bachema, Schlieren	3.23	13.7	8.03

**Tabelle 4: Vergleichsmessungen PAK Labor für Umweltanalytik und Labor Bachema, Schlieren**

Dabei zeigten sich maximal 10% Messwertabweichungen.

#### 4 Ergebnisse und Bewertungen

Die Untersuchungsergebnisse werden in Tabellenform sowie auch mittels Grafiken und Wort aufgezeigt. Im Anhang 1 finden sich alle Messwerte der untersuchten Proben. Zur Orientierung wird in nachfolgender Tabelle das zugehörige "Produkt" zur Probennummer aufgezeigt. Die Probennummer setzt sich aus der Betriebsnummer sowie der fortlaufenden Probennummer zusammen.

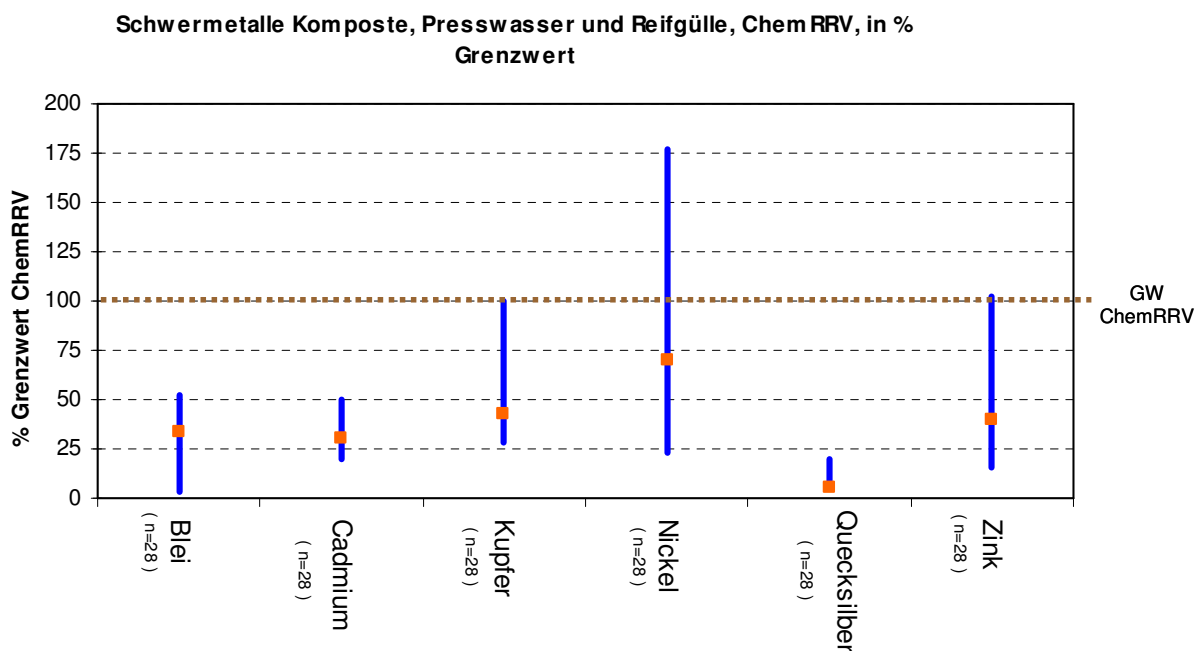
3.1	Frischkompost	6.11	Frischkompost	11.21	Reifekompost / Str.
3.2	Frischkompost	7.12	Reifekompost	11.22	Reifekompost / Str.
2.3	Frischkompost	8.13	Reifekompost	11.23	Papierschlamm
2.4	Frischkompost	12.14	Reifekompost	11.24	Reifekompost Feldr.
4.5	Reifekompost	12.15	Frischkompost	13.25	Reifegülle
4.6	Frischkompost	12.16	Frischkompost	10.26	Frischkompost Feldr.
4.7	Frischkompost	14.17	Presswasser	15.27	Frischkompost / Str.
1.8	Reifekompost	14.18	Reifekompost	5.28	Frischkompost / Str.
1.9	Reifekompost	14.19	Reifekompost	5.29	Frischkompost / Str.
6.10	Reifekompost	14.20	Papierschlamm	9.30	Frischkompost Feldr.

**Tabelle 5: Probenübersicht** (Feldr- = Feldrandmieten; Str. = Komposte mit Strassenwischgut/ Grüngut aus Strassenrandbereich)

## 4.1 Schwermetalle

Zu den „Schwermetallen“ werden üblicherweise unter anderem Eisen, Kupfer, Blei, Zink, Zinn, Nickel, Cadmium, Chrom, Uran und andere gezählt. Viele Schwermetalle sind für den menschlichen Organismus gesundheitsschädlich oder giftig, da sie nicht abgebaut werden können. Sie werden meist über die Nahrungskette aufgenommen und gelangen so in den menschlichen Körper. Einige sind auch essentielle Spurenelemente für Organismen. Durch Anreicherung in den Böden beeinträchtigen sie die Bodenfruchtbarkeit und wirken sich in Gewässern ökotoxisch aus. Schwermetalle werden in vielen Bereichen, zumeist aber für die Metallveredelung verwendet. Dadurch erhalten die ausgewählten Materialien spezielle Eigenschaften. (Wikipedia 2011).

Schwermetalle gemäss ChemRRV:



**Diagramm 1: Gehalte Schwermetalle gemäss ChemRRV, dargestellt nach % Grenzwerte, □ =Medianwerte**

Mit Ausnahme des Nickels weisen alle ChemRRV-relevanten Schwermetalle beim Medianwert Gehalte unter 50% des Grenzwertes (GW) auf. Der Medianwert beim Nickel liegt im Bereich von 75%.

Gehalte im Bereich des GW oder Überschreitung zeigen beim Kupfer ein Kompost mit Anteilen aus Strassenwischgut sowie die Reifgülle. Beim Nickel weisen 3 Proben Gehalte über dem GW auf (Kompost von Landschaftsgärtnerei, Kompost mit Anteilen aus Strassenwischgut sowie ein Kompost eines eher ländlich ausgerichteten Betriebes). Nickel ist ein wichtiger Bestandteil von Spezialstählen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Nickeleintrag durch den mechanischen Maschineneinsatz ("Abrieb") eingetragen wird. Beim Zink weisen 2 Proben Gehalte im Bereich des GW auf (Reifgülle und wiederum Kompost mit Anteil Strassenwischgut).

### Weitere Schwer- und Halbmetalle

Für eine Gesamtsicht wurden neben den gesetzlich geregelten Schwermetallen noch weitere Metalle bestimmt. Bekannterweise weist Phosphordünger zum Teil hohe Gehalte an Uran und Vanadium auf. Die Halbmetalle Antimon, Arsen und Bor sind zum Teil hochtoxisch. Mangan und Molybdän gelten

eher als Nährstoffe. Nachfolgende Tabelle stellt die Messbefunde sowie zum Vergleich Literaturangaben dar. Alle Angaben in mg/kg TS

Element	Min - Max	Median	Vergleichswerte	Literatur
Aluminium (Al)	3'000 - 21'000	17'000	ca. 7.5 G% Erdkruste	Wikipedia
Antimon (Sb)	< 1.0 - 5.4	1.4	Bodengehalte: <2 - 10	AUE BL, Pratteler Böden, 2010
Arsen (As)	0.4 - 16	7.6	Bodengehalte: 1.5 - 9.5	NABO/ FAL 1999 (n=105)
Bor (B)	26 - 44	32	Dünger: < 5 - 1610 (n=23)	- Marktkontrolle Dünger 2004, AUE BL
Cobalt (Co)	1.7 - 10.0	6.5	Boden: 1.6 - 14	AUE BL 2010, (n=366, Landwirtschaftsböden Kt.BL)
Chrom	11 - 120	54	Dünger: < 2 - 94 (n=22)	- Marktkontrolle Dünger 2004, AUE BL
Eisen (Fe)	710 - 18'000	13'500	Dünger: 2.5 - 9250 (n=22)	- Marktkontrolle Dünger 2004, AUE BL
Mangan (Mn)	14 - 540	435	Dünger: < 2 - 1461 (n=23)	- Marktkontrolle Dünger 2004, AUE BL
Molybdän (Mo)	1.0 - 9.4	1.4	Dünger: < 2 - 47.2 (n=23)	- Marktkontrolle Dünger 2004, AUE BL
Thallium (Tl)	alle < 1.0	< 1.0	Boden: 0.03 - 1.4	AUE BL 2010 (n=238, Landwirtschaftsböden Kt.BL)
Uran (U)	0.3 - 1.3	0.7	Mineraldünger: 13- 191, Phosphatfreie < 1.0	- Kompost.de, 2006, - toxcenter.de, Hollenstein P. 2006
Vanadium (Vn)	4.7 - 49	34.5	Dünger: < 2 - 165 (n=23)	- Marktkontrolle Dünger 2004, AUE BL

**Tabelle 5: Schwer- und Halbmetallgehalte in den Kompost-, Presswasser- und Reifegülleproben (in mg/kg TS)**

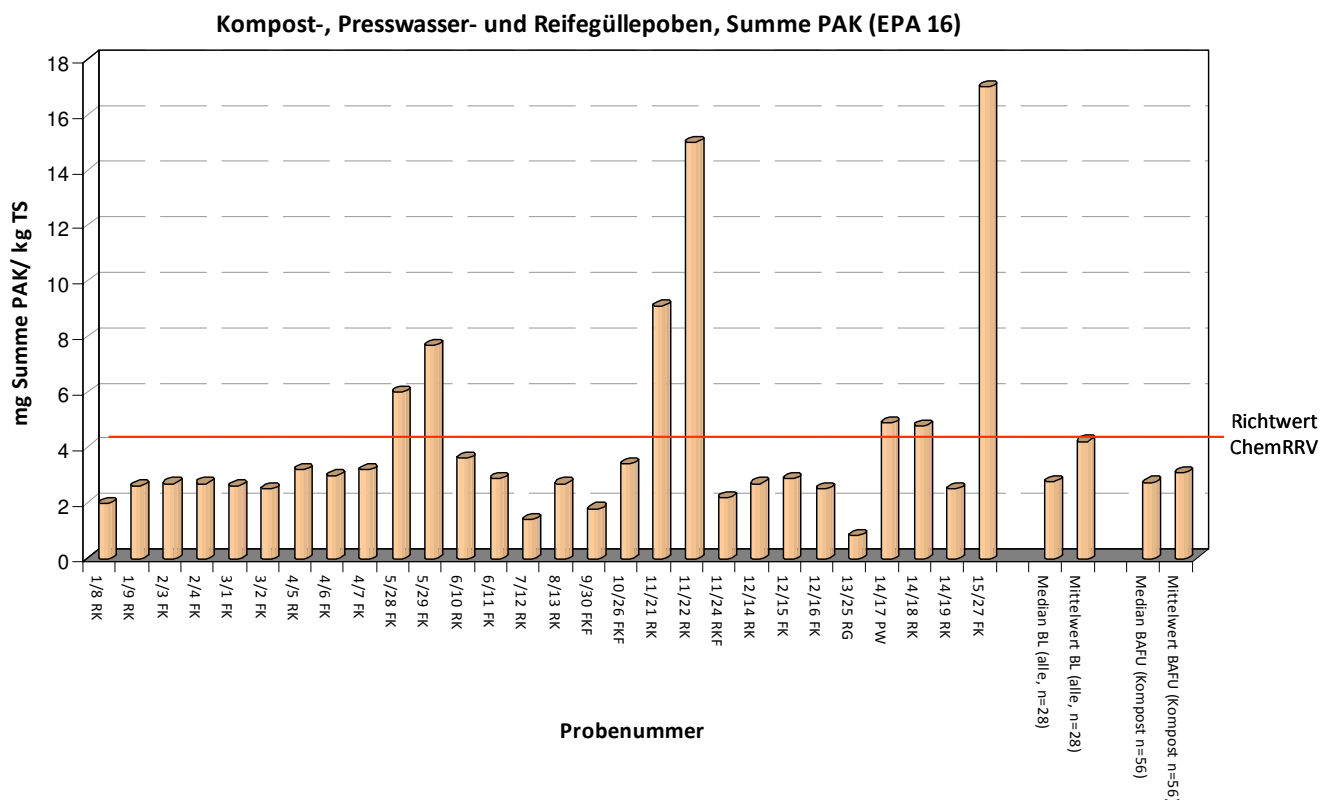
In früheren gesetzlichen Vorgaben galt beim Chrom für Kompost ein Grenzwert von 100 mg/kg TS. Bei diesem Element finden sich zwei Werte im Bereich und mit 120 mg/kg auch über diesem Wert. Diese Probe stammt aus einer Anlage, welche Strassenwischgut mitkompostiert. Alle weiteren der mituntersuchten Schwer- oder Halbmetalle zeigten keine auffälligen Gehalte.

#### 4.2 Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Polyaromatische Biphenyle (PCB)

Polychlorierte Kohlenwasserstoffe (PAK) entstehen bei der Pyrolyse (unvollständige Verbrennung) von organischem Material (z. B. Kohle, Heizöl, Kraftstoff, Holz, Tabak) und sind deswegen weltweit nachzuweisen. Der überwiegende Anteil der PAK stammt heute aus anthropogenen Prozessen, sie können aber auch natürlichen Ursprungs sein (Waldbrände). Zahlreiche der PAK sind nachweislich krebserregend (Wikipedia 2011).

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind giftige und krebserregende chemische Chlorverbindungen, die bis in die 1980er Jahre vor allem in Transformatoren, elektrischen Kondensatoren, in Hydraulikanlagen als Hydraulikflüssigkeit, in Isoliermitteln, als Weichmachern in Dichtungsmassen sowie als Additive in Anstrichen (z.B. Korrosionsschutzbeschichtungen) verwendet wurden. PCB zählen zu den in der Stockholmer- POP- Konvention vom 22. Mai 2001 international geächteten und als "The dirty Dozen" bezeichneten 12 organischen Giftstoffen, die seither weltweit verboten sind. PCB sind persistent, bioakkumulierbar und haben sich über atmosphärische Prozesse über die ganze Erde verteilt. Sie sind praktisch überall in der Umwelt nachweisbar und reichern sich im Fettgewebe der Säugetiere und Menschen an (Wikipedia 2011).

## Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)



RK = Reifekompost, FK = Frischkompost, FKF = Frischkompostfeldrandmiete, RKF = Reifekompostfeldrandmiete, RG = Reifegülle, PW = Presswasser

**Diagramm 2: Darstellung der PAK- Gehalte aller untersuchten Kompost- Presswasser- und Reifegülleprobe**

25 % aller untersuchten Kompostproben weisen Gehalte über 4 mg PAK/kg TS Kompost auf, liegen also über dem Richtwert der ChemRRV. Dabei sind keine Tendenzen oder Abweichungen zwischen Agglomerations- und ländlichen Einzugsgebieten zu erkennen. Deutliche Richtwertüberschreitungen weisen einzig Komposte auf, welche aus Anlagen stammen, die Sammelgut aus den Strassenrandbereichen und Strassenwischgut mitverarbeiten.

Im Vergleich zur BAFU-Studie liegen die Medianwerte bei beiden Untersuchungen in der gleichen Grössenordnung. Hingegen zeigt der Mittelwert, wegen deutlichen höheren Maximalwerten bei der Baselbieter-Untersuchung, einen über dem RW ChemRRV liegenden Wert (Maximalwert BAFU 2007 bei 10.05, AUE BL 2011 17.0 mg/kg TS Kompost, siehe dazu Tabelle 5).

Kompost, Presswasser und Reifegülle, in mg/kg TS	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Kt. Basel-Landschaft 2011 Summe <b>PAK</b> EPA 16, n= 28	0.83	17.00	4.23	2.80
BAFU 2007 Summe <b>PAK</b> EPA16, n= 56, nur Komposte	0.60	10.05	3.10	2.75

**Tabelle 6: Gehalte PAK der untersuchten Komposte, Presswasser und Reifegülle im Kt. Basel-Landschaft mit Gegenüberstellung Messwerte BAFU 2007, n= Anzahl untersuchte Proben**

Wir gehen davon aus, dass ein beträchtlicher Teil des anfallenden Kompostes in der näheren Umgebung der jeweiligen Anlage ausgebracht wird. Die ChemRRV gibt maximale Ausbringungsmengen pro Fläche und Zeit vor. Nachfolgend findet sich eine Abschätzung, nach wie vielen Jahren der Richtwert PAK gemäss VBBo bei der Ausschöpfung der erlaubten Maximalausbringungsmenge erreicht wird. Die Abschätzung beruht auf der Annahme von 10 t Kompost/ha/a, bezogen auf die obersten 20 cm Boden mit einer Dichte von 1.4 kg/l Bodenvolumen und das in dem Boden keine Vorbelastung mit PAK vorliegt (Nullgehalt).

$$\frac{10'000 \text{ kg Komp./a/ha} * 0.00001 \text{ kg PAK/ kg Komp.}}{2'800'000 \text{ kg Boden/ha (10'000 m}^2 * 0.2 \text{ m} * 1.4 \text{ kg/l)}} = \frac{1 \text{ mg (RW VBBo)}}{0.036 \text{ mg PAK/kg Boden/a}} = \mathbf{27.8 \text{ Jahre}}$$

Bei einem PAK- Schadstoffgehalt entsprechend dem Richtwert (**4 mg/kg Kompost**) wäre der Richtwert im Boden gemäss VBBo nach **71.4**, bei oben angenommenen **10 mg/ kg TS** bei **27.8** Jahren und bei einem PAK- Schadstoffgehalt von **15 mg/kg Kompost** nach **18.5** Jahren erreicht.

Der Medianwert von nicht beeinflussten (z.B. nicht in Strassennähe) Landwirtschaftsböden liegt im Kt. Basel-Landschaft bei PAK bei 0.24 mg/kg TS (AUE BL 2010). Wird von diesem Medianwert ausgegangen, ist der Richtwert für PAK gemäss VBBo bei einem Gehalt von **10 mg PAK/kg Kompost** schon nach **21 Jahren** erreicht.

### Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Die verwendete Messmethode weist bei den gemessenen Kongeneren eine Bestimmungsgrenze (BG) von 0.005 mg/kg auf. Dementsprechend wurde bei der Summe der 7 Kongeneren die BG auf 0.035 mg/kg TS festgelegt. Dadurch lassen sich die Messwerte der BAFU-Studie 2007 mit den vorliegenden nur bedingt vergleichen (siehe Tabelle 6). Messwerte über der BG von 0.035 mg/kg fanden sich bei den 28 untersuchten Kompostproben einzig bei zwei Proben (0.043 und 0.18 mg/kg TS). Dabei zeigt die höher belastete einen beinahe doppelten Gehalt gegenüber dem Höchstgehalt der BAFU-Studie. In der ChemRRV werden keine Grenz- oder Richtwerte für diese Schadstoffe ausgewiesen. Behelfsmässig kann als Vergleichsregelwerk die VBBo beigezogen werden. In der Bodenverordnung liegt bei der Summe PCB (7 Kongeneren) der Prüfwert bei 0.1 mg /kg Boden. Bei Überschreitung des Prüfwertes in Böden müssen Gefährdungsabschätzungen für Mensch, Tier und Pflanze gemacht werden und bei Bedarf müssen Nutzungseinschränkungen auferlegt werden. Der Kompost mit dem Gehalt von 0.18 mg PCB/kg TS stammt von einem Betrieb, der Strassenwischgut mitverarbeitet.

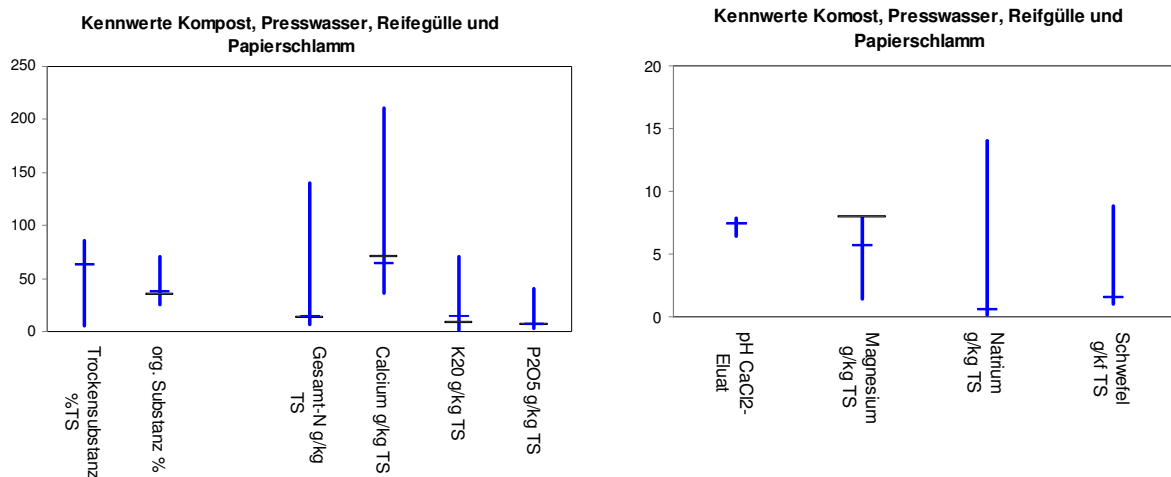
Kompost, Presswasser und Reife-gülle, in mg/kg TS	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Kt. Basel-Landschaft 2011 Summe <b>PCB</b> 7 Kongeneren, n= 28	< 0.035 <sup>1)</sup>	0.180	-	-
BAFU 2007 Summe <b>PCB</b> 7 Kongeneren, n= 56, nur Komposte	0.009	0.102	0.030	0.025

<sup>1)</sup> Bestimmungsgrenze der verwendeten Messmethode (es fanden sich nur zwei Werte mit 0.042 und 0.180 mg/kg TS über der Bestimmungsgrenze)

**Tabelle 7: Gehalte an PCB der untersuchten Komposte und Presswasser im Kt. Basel-Landschaft mit Gegenüberstellung Messwerte BAFU 2007, n= Anzahl untersuchen Proben**

### 4.3 Nährstoffergebnisse

Kompost wird in erster Linie als Bodenverbesserer (Erhöhung organische Substanz) eingesetzt, daneben als Dünger. Gemäss der Düngerbuch- Verordnung gilt Kompost als Recyclingdünger und fliesst dementsprechend in die Nährstoffbilanzierung der landwirtschaftlichen Betriebe ein. Nachfolgend werden in den Grafiken die Minimal- bis Maximalwerte sowie die Medianwerte der untersuchten Proben bezüglich pH, organische Substanz sowie den verschiedenen Nährstoffe dargestellt. Gemäss FAC (FAC Liebefeld 1995) sind grosse Gehaltsschwankungen möglich. In den Grafiken werden auch die Durchschnittswerte dargestellt, entnommen aus obiger Schrift.



**Diagramm 3 und 4: Kennwerte Kompost, Presswasser, Reifegülle und Papierschlamm, Minimum - Maximum und Median (blau) sowie durchschnittliche Gehalte Kompost gemäss FAC 1995 (keine Vorgaben für TS, pH, Na und S)**

Erwartungsgemäss weisen das Presswasser und die Reifegülle sehr hohe Gehalte beim Gesamt-Stickstoff und gleichzeitig wenig Trockensubstanz auf. Die beiden Papierschlämme weisen mit Abstand die höchsten Calciumgehalte auf. Alle Komposte, welche Anteile von Strassenwischgut oder Strassenrandmaterial enthalten, weisen eher tiefe Gehalte bei den Nährstoffen Gesamt-Stickstoff und Phosphor auf.

Allgemein bewegen sich die Gehalte in den zu erwartenden Schwankungsbereichen. Auffälligkeiten zeigen einzig die vorerwähnten Proben. Detaillierte Angaben finden sich in den Analyseberichten.

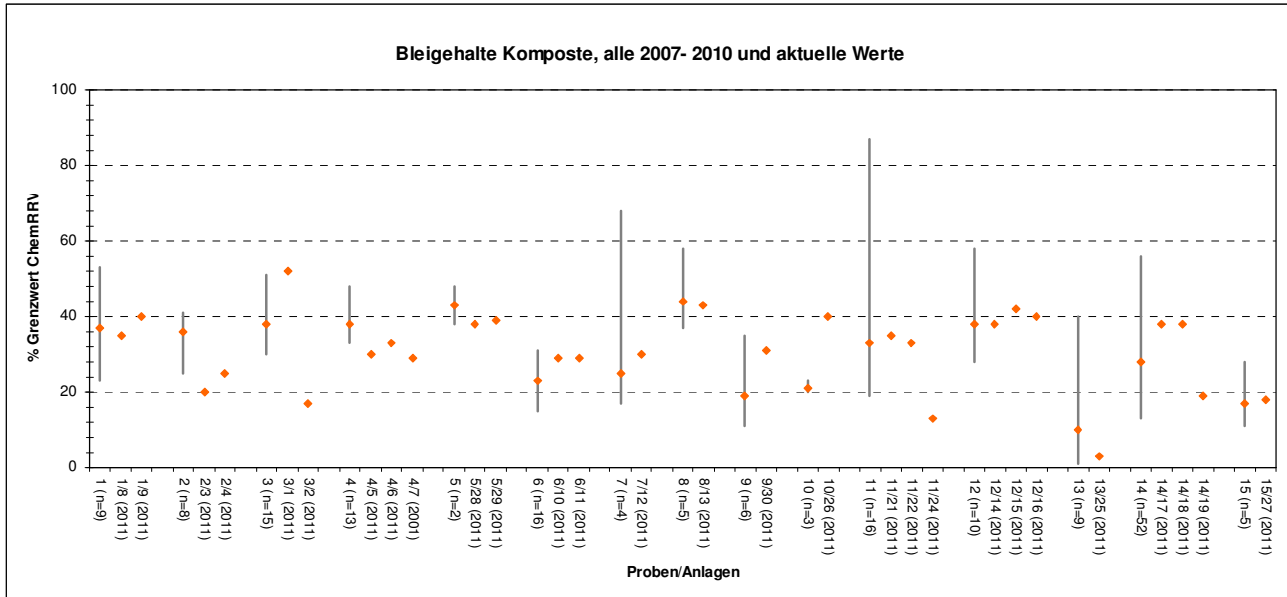
### 4.4 Papierschlämme

Die beiden untersuchten Papierschlämme (von zwei verschiedenen papierherstellenden Betrieben, Probennummern 14/20 und 11/23) wiesen bei den von uns untersuchten Elementen weder bei den anorganischen noch bei den organischen Schadstoffen und auch bei den Nährstoffen keine Auffälligkeiten auf.

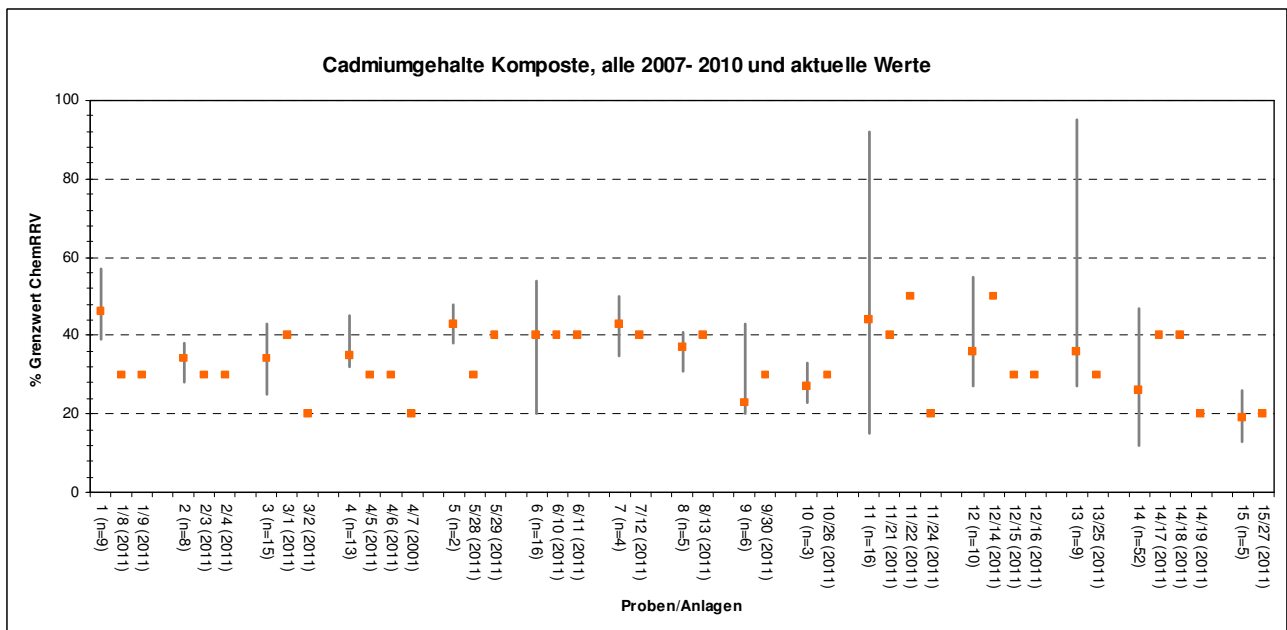
### 4.5 Verlässlichkeit der durch die Betreiber erhobenen Analyseuntersuchungen

Die Anlagenbetreiber sind verpflichtet, jedes Jahr entsprechend ihrer Betriebsgrösse eine bis mehrere Kompostproben auf die Schad- und Nährstoffgehalte untersuchen zu lassen. Die Analysen müssen durch ein für Kompostuntersuchungen anerkanntes Labors durchgeführt werden. Gemäss Angaben auf den verschiedenen Analysenberichten werden diese Qualitätsüberprüfungen im Kt. BL durch 8

bis 9 unterschiedliche Labors durchgeführt. Auf den Analysenberichten wird zum Teil auch das Gesamtgewicht der zu untersuchenden Probemenge angegeben. Dieses beträgt zum Teil nur 1 bis 1.5 kg Kompost. Es stellt sich die Frage, wie repräsentativ eine solch kleine Probemenge ist. Zur Klärung dieser Frage wurden alle Untersuchungsergebnisse der Jahre 2007 bis 2010 (dargestellt mit Messbereich Minimum bis Maximumwert als graue Linie, Medianwert orange) den in dieser Untersuchung erhobenen Proben gegenübergestellt. Letztere werden nachfolgend am Beispiel Blei und Cadmium (umweltrelevantesten Schwermetalle) für die in der ChemRRV vorgegebenen Schwermetalle dargestellt. Skaliert sind alle Daten nach Prozentanteil des Grenzwertes. Der Grenzwert entspricht 100%. Die weiter ausgewerteten Schwermetalle finden sich im Anhang.



**Diagramm 5: Gegenüberstellung Kompost-, Presswasser- und Reifegüllehalte Blei 2007-2010 zu den aktuellen Untersuchungsdaten**



**Diagramm 6: Gegenüberstellung Kompost-, Presswasser- und Reifegüllehalte Cadmium 2007-2010 zu den aktuellen Untersuchungsdaten**



Generell finden sich im Vergleich der aktuellen Gehaltsbestimmungen zu den früheren gute Übereinstimmungen. Die Schwermetalle Zn, Ni und Cu weisen tendenziell in den aktuellen Bestimmungen höhere Gehalte auf. Zum Teil lässt sich dies mit dem Aufschluss erklären. Im Labor für Umweltanalytik wird ein Mikrowellengerät der neusten Technologie eingesetzt. Bei diesem kann gegenüber den herkömmlichen mit höherem Druck und höherer Temperatur gearbeitet werden.

## 5 Schlussfolgerungen

### 5.1 Gesamtsicht

Die untersuchten Komposte, Presswasser und Reifegülle zeigten bei den Schwermetallen mehrheitlich niedrige Gehalte (im Bereich 50% des Grenzwertes ChemRRV und tiefer). Einzig Nickel weist einen Medianwert von rund 75% des GW auf.

Bei den weiter untersuchten Schwer- und Halbmetallen weist einzig Chrom bei vielen Proben hohe Gehalte auf. Allerdings kann das mit der angewandten Aufschlusstechnik des Labors für Umweltanalytik zusammenhängen. Bekannterweise lassen sich die Totalgehalte Chrom meistens nur teilweise mit den herkömmlichen Aufschlussverfahren erfassen. Die im Labor für Umweltanalytik verwendete Methode arbeitet mit höheren Temperaturen und Drücken.

Der Vergleich der aktuell erhobenen Untersuchungsergebnisse mit den durch die Betreiber erhobenen Analyseergebnissen der Jahre 2007 - 2010 zeigen keine Auffälligkeiten und sind somit repräsentativ.

Die Nährstoffgehalte der untersuchten Proben bewegen sich erwartungsgemäss in einem grossen Schwankungsbereich und zeigen kaum Auffälligkeiten auf.

Die beiden mituntersuchten Papierschlämme zeigten in keinem der von uns untersuchten Elementen Auffälligkeiten auf.

Jede 4. untersuchte Probe zeigte bei den PAKs Gehalte über dem Richtwert der ChemRRV. Die deutlicheren RW-Überschreitungen fanden sich bei den Komposten, bei welchen Strassenwischgut und organisches Strassenrandmaterial mitkompostiert wurden. Auch der einzige sehr hohe PCB-Wert fand sich in einem solchen Kompost

### 5.2 Empfehlungen/ Massnahmen

Alle Komposte, welche Sammelgut mit Anteilen an Strassenwischgut oder Material aus dem Strassenbrandbereich enthalten, erfüllen die Qualitätsanforderungen der ChemRRV nicht. Dies zum kleineren Teil bei den Schwermetallen, bei allen aber bei den PAK-Gehalten. Gleichzeitig weisen sie auch eher niedrige Nährstoffgehalte auf. Einer dieser Komposte zeigte zudem ein unerwartet hoher PCB-Gehalt (gesetzlich nicht geregelt).

Die vorliegende Untersuchung zeigt auf, dass biogene Abfälle aus dem Strassenbereich nicht in den Kreislauf zurück geführt werden dürfen, sondern mittels thermischer Verwertung oder Deponierung entsorgt werden müssen.

Diese Vorgabe für den zukünftigen Umgang mit diesen problematischen biogenen Abfällen wird in der BAFU-Studie (2007) ebenfalls als Schlussfolgerung empfohlen (zit.: "Reduktion der PAK-Belastung von Kompost, Gärgut und Presswasser"). Im weiteren findet sich in der Positivliste der Inspek-

toratskommission der Kompostier- und Vergärbranchen der Schweiz (2006) der Hinweis unter spezielle Anforderungen "kein Strassenwischgut, keine Abrandmaterialien von Strassen". Auch in Merkblättern anderer Kantone werden diese biogenen Abfälle gleichlautend als nicht geeignet für die Kompostierung erwähnt.

## Literatur

- AUE BL (2010):** Statusbericht zur Schadstoffbelastung der Böden im Kanton Basel-Landschaft, Waser R., Praktikumsbericht (nicht veröffentlicht)
- AUE BL (2010):** Nachuntersuchung Belastungsgebiet Pratteln 2007/2010 (nicht veröffentlicht)
- AUE BL (2004):** div. Kurzberichte (nicht veröffentlicht)
- BAFU (2007):** "Kompost und Gärgut in der Schweiz", Schriftenreihe Umwelt-Wissen, Abfall 43/07
- Baudirektion Kt. Zürich (2011):** Zürcher Kompostier- und Vergärungsanlagen - Jahresbericht zu den Inspektionen 2011
- Brändli R.C. (2006),** Organic Pollutants in Swiss Compost and Digestate", Dissertation EPFL
- FAC Liebefeld (1999):** Arsen in Böden der Schweiz
- FAC Liebefeld (1995):** Kompost und Klärschlamm, Weisungen und Empfehlungen der FAC im Bereich der Abfalldünger
- Inspektoratskommission der Grüngut verarbeitenden Branche der Schweiz (2010) :** Schweizerische Qualitätsrichtlinie 2010 der Branche für Kompost und Gärgut
- Kuch B. u.a. (2007):** Untersuchung von Komposten und Gärs substraten auf organische Schadstoffe in Baden.-Württemberg
- Salathé R. (2010):** "Wohin mit dem Kompost", Master Thesis Umwelttechnik und -management, Fachhochschule Nordwestschweiz
- Schweizer Inspektorat der Kompostier- und Vergärbranche (2010):** Ergebnisse der inspezierten Anlagen in 19 Kantonen - Jahresbericht 2010

## Literatur Internet

- [http://www.kompost.de/index.php?id=452&L=0&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=296&tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=416&cHash=2ed6071878](http://www.kompost.de/index.php?id=452&L=0&tx_ttnews%5Btt_news%5D=296&tx_ttnews%5BbackPid%5D=416&cHash=2ed6071878), Uran in mineralischen Phosphatdüngern
- <http://www.toxcenter.de/artikel/Uran-auf-Aeckern.php> Uran auf Äckern
- [www.bafu.admin.ch/bodenschutz/10161/10174/index.html?lang...](http://www.bafu.admin.ch/bodenschutz/10161/10174/index.html?lang...) Vanadium in Böden der Schweiz

## Gesetze

- Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo, 1998),** SR 814.12, Stand 1. Juli 2008)
- Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngern (DüV, 2001),** SR 916.171, Stand 1. Juli 2011
- Verordnung des EDV über das Inverkehrbringen von Düngern (DüBV 2007)** SR 916.171.1, Stand 1. Jan. 2009
- Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV, 2005)** SR 814.81, Stand 1. August 2011
- Technische Verordnung über Abfälle (TVA, 1990)** SR 814.600, Stand 1. Juli 2011

## Merblätter

- Positivliste der Ausgangsmaterialien und Zuschlagsstoffe zur Herstellung von Komposten und Gärgut** Inspektoratskommission der Kompostier- und Vergärungsbranche der Schweiz, Stand 4.9.2006
- Entsorgung von Strassenwischgut** (Amt für Umweltschutz und Energie, Kt. Luzern)
- Wohin mit dem Grünmaterial aus dem Strassenunterhalt** (2006) GSA und TBA Kt. Bern
- Strassenabfälle richtig entsorgen,** Zürcher Umweltpraxis

## Anhang

### Anhang 1: Analysebericht alle Proben

#### **AUE/UAN Analysenbericht**

Projekt

KOMPOST11

Datum

05. Dez 11

Entspricht UAN-Analysenbericht #017360 vom 5-Dez-2011

<b>Probenbezeichnung</b>		<b>3.1</b>	<b>3.2</b>	<b>2.3</b>	<b>2.4</b>	<b>4.5</b>	<b>4.6</b>	<b>4.7</b>
Probenahmedatum		14. Jun 11	14. Jun 11	14. Jun 11	14. Jun 11	14. Jun 11	14. Jun 11	14. Jun 11
interne Probennummer		59687	59688	59689	59690	59691	59692	59693
Trockensubstanz	% TS	67	63	64	63	68	61	64
Glühverlust	%	55	60	57	54	36	41	46
pH CaCl <sub>2</sub> -Eluat		7.1	7.2	7.3	7	7.5	7.1	7.4
Gesamt-Stickstoff	mg/kg	11000	11000	14000	13000	13000	15000	16000
Aluminium	mg/kg	12000	11000	12000	15000	19000	19000	15000
Antimon	mg/kg	1.5	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Arsen	mg/kg	7.8	6.4	6.5	7.6	9.2	9.1	7.4
Bor	mg/kg	29	29	35	36	32	34	32
Blei	mg/kg	62	20	24	30	36	40	35
Cadmium	mg/kg	0.4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
Chrom	mg/kg	49	43	41	40	61	54	49
Cobalt	mg/kg	4.3	6.3	4.5	5.1	7.7	7.8	6.2
Eisen	mg/kg	11000	9800	12000	12000	17000	17000	13000
Kupfer	mg/kg	-	33	37	37	40	43	84
Mangan	mg/kg	340	320	360	470	500	500	440
Molybdän	mg/kg	1.5	1.3	1.7	1.4	1.3	1.3	1.3
Nickel	mg/kg	18	16	16	18	26	24	20
Quecksilber	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1
Thallium	mg/kg	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Uran	mg/kg	0.5	0.4	0.5	0.5	0.8	0.8	0.6
Vanadium	mg/kg	29	26	28	35	42	42	34
Zink	mg/kg	-	130	130	220	170	160	140
Calcium	mg/kg	61000	53000	63000	63000	51000	53000	56000
Kalium	mg/kg	9500	9200	13000	12000	12000	13000	13000
K <sub>2</sub> O	mg/kg	11000	11000	16000	14000	14000	15000	16000
Magnesium	mg/kg	3900	3700	4800	4800	5600	5600	5300
Natrium	mg/kg	400	380	480	410	640	620	520
Phosphor	mg/kg	2000	2000	2600	2900	2500	2700	2800
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/kg	4600	4600	5900	6700	5800	6200	6500
Schwefel	mg/kg	1200	1100	1700	1500	1100	1100	1400
Naphthalin	mg/kg TS	0.028	0.032	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Acenaphthylen	mg/kg TS	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Acenaphten	mg/kg TS	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Fluoren	mg/kg TS	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Phenanthren	mg/kg TS	0.16	0.17	0.071	0.086	0.14	0.16	0.1
Anthracen	mg/kg TS	0.027	0.037	<0.025	<0.025	0.031	0.025	<0.025
Fluoranthren	mg/kg TS	0.59	0.59	0.58	0.48	0.6	0.61	0.57
Pyren	mg/kg TS	0.4	0.39	0.4	0.38	0.44	0.45	0.42
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	0.22	0.19	0.26	0.25	0.27	0.26	0.29
Chrysen	mg/kg TS	0.35	0.31	0.49	0.38	0.32	0.32	0.49
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	0.23	0.2	0.26	0.26	0.31	0.26	0.31
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	0.1	0.093	0.12	0.15	0.16	0.14	0.16
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0.17	0.15	0.17	0.25	0.28	0.24	0.27
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	0.16	0.14	0.16	0.2	0.24	0.2	0.23
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	0.037	0.031	0.039	0.055	0.074	0.065	0.064
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS	0.13	0.12	0.14	0.22	0.23	0.19	0.21
<b>Summe PAK</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>2.6</b>	<b>2.5</b>	<b>2.7</b>	<b>2.7</b>	<b>3.2</b>	<b>3</b>	<b>3.2</b>
PCB-28	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-52	mg/kg TS	<0.0050	0.0077	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-101	mg/kg TS	0.005	0.007	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-118	mg/kg TS	0.0051	0.0059	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-138	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.006	0.0063	0.0055	<0.0050
PCB-153	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.007	0.0069	0.0062	<0.0050
PCB-180	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.0057	<0.0050	<0.0050	<0.0050
<b>Summe PCB (VBBo)</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>

Probenbezeichnung		1.8	1.9	6.10	6.11	7.12	8.13	12.14
Probenahmedatum		14. Jun 11	14. Jun 11	29. Jun 11	29. Jun 11	29. Jun 11	29. Jun 11	05. Jul 11
interne Probennummer		59694	59695	59729	59730	59731	59732	59758
Trockensubstanz	% TS	78	69	72	75	65	63	53
Glühverlust	%	37	38	35	33	45	34	37
pH CaCl <sub>2</sub> -Eluat		7.4	7.2	7.9	7.6	7.3	7.6	7.5
Gesamt-Stickstoff	mg/kg	18000	18000	16000	15000	20000	13000	13000
Aluminium	mg/kg	19000	19000	21000	21000	18000	17000	17000
Antimon	mg/kg	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Arsen	mg/kg	12	11	15	16	13	7	6.6
Bor	mg/kg	34	34	26	28	31	39	37
Blei	mg/kg	42	48	35	35	36	52	45
Cadmium	mg/kg	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
Chrom	mg/kg	54	54	76	66	100	56	53
Cobalt	mg/kg	6.5	6.4	6.7	7.4	6.6	7.2	10
Eisen	mg/kg	16000	16000	16000	18000	15000	15000	13000
Kupfer	mg/kg	44	43	49	52	75	55	46
Mangan	mg/kg	450	450	540	520	470	490	470
Molybdän	mg/kg	2	2	3.2	1.6	9.4	1.3	1.3
Nickel	mg/kg	21	21	36	28	53	24	24
Quecksilber	mg/kg	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.2
Thallium	mg/kg	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Uran	mg/kg	0.7	0.7	1.2	0.9	0.8	0.8	1.3
Vanadium	mg/kg	46	45	45	48	41	35	32
Zink	mg/kg	160	160	160	160	160	160	160
Calcium	mg/kg	77000	77000	53000	60000	60000	52000	66000
Kalium	mg/kg	20000	19000	14000	16000	16000	13000	7200
K <sub>2</sub> O	mg/kg	24000	22000	17000	19000	19000	16000	8600
Magnesium	mg/kg	6700	6500	5200	5600	5300	6000	5400
Natrium	mg/kg	670	620	1500	950	800	690	2000
Phosphor	mg/kg	4000	3800	3000	3000	3400	3400	2400
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/kg	9100	8700	6900	6800	7700	7800	5600
Schwefel	mg/kg	2100	2000	1600	1700	1800	1500	1300
Naphthalin	mg/kg TS	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Acenaphthylen	mg/kg TS	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Acenaphthen	mg/kg TS	<0.025	<0.025	0.12	0.036	<0.025	<0.025	<0.025
Fluoren	mg/kg TS	<0.025	<0.025	0.13	0.046	<0.025	<0.025	<0.025
Phenanthren	mg/kg TS	0.066	0.049	0.56	0.28	0.075	0.045	0.059
Anthracen	mg/kg TS	<0.025	<0.025	0.064	0.049	<0.025	<0.025	<0.025
Fluoranthren	mg/kg TS	0.3	0.3	0.76	0.6	0.22	0.28	0.25
Pyren	mg/kg TS	0.23	0.24	0.53	0.47	0.15	0.25	0.18
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	0.16	0.25	0.21	0.21	0.099	0.28	0.19
Chrysen	mg/kg TS	0.31	0.39	0.29	0.28	0.17	0.48	0.42
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	0.23	0.32	0.24	0.22	0.17	0.37	0.43
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	0.12	0.16	0.12	0.11	0.076	0.18	0.16
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0.17	0.27	0.22	0.2	0.14	0.24	0.32
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	0.2	0.25	0.18	0.16	0.14	0.21	0.3
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	0.05	0.072	0.046	0.044	0.036	0.07	0.085
Benzo(ghi)perylene	mg/kg TS	0.17	0.23	0.15	0.14	0.12	0.2	0.27
<b>Summe PAK</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>2</b>	<b>2.6</b>	<b>3.6</b>	<b>2.9</b>	<b>1.4</b>	<b>2.7</b>	<b>2.7</b>
PCB-28	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-52	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-101	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.0065	0.0054
PCB-118	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.0073	<0.0050
PCB-138	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050	0.0052	<0.0050	<0.0050	0.0095	0.008
PCB-153	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.0097	0.0072
PCB-180	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.0066	<0.0050
<b>Summe PCB (VBBo)</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>0.042</b>	<b>&lt;0.035</b>

<b>Probenbezeichnung</b>		<b>12.15</b>	<b>12.16</b>	<b>14.17</b>	<b>14.18</b>	<b>14.19</b>	<b>14.20</b>	<b>11.21</b>
Probenahmedatum		05. Jul 11	05. Jul 11	05. Jul 11	05. Jul 11	05. Jul 11	05. Jul 11	12. Jul 11
interne Probennummer		59759	59760	59761	59762	59763	59764	59777
Trockensubstanz	% TS	57	51	16	64	58	63	61
Glühverlust	%	36	40	41	42	37	40	35
pH CaCl <sub>2</sub> -Eluat		7.7	7.7	-	7	7	7.4	7.7
<b>Gesamt-Stickstoff</b>	<b>mg/kg</b>	<b>11000</b>	<b>12000</b>	<b>31000</b>	<b>13000</b>	<b>12000</b>	<b>-</b>	<b>14000</b>
Aluminium	mg/kg	18000	15000	19000	17000	16000	17000	21000
Antimon	mg/kg	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Arsen	mg/kg	7.5	6	7.4	6.8	5.1	0.5	10
Bor	mg/kg	35	35	35	26	29	<10	44
Blei	mg/kg	50	48	45	45	23	9.4	42
Cadmium	mg/kg	0.3	0.3	0.4	0.4	0.2	0.2	0.4
Chrom	mg/kg	58	46	57	33	41	13	56
Cobalt	mg/kg	10	8.9	6.6	6	4.7	<1.0	7.1
Eisen	mg/kg	15000	12000	15000	13000	11000	710	16000
Kupfer	mg/kg	42	38	60	28	35	24	57
Mangan	mg/kg	480	400	470	430	390	14	510
Molybdän	mg/kg	1.1	1	2.6	<1.0	1.3	<1.0	1.3
Nickel	mg/kg	26	21	24	13	17	6.2	23
Quecksilber	mg/kg	0.2	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.1
Thallium	mg/kg	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Uran	mg/kg	1	1	0.9	0.9	0.8	0.3	0.7
Vanadium	mg/kg	37	31	38	33	32	5.2	44
Zink	mg/kg	140	140	200	170	100	33	170
Calcium	mg/kg	59000	65000	36000	50000	81000	200000	73000
Kalium	mg/kg	9100	8400	26000	20000	9800	<100	15000
K <sub>2</sub> O	mg/kg	11000	10000	31000	24000	12000	<120	18000
Magnesium	mg/kg	5700	5400	6500	6300	6200	1400	6700
Natrium	mg/kg	1500	1800	3800	2500	1000	460	610
Phosphor	mg/kg	2200	2200	5700	4700	3000	1200	3700
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/kg	5100	5000	13000	11000	6800	2800	8500
Schwefel	mg/kg	1200	1400	3000	2300	1300	1200	2300
Naphthalin	mg/kg TS	<0.025	<0.025	0.065	<0.025	<0.025	0.049	0.028
Acenaphthylen	mg/kg TS	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Acenaphthen	mg/kg TS	<0.025	<0.025	0.15	<0.025	<0.025	0.037	0.042
Fluoren	mg/kg TS	<0.025	<0.025	0.18	<0.025	<0.025	0.033	0.047
Phenanthren	mg/kg TS	0.045	0.05	0.68	0.079	0.11	0.29	0.47
Anthracen	mg/kg TS	<0.025	<0.025	0.15	<0.025	<0.025	<0.025	0.15
Fluoranthren	mg/kg TS	0.3	0.27	0.76	0.6	0.45	0.043	1.2
Pyren	mg/kg TS	0.18	0.16	0.56	0.55	0.33	<0.025	0.9
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	0.23	0.18	0.26	0.46	0.2	<0.025	0.9
Chrysen	mg/kg TS	0.35	0.34	0.38	0.65	0.26	<0.025	1.1
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	0.44	0.39	0.38	0.58	0.29	<0.025	1
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	0.19	0.15	0.28	0.31	0.14	<0.025	0.49
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0.33	0.27	0.39	0.51	0.21	<0.025	1.1
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	0.34	0.29	0.26	0.46	0.21	<0.025	0.77
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	0.1	0.083	0.14	0.14	0.064	<0.025	0.22
Benzo(ghi)perylene	mg/kg TS	0.31	0.26	0.28	0.39	0.18	<0.025	0.67
<b>Summe PAK</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>2.9</b>	<b>2.5</b>	<b>4.9</b>	<b>4.8</b>	<b>2.5</b>	<b>0.56</b>	<b>9.1</b>
PCB-28	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-52	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-101	mg/kg TS	<0.0050	0.0065	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-118	mg/kg TS	<0.0050	0.0059	0.0069	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-138	mg/kg TS	0.0052	0.0091	0.014	0.0052	0.0059	<0.0050	0.007
PCB-153	mg/kg TS	0.0055	0.0088	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.0067
PCB-180	mg/kg TS	<0.0050	0.0052	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
<b>Summe PCB (VBBö)</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>0.038</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>

<b>Probenbezeichnung</b>		<b>11.22</b>	<b>11.23</b>	<b>11.24</b>	<b>13.25</b>	<b>10.26</b>	<b>15.27</b>	<b>5.28</b>
Probenahmedatum		12. Jul 11	12. Jul 11	12. Jul 11	12. Jul 11	09. Aug 11	09. Aug 11	09. Aug 11
interne Probennummer		59778	59779	59780	59781	60082	60083	60084
Trockensubstanz	% TS	55	55	83	5.7	86	64	64
Glühverlust	%	25	32	42	70	36	34	32
pH CaCl2-Eluat		7.2	6.4	7.2	-	7.1	7.1	7.5
Gesamt-Stickstoff	mg/kg	7100	-	14000	140000	11000	15000	7500
Aluminium	mg/kg	10000	21000	20000	3000	21000	15000	19000
Antimon	mg/kg	5.4	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.1	<1.0
Arsen	mg/kg	5.6	0.4	3.1	2.2	11	9.3	11
Bor	mg/kg	26	<10	35	39	32	29	32
Blei	mg/kg	40	6.1	15	3.8	48	21	45
Cadmium	mg/kg	0.5	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3
Chrom	mg/kg	120	23	47	11	59	51	55
Cobalt	mg/kg	7.1	<1.0	2.8	1.7	7.2	5.3	6.1
Eisen	mg/kg	15000	1400	6500	3700	17000	14000	15000
Kupfer	mg/kg	100	16	39	100	57	32	37
Mangan	mg/kg	380	47	240	340	510	390	400
Molybdän	mg/kg	3.8	1.2	1.1	4.4	1.1	1.7	<1.0
Nickel	mg/kg	44	3.6	19	6.9	22	18	20
Quecksilber	mg/kg	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Thallium	mg/kg	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Uran	mg/kg	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.6	0.7
Vanadium	mg/kg	29	4.7	18	8.4	49	39	42
Zink	mg/kg	350	17	64	410	150	130	130
Calcium	mg/kg	100000	210000	150000	36000	78000	120000	120000
Kalium	mg/kg	4000	600	4900	59000	12000	11000	8200
K2O	mg/kg	4800	730	5900	71000	14000	14000	9800
Magnesium	mg/kg	4400	8200	7500	7700	5200	5700	6200
Natrium	mg/kg	840	150	440	14000	600	360	360
Phosphor	mg/kg	1400	2300	2600	18000	2500	2500	1800
P2O5	mg/kg	3200	5300	5900	41000	5700	5700	4100
Schwefel	mg/kg	1500	1500	1600	8800	1400	1800	1100
Naphthalin	mg/kg TS	0.086	0.045	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Acenaphthylen	mg/kg TS	0.03	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.033	<0.025
Acenaphten	mg/kg TS	0.067	0.037	<0.025	0.07	0.075	0.1	0.033
Fluoren	mg/kg TS	0.078	<0.025	<0.025	0.028	0.035	0.11	0.027
Phenanthren	mg/kg TS	0.49	0.1	0.12	0.17	0.24	0.68	0.23
Anthracen	mg/kg TS	0.099	<0.025	<0.025	<0.025	0.047	0.28	0.054
Fluoranthen	mg/kg TS	2	<0.025	0.35	0.16	0.61	2.5	0.88
Pyren	mg/kg TS	1.7	0.025	0.27	0.11	0.48	2.1	0.66
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	1.1	<0.025	0.16	0.036	0.27	1.7	0.56
Chrysen	mg/kg TS	1.7	<0.025	0.27	0.049	0.37	2.1	0.73
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg TS	1.7	<0.025	0.23	0.041	0.29	1.7	0.65
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg TS	0.76	<0.025	0.11	<0.025	0.16	0.91	0.33
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	1.7	<0.025	0.2	0.042	0.29	2.1	0.7
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	1.4	<0.025	0.21	0.027	0.24	1.4	0.53
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	0.38	<0.025	0.051	<0.025	0.064	0.38	0.16
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS	1.3	<0.025	0.17	0.028	0.23	1.2	0.45
<b>Summe PAK</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>15</b>	<b>&lt;0.40</b>	<b>2.2</b>	<b>0.83</b>	<b>3.4</b>	<b>17</b>	<b>6</b>
PCB-28	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-52	mg/kg TS	0.0084	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-101	mg/kg TS	0.023	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-118	mg/kg TS	0.015	<0.0050	0.0052	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-138	mg/kg TS	0.047	<0.0050	0.006	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-153	mg/kg TS	0.046	<0.0050	0.0063	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
PCB-180	mg/kg TS	0.046	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	0.0071	<0.0050
<b>Summe PCB (VBo)</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>0.18</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>



<b>Probenbezeichnung</b>		<b>5.29</b>	<b>9.30</b>
Probenahmedatum		09. Aug 11	09. Aug 11
interne Probennummer		60085	60086
Trockensubstanz	% TS	57	75
Glühverlust	%	36	54
pH CaCl <sub>2</sub> -Eluat		7.4	7.5
Gesamt-Stickstoff	mg/kg	14000	22000
Aluminium	mg/kg	12000	13000
Antimon	mg/kg	1.3	<1.0
Arsen	mg/kg	8.7	8.1
Bor	mg/kg	31	26
Blei	mg/kg	47	37
Cadmium	mg/kg	0.4	0.3
Chrom	mg/kg	58	36
Cobalt	mg/kg	4.9	4.8
Eisen	mg/kg	12000	12000
Kupfer	mg/kg	45	40
Mangan	mg/kg	370	380
Molybdän	mg/kg	2.4	1.8
Nickel	mg/kg	24	16
Quecksilber	mg/kg	<0.1	<0.1
Thallium	mg/kg	<1.0	<1.0
Uran	mg/kg	0.6	0.6
Vanadium	mg/kg	30	31
Zink	mg/kg	170	170
Calcium	mg/kg	120000	94000
Kalium	mg/kg	12000	19000
K <sub>2</sub> O	mg/kg	14000	23000
Magnesium	mg/kg	7000	6000
Natrium	mg/kg	630	920
Phosphor	mg/kg	2700	3500
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/kg	6100	8100
Schwefel	mg/kg	2100	2700
Naphthalin	mg/kg TS	<0.025	<0.025
Acenaphthylen	mg/kg TS	<0.025	<0.025
Acenaphthen	mg/kg TS	<0.025	<0.025
Fluoren	mg/kg TS	<0.025	<0.025
Phenanthren	mg/kg TS	0.13	0.12
Anthracen	mg/kg TS	0.048	<0.025
Fluoranthren	mg/kg TS	0.8	0.26
Pyren	mg/kg TS	0.63	0.21
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	0.79	0.14
Chrysen	mg/kg TS	1.2	0.19
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	0.95	0.2
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	0.47	0.096
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	1	0.2
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	0.77	0.16
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	0.21	0.043
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS	0.67	0.14
<b>Summe PAK</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>7.7</b>	<b>1.8</b>
PCB-28	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050
PCB-52	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050
PCB-101	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050
PCB-118	mg/kg TS	<0.0050	<0.0050
PCB-138	mg/kg TS	0.007	0.0052
PCB-153	mg/kg TS	0.0077	<0.0050
PCB-180	mg/kg TS	0.0056	<0.0050
<b>Summe PCB (VBBö)</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>&lt;0.035</b>	<b>&lt;0.035</b>

Anhang 2: Vergleich frühere Untersuchungsergebnisse zu den aktuellen

