

# Produkte von Kompostier- und Vergärungsanlagen Qualitätsuntersuchung 2016



Liestal, Juni 2017

## **Impressum**

Herausgeber:  
Kanton Basel-Landschaft  
Bau- und Umweltschutzdirektion  
Amt für Umweltschutz und Energie (AUE)  
Rheinstrasse 29  
4410 Liestal

Verantwortlicher Fachstellenleiter:  
Dominic Utinger

Projektleitung und Bericht:  
Monika Bolliger und Daniel Schmutz

Probenahmen und Analytik:  
Monika Bolliger, Daniel Schmutz, Jenny Jenzer, Marcel  
Beck, Iwan Fankhauser, Sabrina Roth

Verdankung:  
Den insgesamt 12 Betrieben im Kanton Basel-  
Landschaft, welche 15 Kompostier- und Vergäranlagen  
betreiben, wird für die Kooperation und die Unterstützung  
dieser Studie gedankt.

Inhaltsverzeichnis	
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>6</b>
1.1 Hintergrund .....	6
1.2 Mengenbetrachtung Kompost und Gärgut.....	6
1.3 Ziele der Qualitätsüberprüfung Kompost und Gärgut.....	7
<b>2. Rechtliche Vorgaben und massgebende 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>8</b>
3.1 Probenahmen .....	8
3.2 Übersicht der erhobenen Proben.....	9
3.3 Probenaufarbeitungen und -analysen.....	10
<b>4. Umweltrelevanz der untersuchten Schadstoffe</b> .....	<b>11</b>
<b>5. Ergebnisse und Bewertung</b> .....	<b>12</b>
5.1 Schwermetalle und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (ChemRRV) .....	12
5.2 Weitere gemessene Schwermetalle .....	14
5.3 Polychlorierte Biphenyle (PCP) und Organochlorpestizide (OCP) .....	15
5.4 Kokzidiostatika und Bisphenol-A .....	16
5.5 Kunststoffanteile .....	16
5.6 Vergleich der Messwerte der vorliegenden Studie mit weiteren Untersuchungen .....	17
<b>6. Schlussfolgerungen und Massnahmen</b> .....	<b>19</b>
<b>8. Literatur</b> .....	<b>21</b>
8.1 Zitierte Literatur .....	21
8.2 Weiterführende Literatur .....	21
8.3 Rechtliche Grundlagen .....	22
8.4 Richtlinien und Merkblätter .....	22
<b>Anhang</b> .....	<b>23</b>
Anhang 1: Analysedaten Schwermetalle, PAK, PCB, und Kunststoffanteil .....	23
Anhang 2: Analysedaten Kokzidiostatika.....	26
Anhang 3: Analysedaten Organochlorpestizide (OCP) .....	27
Anhang 4: Analysedaten sämtliche Schwermetalle.....	28
Anhang 5: Grafische Darstellung der Schwermetall- und PAK-Gehalte .....	32
Anhang 6: Analysedaten Bisphenol-A .....	33

## Zusammenfassung

Im Jahr 2016 wurde durch das Amt für Umweltschutz und Energie (AUE) des Kantons Basel-Landschaft eine Qualitäts- und Erfolgskontrolle bei Produkten von Kompostier- und Vergärungsanlagen durchgeführt. Dabei wurden insgesamt 47 Einzelproben von Kompost beziehungsweise Gärgut von 15 Kompostier- und Vergärungsanlagen erhoben und auf Schad- und Fremdstoffe analysiert.

Das Analysenspektrum umfasste dabei die in der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) geregelten Schwermetalle, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie den Anteil an Kunststoffen. Zudem wurden die Konzentrationen von weiteren 19 Schwer- und Halbmetallen, Nährstoffen sowie polychlorierten Biphenylen (PCB) in Kompost und Gärgut bestimmt. Bei einigen ausgewählten Proben wurden im Weiteren die Gehalte an Organochlorpestiziden (OCP), von Bisphenol-A (BPA) sowie von Kokzidiostatikas (Gruppe von veterinärmedizinischen Arzneimitteln) ermittelt.

Diese Studie dient in erster Linie der Qualitätskontrolle der Produkte Kompost und Gärgut von Kompostier- und Vergärungsanlagen, sowie der Erfolgskontrolle fünf Jahre nach der letzten Studie (Interkantonale Marktkontrolle Dünger 2011; Teil Recyclingdünger (Kompost, Gärgut)). Die Erkenntnisse wurden zudem mit den Resultaten der regelmässigen Kontrollen des Inspektorats der Kompostier- und Vergärungsbranche (CVIS-Datenbank: 2013 bis 2015; Schwermetall-Analysenwerte von rund 1'500 Proben) verglichen.

In Kompostier- und Vergärungsanlagen werden biogene Abfälle aus kommunalen Separatsammlungen („Grüngutsammlungen“, „Bioklappen“ etc.), aus Industrie und Gewerbe, aus der Landwirtschaft sowie aus dem Unterhalt von Grünflächen verwertet. Im Kanton Basel-Landschaft werden drei Vergärungs- und zwölf gewerbliche Kompostieranlagen betrieben. Die flüssigen und festen Gärrückstände aus Vergärungsanlagen sowie der bei der Kompostierung gebildete Kompost werden als Dünger und Bodenverbesserer der landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt oder im Gartenbau eingesetzt.

Aus ökologischer Sicht ist die Vergärung oder Kompostierung von biogenen Abfällen sinnvoller als deren Verbrennung. Indem das Gärgut und der Kompost landwirtschaftlich verwertet werden, können die darin enthaltenen Nährstoffe in die Stoffkreisläufe zurückgeführt werden. Dies entspricht dem Gedanken der Kreislaufwirtschaft und zudem wird dadurch der Bedarf an Kunstdünger reduziert. Zentral dabei ist aber die gute Qualität von Kompost und Gärgut. Stofflich belastete oder mit Fremdstoffen kontaminierte biogene Abfälle müssen konsequent von der Vergärung und Kompostierung ausgeschlossen werden, so dass keine Schad- und Fremdstoffe mit den Produkten Kompost und Gärgut im Boden diffus verteilt werden. Im Vergleich zur Kompostierung bringt die Vergärung zudem den Vorteil, dass die biogenen Abfälle durch die Bildung von Biogas auch energetisch genutzt werden.

### Analysenergebnisse der rechtlich geregelten Schad- und Fremdstoffe

- Die 47 Proben wurden auf sechs Schwermetalle untersucht. Von den daraus resultierenden 282 Messwerten liegen nur drei (weniger als 1 %) über dem jeweiligen Grenzwert gemäss der Chemikalien-Risikoreduktionsverordnung (ChemRRV). Der Maximalwert liegt dabei rund 60 % über dem Grenzwert.
- Betreffend PAK weisen 8 der 47 untersuchten Proben Richtwertüberschreitungen auf. Dies entspricht 17 % der Proben. Der Maximalwert liegt dabei ca. 40 % über dem Richtwert für PAK.
- Bei insgesamt 30 Proben wurde der Anteil an Kunststoffen bestimmt. 12 Proben zeigen dabei eine Überschreitung des Grenzwerts gemäss ChemRRV. Dies entspricht 40 %. Dabei muss erwähnt werden, dass gegenwärtig zur Analyse des Kunststoffgehaltes in Kompost keine standardisierte Methodik zur Verfügung steht.

Erfreulicherweise zeigt die aktuelle Untersuchung gegenüber der Kontrolle 2011 eine Verbesserung der Kompost- und Gärgutqualität. Eine besonders deutliche Qualitätsverbesserung wurde bei PAK festgestellt. Dies zeigt, dass die nach der Kontrolle 2011 eingeleiteten Massnahmen zur Reduktion der PAK-Belastung zielführend waren.

Im Vergleich mit den Untersuchungsdaten des Inspektorats der Kompostier- und Vergärungsbranche (CVIS-Datenbank) finden sich in den Proben aus dem Kanton Basel-Landschaft leicht höhere Medianwerte bei Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber. Betreffend Cadmium ist ein Zusammenhang mit

den geogen bedingt höheren Cadmiumgehalten in den Böden im Kanton Basel-Landschaft denkbar. Bei den drei anderen genannten Metallen sind die Gründe unbekannt.

### **Analysenergebnisse der weiteren untersuchten Schadstoffe**

- Von den insgesamt 47 Proben weisen betreffend polychlorierte Biphenyle (PCB) zwei Proben Auffälligkeiten auf. Die PCB-Gehalte in diesen Proben liegen über dem halben Prüfwert gemäss der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo). Bei einer der beiden Proben wird gar der Prüfwert gemäss VBBo deutlich überschritten.
- Bei den 19 untersuchten Schwer- und Halbmetallen sowie den Nährstoffen zeigen sich beim Natrium bei den Gärgutproben im Vergleich zu den Kompostproben höhere Gehalte. Dies dürfte von der Verwertung von Lebensmittelabfällen und Speiseresten (Kochsalz) in Vergärungsanlagen herühren. Bei den weiteren mituntersuchten Elementen zeigten sich gegenüber den Vergleichswerten keine Auffälligkeiten.
- Keine der untersuchten Proben zeigte Auffälligkeiten betreffend Kokzidiostatika, Bisphenol-A oder Organochlorpestiziden.

### **Nutzung von Kompost und Gärgut als Dünger und Bodenverbesserer**

Die Endprodukte Kompost und flüssiges und festes Gärgut aus der Kompostierung und Vergärung werden zum grossen Teil landwirtschaftlich verwertet. Diese Produkte dienen als Dünger der Nährstoffversorgung von Kulturpflanzen. Im Weiteren wirkt sich die Zuführung organischer Substanz mit Kompost und Gärgut positiv auf die Bodenfruchtbarkeit aus.

Allfällige Schadstoffe, welche zusammen mit biogenen Abfällen in die Kompostierung und Vergärung gelangen, können sich in den Produkten Kompost und Gärgut aufkonzentrieren. Eine landwirtschaftliche Ausbringung der Produkte würde demzufolge zu einer Belastung des Bodens führen. Dies ist zu vermeiden, da der Boden als Lebens- und Produktionsgrundlage (Nahrungsmittelproduktion) geschützt werden muss.

### **Massnahmen**

Die Analysenergebnisse zeigen, dass 17 % der Proben den Richtwert für PAK und 40 % der Proben den Grenzwert für Kunststoffe überschreiten. Bei den weiteren Auffälligkeiten handelt es sich mit grosser Wahrscheinlichkeit um Einzelfälle (PCB) oder es sind nur sehr wenige Proben betroffen (Schwermetalle). Demzufolge sind in erster Linie Massnahmen zur Optimierung der Kompost- und Gärgutqualität betreffend PAK und Kunststoffe angezeigt.

Als Quelle für PAK kommt unter anderem Holzasche in Frage, welche fälschlicherweise zusammen mit den biogenen Abfällen entsorgt worden ist. Holzasche ist in der Regel schadstoffbelastet und die direkte Ausbringung sowie die Kompostierung beziehungsweise Vergärung ist problematisch und kann zu Beeinträchtigungen von Böden und Gewässern führen. Eine weitere PAK-Quelle stellt Grüngut aus dem Strassenrandbereich dar. Beim Verbrennungsprozess in Motoren entstehen PAK und diese lagern sich im Strassenrandbereich ab. Grüngut aus dem unmittelbaren Strassenrandbereich sollte deshalb weder kompostiert noch vergärt werden. Künftig muss noch weitgehender sichergestellt werden, dass Asche aus Privathaushalten (Cheminée, Schwedenofen, Grill etc.) sowie Grüngut aus dem Strassenunterhalt nicht auf Kompostier- und Vergäranlagen gelangen. Die betroffenen Akteure wie Privatpersonen, Gemeinden und Anlagenbetreiber müssen entsprechend sensibilisiert werden.

Die Kunststoffanteile in Kompost und Gärgut sind auf Verunreinigungen in den biogenen Abfällen zurückzuführen. Beispielsweise gelangen häufig Kunststoffverpackungen, Folien und Plastiksäcke in die entsprechenden Sammelsysteme für biogene Abfälle. Diesbezüglich müssen die Abfallabgeber sensibilisiert werden (Kommunikation von Annahme- und Sperrlisten). Im Weiteren müssen Fremdstoffanteile, wie unter anderem Kunststoffe, auf den Anlagen durch Auslesung oder Siebung reduziert werden. Zudem muss eine einheitliche Messmethode für den Gesamtnachweis von Kunststoffen in den Kompost- und Gärprodukten etabliert werden. Diesbezüglich besteht Handlungsbedarf für eine Klärung zwischen den Verwertern und den Behörden.

## 1. Einleitung

In der Untersuchungskampagne 2016 wurden Kompost und Gärgut fest und flüssig im Kanton Basel-Landschaft auf deren Schadstoffgehalte untersucht. Zum einen dient diese Untersuchung der Erfolgskontrolle der im Jahre 2011 getätigten Untersuchung und den damals ergriffenen Massnahmen zur Qualitätsverbesserung. Im Weiteren wurden neben den gesetzlich geregelten Schwermetallen und polycyclisch aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) auch weitere organische Schadstoffe wie Organochlorpestizide (OCP), polychlorierte Biphenyle (PCB), Bisphenol-A (BPA) und die Antibiotika ähnlichen Kokzidostatikas (Vergärungsanlagen) mituntersucht.

Bei den OCPs handelt es sich um sogenannte persistente organische Schadstoffe (POPs). Die ausserordentliche Persistenz dieser Pestizide gegenüber verschiedener Abbaumechanismen (photochemischer oder mikrobieller Abbau) haben zu einer weiträumigen Verfrachtung geführt. OCP wurden früher zur Insektenbekämpfung (z.B. Maikäfer) verwendet. In vielen Ländern ist ihre Verwendung verboten oder nur in streng limitierten Anwendungsbereichen erlaubt. In der Schweiz gilt für OCPs ein generelles Anwendungs- und Produktionsverbot. Dennoch finden sich in Böden von Gärten aufgrund der früheren Nutzung teilweise beträchtliche OCP Konzentrationen. Unbekannt ist, ob diese auch in den Kompost gelangen.

Bei PCB und BPA handelt es sich um Weichmacher, welche in Kunststoffen zum Einsatz kamen. Diese beiden Substanzen können somit als Indikatoren für den unerwünschten Fremdstoff „Kunststoff“ in Kompost und Gärgut betrachtet werden. PCB sind toxische organische Chlorverbindungen, welche bis in die 1980er Jahre in vielen Anwendungen eingesetzt worden sind. Aufgrund ihrer hohen Persistenz haben sich PCB überall auf der Erde ausgebreitet und sind weltweit nachweisbar. BPA wird nach wie vor eingesetzt und dient unter anderem als Ausgangsstoff zur Synthese polymerer Kunststoffe. Aus BPA enthaltenden Kunststoffen, insbesondere aus Polycarbonat, Vinylesterharz und Epoxidharz, werden zahlreiche Gegenstände des täglichen Gebrauchs hergestellt.

Kokzidiostatika werden im Veterinärmedizinbereich gegen Kokzidiose eingesetzt. Kokzidiose ist eine durch Parasiten verursachte Darmkrankheit, welche vor allem Geflügel, Rinder, Schafe und Kaninchen befällt. Durch die Co-Vergärung von Mist aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung können Kokzidiostatika in Vergärungsanlagen gelangen.

### 1.1 Hintergrund

Die Endprodukte Kompost und Gärgut von Kompostierung und Vergärung werden zum grossen Teil landwirtschaftlich verwertet und dienen der Nährstoffversorgung von Pflanzen (Dünger) sowie der Zuführung organischer Substanz zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Kompost und Gärgut können aber auch einen unerwünschten Schadstoffeintrag verursachen.

Im Jahre 2011 wurden bei 15 Kompostierungsbetrieben insgesamt 28 Proben erhoben und diese auf deren Schadstoffgehalte untersucht. Die Analysenergebnisse zeigten Auffälligkeiten bei den PAK. Siehe dazu auch den Bericht „AUE BL, Marktkontrolle Dünger, Teil Recyclingdünger (Kompost, Gärgut) im Kanton Basel-Landschaft, Qualitätskontrolle“<sup>1</sup>. Rund 25% der damals untersuchten Proben wiesen Gehalte über dem Richtwert ChemRRV auf. In den Folgejahren wurden verschiedene Massnahmen bei den Betrieben umgesetzt (unter anderem vollständiger Kompostierungsverzicht von organischem Material (Laub etc.) aus Wischgut ab Strassen).

### 1.2 Mengenbetrachtung Kompost und Gärgut

Insgesamt wurden im Kanton Basel-Landschaft im Jahr 2015 knapp 62'000 t biogene Abfälle (inkl. verholztes Material wie Baum- oder Heckenschnitt) der zentralen Kompostierung (aerob) und der Vergärung (anaerob) zugeführt und stofflich beziehungsweise stofflich und energetisch verwertet. Rund zwei Drittel des anfallenden Komposts und Gärguts wurde auf Landwirtschaftsflächen als Recyclingdünger und Bodenverbesserer ausgebracht. Das restliche Drittel wird als Kompost im Gartenbau und bei Privaten genutzt oder als Energieholz verwertet.

<sup>1</sup> [https://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/bud/ae/boden/publikationen/marktkontrolle-kompost\\_bericht.pdf](https://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/bud/ae/boden/publikationen/marktkontrolle-kompost_bericht.pdf)

### 1.3 Ziele der Qualitätsüberprüfung Kompost und Gärgut

Mit der vorliegenden Qualitätsüberprüfung von Kompost und Gärgut wurden im Wesentlichen folgende Ziele verfolgt:

- **Überprüfung Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben für Kompost und Gärgut**  
(gemäss ChemRRV) bei den Schwermetallen und bei den PAK  
→ Risikoabschätzung und -minderung bezüglich Bodenbelastungen durch Kompost und Gärgut
- **Erfolgskontrolle der Massnahmen bei den Anlagebetreibern seit 2011**  
→ Ergebnisvergleich zur Studie von 2011; Erfassung von Qualitätsveränderungen
- **Sensibilisierung Anlagebetreiber betreffend Produktqualität**  
→ Verminderung PAK- und Schwermetallbelastung von Kompost, Gärgut  
→ Generelle Verbesserung der Endproduktequalität
- **Schaffung von Grundlagen zur Problematik der Kunststoffkontaminationen bei der Verwertung von biogenen Abfällen**

Als Grundlage der Untersuchung diente dabei auch die BAFU-Studie "Kompost und Gärgut in der Schweiz"<sup>2</sup> von 2007, welche als Massnahmen unter anderem die Verminderung der PAK-Gehalte in Kompost und Gärgut sowie ein periodisches Monitoring von organischen Schadstoffen in Kompost, Gärgut verlangt.

Die Anlagenbetreiber werden über die Untersuchungsbefunde (Qualitätsübersicht, allfällig notwendige Massnahmen, allenfalls Anpassung der Vollzugspraxis) informiert.

## 2. Rechtliche Vorgaben und massgebende Richtlinien

Die rechtlichen Anforderungen und Rahmenbedingungen für die Kompostierung und Vergärung von biogenen Abfällen sowie die erforderliche Produktqualität und die Anwendungsbereiche der Produkte 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 Verordnung über die Verwertung und Entsorgung von Abfällen (VVEA), die Gewässerschutzverordnung (GSchV), das Gesetz und die Verordnung über den Wald (WaG, WaV) und das Gesetz und die Verordnung zur 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 Düngerbuch-Verordnung (DüBV).

### 2.1 Grenz- und Richtwerte

Im Anhang 2.6 der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) sind die Qualitätsanforderungen an Dünger, Recycling- (Kompost und Gärgut) und Hofdüngern betreffend Schadstoffe sowie die maximalen Ausbringmengen festgelegt. Die Werte beziehen sich dabei auf die Trockensubstanz (TS). Dünger dürfen nur abgegeben werden, wenn die Anforderungen nach Ziffer 2.2 erfüllt sind. Die kantonalen Behörden ermitteln die Ursachen bei 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).

Schwermetall Grenzwerte:

Element	Blei	Cadmium	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink
Grenzwert [g/t TS]	120	1	100	30	1	400

Tabelle 1: Schwermetall Grenzwerte für Kompost und Gärgut gemäss Anhang 2.6 beziehungsweise 2.2.1 ChemRRV.

Für Kompost und Gärgut gelten zusätzlich folgende Anforderungen für Fremdstoffe (Anhang 2.6 beziehungsweise 2.2.2 ChemRRV):

- a. Fremdstoffe (Metall, Glas, Altpapier, Karton usw.) dürfen höchstens 0.4 Prozent des Gewichts der Trockensubstanz betragen;
- b. Der Gehalt an Alufolie und Kunststoffen darf höchstens 0.1 Prozent des Gewichts der Trockensubstanz betragen;

<sup>2</sup> <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00080/index.html?lang=de>



- c. Der Gehalt an Steinen mit mehr als 5 mm Durchmesser soll möglichst niedrig sein, sodass die Qualität eines Düngers nicht beeinträchtigt wird.

Richtwerte organische Schadstoffe:

Schadstoff	Richtwert
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	4 g/t TS Summe der 16 EPA PAK-Leitverbindungen
Dioxine (PCDD) und Furane (PCDF)	20 Nanogramm I-TEQ per kg TS I-TEQ = Internationale Toxizitätsäquivalente

Tabelle 2: Richtwerte für Kompost und Gärgut gemäss Anhang 2.6 beziehungsweise 2.2.1 ChemRRV.

Maximale Ausbringungsmenge:

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

Tabelle 3: Maximale Ausbringungsmengen für Kompost und Gärgut gemäss Anhang 2.6 beziehungsweise 3.2.2 ChemRRV.

Für die Organochlorpestizide finden sich einzig in der Wegleitung Bodenaushub (BAFU 2001) unter „Belastungswerte für organische Schadstoffe“ einige Richt- und Prüfwerte. Diese beziehen sich jedoch auf den Boden und nicht auf Kompost und Gärgut.

Beim Bisphenol-A finden sich einzig Regelungen für Kunststoffe in Kontakt mit Lebensmittel und Spielzeugen. Dabei gelten so genannte Migrationsgrenzwerte von 0.6 mg/kg beziehungsweise für Spielzeuge von 0.1 mg/kg (BAG 2016).

## 2.2 Richtlinien und Positivliste

Von Bund und Kantonen sowie von verschiedenen Verbänden liegen Richtlinien und Merkblätter über die erforderliche Qualität von biogenen Abfällen für die Verwertung in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen vor:

- Schweizerische Qualitätsrichtlinie 2010 der Branche für Kompost und Gärgut, erarbeitet und herausgegeben durch die Inspektoratskommission der Grüngut verarbeitenden Branche der Schweiz, 2010<sup>3</sup>
- Positivliste der Ausgangsmaterialien und Zuschlagsstoffe zur Herstellung von Komposten und Gärgut, Inspektionskommission der Kompostier- und Vergärbranche der Schweiz, 2010<sup>4</sup>
- BAFU/BLW, Stand 2014, Liste der Ausgangsprodukte für Vergär- und Kompostierungsanlagen<sup>5</sup>

## 3. Probenahmen und Analytische Untersuchungen

Im März 2016 wurden alle Anlagenbetreiber über die beabsichtigte Probenahmen und Zielsetzungen der Untersuchungskampagne schriftlich informiert. Bei den vorrangig telefonischen oder per E-Mail angekündigten Probenahmen waren mit wenigen Ausnahmen die Anlageverantwortlichen dabei. Alle Probenahmen wurden mit Standortangaben, Probegut usw. auf Aufnahmeblätter dokumentiert. Die Probenahmen bei den Kompostierbetrieben erfolgten im Monat Juni 2016. Die drei Vergärungsanlagen wurden wiederholt in den Monaten April, Juni und Oktober 2016 beprobt.

### 3.1 Probenahmen

Bei den Probenahmen von Kompost wurden möglichst repräsentative Proben von den jeweiligen Mieten beziehungsweise Rottehaufen angestrebt. Dabei wurde, verteilt über die zu beprobende Gesamtmenge, mittels einer Handschaufel rund 20 bis 25 Liter Kompost lose in einen Plastiksack gegeben. Bei den Frischkomposten wurde darauf geachtet, dass möglichst wenig "sperrige Holzteile" mitgesammelt wurden.

<sup>3</sup> [https://www.biomassesuisse.ch/files/biomasse\\_temp/data/Das\\_bieten\\_wir/Q-Richtlinie\\_2010\\_def\\_weiss\\_web.pdf](https://www.biomassesuisse.ch/files/biomasse_temp/data/Das_bieten_wir/Q-Richtlinie_2010_def_weiss_web.pdf)

<sup>4</sup> [http://www.vks-asic.ch/Portals/16/positivliste\\_blw\\_v8.5\\_de.pdf](http://www.vks-asic.ch/Portals/16/positivliste_blw_v8.5_de.pdf)

<sup>5</sup> <http://www.kompostverband.ch/LinkClick.aspx?fileticket=WJJ0iJBSa2o%3d&tabid=717&language=de-CH>



Beim flüssigen Gärgut wurden Momentanproben direkt aus den Pressen wie auch Flüssigproben aus den Stapelbehältern in 2.5 l-Plastikgefäße entnommen. Das feste Gärgut wurde analog den Komposten möglichst repräsentativ beprobt. Die Proben wurden gleichentags im Ressort Umwelanalytik des Amtes für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen als Gesamtmischprobe zur Aufbereitung und Messuntersuchung abgegeben.

### 3.2 Übersicht über die erhobenen Proben

Insgesamt wurden 15 Anlagenstandorte von 12 Betrieben besucht und es wurden 47 Proben erhoben. Es handelt sich dabei 21 Kompostproben, 9 Proben von Gärgut fest und 17 Proben von Gärgut flüssig.

Probe- Nr.	Probenahme	Beschaffenheit
1-16-11	21.6.2016	Reifekompost, Feldrandmiete
1-16-12	21.6.2016	Rohkompost, Platzmiete
2-16-11	17.6.2016	Rohkompost
3-16-11	17.6.2016	Rohkompost
4-16-11	17.6.2016	Rohkompost
4-16-12	17.6.2016	Reifekompost
6-16-01	25.4.2016	Gärgut fest (frisch ab Presse)
6-16-02	24.4.2016	Gärgut flüssig (frisch ab Presse)
6-16-03	25.4.2016	Gärgut flüssig (aus Lager)
6-16-13	22.6.2016	Rohkompost
6-16-14	22.6.2016	Gärgut flüssig (aus Lager)
6-16-21	17.10.2016	Gärgut fest (frisch ab Presse)
6-16-22	17.10.2016	Gärgut flüssig (aus Eluattank)
6-16-23	17.10.2016	Gärgut flüssig (aus Endlager)
6-16-24	17.10.2016	Reifekompost (noch nicht ausgesiebt)
6-16-25	17.10.2016	Fertigkompost
7-16-1	23.6.2016	Reifekompost
8-16-01	22.6.2016	Rohkompost
8-16-02	22.6.2016	Rohkompost
9-16-11	23.6.2016	Kompost, reif bis roh, Feldrandmiete
10-16-01	23.6.2016	Kompost, Feldrandmiete
11-16-11	21.6.2016	Reifekompost
11-16-12	21.6.2016	Rohkompost, Feldrandmiete
12-16-01	22.6.2016	Rohkompost
12-16-02	22.6.2016	Rohkompost
12-16-03	22.6.2016	Reifekompost
13-16-01	25.4.2016	Gärgut fest (Presskuchen)
13-16-02	25.4.2016	Gärgut flüssig (Endlager)
13-16-03	25.4.2016	Gärgut flüssig (frisch)
13-16-11	21.6.2016	Gärgut fest (ab Presse)
13-16-12	21.6.2016	Gärgut flüssig aus Endlager
13-16-13	21.6.2016	Gärgut flüssig aus Nachfermenter
13-16-21	17.10.2016	Gärgut fest, ab Presse
13-16-22	17.10.2016	Gärgut flüssig, aus Endlager
13-16-23	17.10.2016	Gärgut flüssig, aus Nachfermenter
14-16-01	25.4.2016	Gärgut fest, Pressrückstand
14-16-02	25.4.2016	Gärgut flüssig, Stapelbehälter
14-16-03	25.4.2016	Gärgut flüssig, frisch ab Presse
14-16-11	21.6.2016	Gärgut fest, frisch
14-16-12	21.6.2016	Gärgut fest, Kompost, Nachrotte 4 Wochen
14-16-13	21.6.2016	Gärgut flüssig, Stapelbehälter
14-16-14	21.6.2016	Gärgut flüssig, ab Presse nach Stillstand
14-16-21	17.10.2016	Gärgut fest
14-16-22	17.10.2016	Gärgut flüssig, frisch (aber aus Stapeltank)
14-16-23	17.10.2016	Gärgut flüssig, ab Presse
15-16-11	23.6.2016	Fertigkompost (2015)
16-16-11	21.6.2016	Reifekompost

Tabelle 4: Übersicht über die erhobenen Proben.

### 3.3 Probenaufarbeitungen und -analysen

Alle Proben wurden durch das Amt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, Ressort Umweltanalytik, gemäss Standardvorgaben aufgearbeitet und analysiert (akkreditiert nach Norm ISO/IEC 17025 durch Schweizerische Akkreditierungsstelle SAS). Im Folgenden werden die entsprechenden Methoden kurz beschrieben.

#### **Probenaufarbeitung**

Die Kompostproben wurden frisch durch ein 5 mm Sieb gesiebt. Aus der Fraktion > 5 mm wurden die sichtbaren Kunststoffteile herausgelesen und deren Gewicht bestimmt. Das restliche Material > 5 mm wurde verworfen. Aus der gesiebten Fraktion wurden 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 Gärgut flüssig wurde bei 40°C zur Trockene eingengt und der getrocknete Rückstand anschliessend ebenfalls mit der Zentrifugalmühle gemahlen.

#### **Analyse Schwermetalle und teilweise Nährstoffe**

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

#### **Analyse polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und polychlorierte Biphenyle (PCB)**

Die getrockneten und gemahlene Proben wurden eine Stunde am Soxtec heiss extrahiert und eine Stunde gespült. Anschliessend wurden die Extrakte eingengt und über Silicagel aufgereinigt. Die Messung erfolgte mittels Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (GC-MS/MS, Tandem-Massenspektrometrie; UAN-Vorschrift K-PAKPCB-1). Zur Qualitätssicherung wurden eine zertifizierte Ringversuchsprobe und diverse Wiederfindungsexperimente durch Aufdotierung von Probenmaterial mitaufgearbeitet. Des Weiteren wurde ein unabhängiger Kontrollstandard mitgemessen.

#### **Analyse Organochlorpestizide**

Insgesamt wurden in 11 der 47 Proben die Gehalte an OCP bestimmt. Die getrockneten und gemahlene Proben wurden eine Stunde am Soxtec extrahiert und eine Stunde gespült. Anschliessend wurden die Extrakte eingengt und über Florisil aufgereinigt. Die Messung erfolgte mittels GC-MS/MS (UAN-Vorschrift K-PEST-5). Zur Qualitätssicherung wurden eine zertifizierte Ringversuchsprobe und diverse Wiederfindungsexperimente durch Aufdotierung von Probenmaterial mitaufgearbeitet. Des Weiteren wurde ein unabhängiger Kontrollstandard mitgemessen.

#### **Analyse Bisphenol-A**

Insgesamt wurden in 11 der 47 Proben das Bisphenol-A bestimmt. Die getrockneten und gemahlene Proben wurden eine Stunde am Soxtec extrahiert und eine Stunde gespült. Anschliessend wurden die Extrakte eingengt und über Silicagel aufgereinigt. Das Bisphenol-A wurde derivatisiert (Silylierung der Phenolgruppe), danach erfolgte die Messung mittels Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (GC-MS/MS, Tandem-Massenspektrometrie; UAN-Vorschrift K-PHENOL-4). Zur Qualitätssicherung wurden Wiederfindungsexperimente durch Aufdotierung einer zertifizierten Bodenprobe und von diversem Probenmaterial mitaufgearbeitet. Des Weiteren wurde ein unabhängiger Kontrollstandard mitgemessen.

#### **Analyse Kokzidiostatika**

Es wurden fünf Gärgut- Proben untersucht. Nach dem Ansäuern von 10 g Frischprobe Gärgut mit 1 ml 1 M Essigsäure wurden die Kokzidiostatika mit 20 ml Acetonitril extrahiert und mit 5 g Natriumchlorid (NaCl) ausgesalzen. Ein Aliquot von 5 ml des überstehenden Extraktes wurde über eine Si-Kartusche gereinigt. Das nach dem Waschen der Kartusche gesammelte Eluat wurde am Syncore auf ein Restvolumen von ca. 1 ml eingengt. Der Extrakt wurde mit Eluationsmittel (80% Acetonitril) auf ein Endvolumen von 1000 µl ergänzt. Nach Filtration durch 0.2 µm PP-Filter erfolgte die Bestimmung mittels Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (LC-MS/MS, analog Vorschrift C-P-237, Probenmatrix Gärgut jedoch ausserhalb des akkreditierten Bereichs).

### Erfassung Kunststoffteile

Die Kunststoffteile aus der Frischfraktion grösser 5 mm wurden getrocknet, gewogen und der Anteil auf das Gewicht der getrockneten Gesamtprobe ausgerechnet. Die Angabe erfolgt in Gewichtsprozent bezogen auf die Gesamtprobe.

### 4. Umweltrelevanz der untersuchten Schadstoffe

Cadmium, Zink, Blei, Nickel, Chrom, Quecksilber und andere Elemente werden zu den **Schwermetallen** gezählt. Viele dieser Schwermetalle sind für den menschlichen und tierischen Organismus gesundheitsschädlich oder giftig. Sie werden in den meisten Fällen über die Nahrungskette aufgenommen. Einige dieser Schwermetalle sind jedoch auch essentielle Spurennährstoffe für Mensch und Tier. Durch Anreicherung in den Böden wird die Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigt. In den Gewässern wirken sich diese Elemente ökotoxisch aus (Wikipedia 2016).

**Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)** entstehen bei der Pyrolyse (unvollständige Verbrennung) von organischem Material (beispielsweise Kohle, Heizöl, Kraftstoff, Holz, Tabak etc.) und sind deswegen weltweit nachzuweisen. Der überwiegende Anteil der PAK stammt heute aus anthropogenen Prozessen. PAK können aber auch natürlichen Ursprungs sein (Waldbrände). Zahlreiche PAK sind nachweislich krebserregend (Wikipedia 2016).

**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 und Kunststoffen sowie als Additive in Anstrichen (z.B. Korrosionsschutzbeschichtungen) verwendet wurden. PCB zählen zu den in der Stockholmer-Konvention (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 2016).

**Organochlorpestizide (OCP)** sind schwerflüchtige Feststoffe, die eine geringe Wasserlöslichkeit aufweisen und sich als sehr persistent erweisen (sich kaum abbauen). Sie wurden zur Insektenbekämpfung (z.B. Maikäfer), zur Kontrolle von Überträgern von Krankheitserregern (Malaria) und auch als Holz- und Textilschutzmittel verwendet. In der Schweiz und den meisten weiteren Ländern ist die Verwendung der OCPs schon seit Jahrzehnten verboten. Sie sind ebenfalls in der Liste der Stockholmer Konvention aufgeführt. Die bekanntesten der damals verwendeten OCPs sind DDT, Aldrin, Dieldrin und Lindan. Alle Organochlorpestizide werden als stark umweltgefährdend eingestuft und sind generell toxisch (Wikipedia 2016).

Kokzidien sind Parasiten (Protozoen), die den Magen-Darm-Trakt von Geflügel, Kaninchen sowie Wiederkäuern befallen. Sie verursachen Gewichtsverlust und blutigen, wässrigen Durchfall und führen oft zum Tod der Tiere. Die Krankheit wird durch die Einzeller „Eimeria“ verursacht. Die Ansteckung im Stall erfolgt in der Regel durch kranke Tiere. Die betroffenen Tiere werden mit **Kokzidiostatika** (Arzneimittel) behandelt, die dem Futtermittel zugesetzt sind. Bei Legehennen ist der Einsatz von Kokzidiostatika nicht erlaubt, bei Masthühnern hingegen schon. Die Schweizerische Lebensmittelgesetzgebung (FIV) nennt Grenzwerte für verschiedene Fleischprodukte. Diese liegen je nach Wirkstoff und Fleischart zwischen 0.008 bis 2.5 mg Wirkstoff/kg Frischgewicht (Kantonales Laboratorium Basel-Stadt; 2011/ FIV).

**Bisphenol-A (BPA)** wird als Grundstoff für die Herstellung von diversen Kunststoffen wie Polycarbonat verwendet. Der Anwendungsbereich dieser Kunststoffe deckt eine breite Palette an Produkten ab. BPA ist eine hormonaktive Substanz, welche ein Schadenspotential auf die Umwelt haben kann. Seine Wirkung, Störungen der Hormonsysteme bei Mensch und Tier, entfaltet es in geringsten Konzentrationen. Allerdings wird das Schadenspotential in den hunderten von wissenschaftlichen Studien zum Teil sehr kontrovers eingeschätzt (BAG 2016). In der aktuellen Untersuchung wird es als Indikatoren für Kunststoffanteile im Kompost mitberücksichtigt.

**Kunststoffe** sind nicht biogene Abfälle, welche als Fremdstoffe die Qualität des Kompostes oder Gärgutes vermindern. Sie stellen bei dem Eintrag in den Boden eine diffuse Umweltverschmutzung dar und akkumulieren sich in den Böden. Die Qualität des Recyclingdüngers wird reduziert und der Pro-

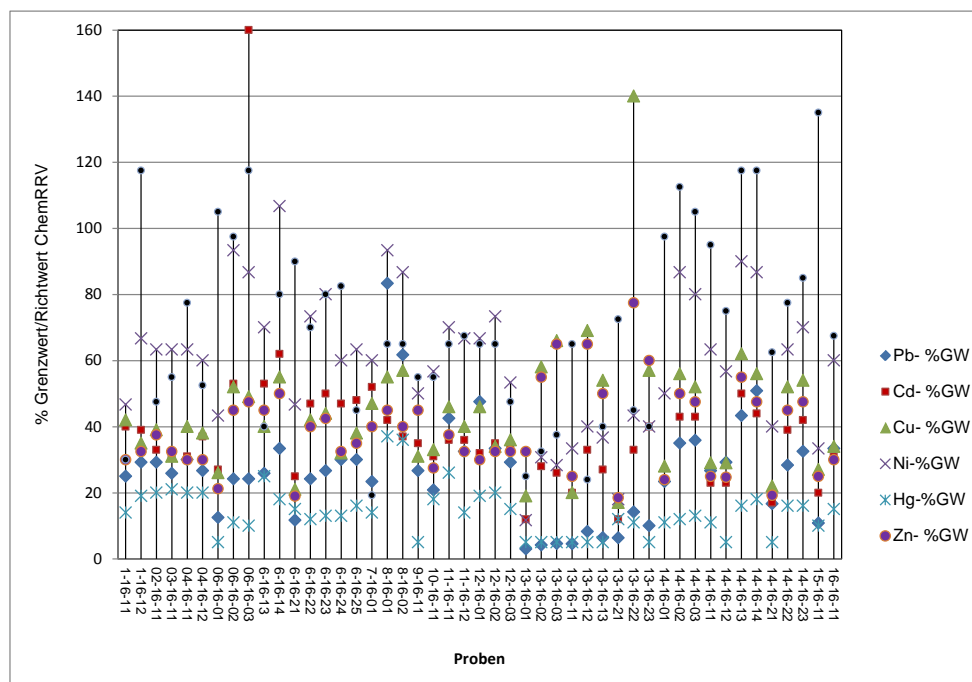
dukteabsatz vermindert. Die Hauptgefährdung geht von den Kunststoffadditiven wie Weichmacher, Farbstoffe und Flammschutzmittel aus (Stauffacher B. 2015).

## 5. Ergebnisse und Bewertung

Die Untersuchungsergebnisse werden nachfolgend in Tabellenform wie auch mittels Grafiken und Beschreibungen dokumentiert und bewertet. Im Anhang finden sich alle Messwerte der untersuchten Proben. Die Probennummer setzen sich aus der Betriebsnummer, dem Probenahmejahr (16) sowie der standortbezogenen fortlaufenden Probennummer zusammen.

### 5.1 Schwermetalle und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (ChemRRV)

Die untenstehende Grafik zeigt alle Messwerte der 47 Proben betreffend Schwermetalle und PAK gemäss ChemRRV. Es werden die Messwerte in Prozent der Grenzwerte (Schwermetalle) beziehungsweise in Prozent des Richtwertes (PAK) dargestellt.

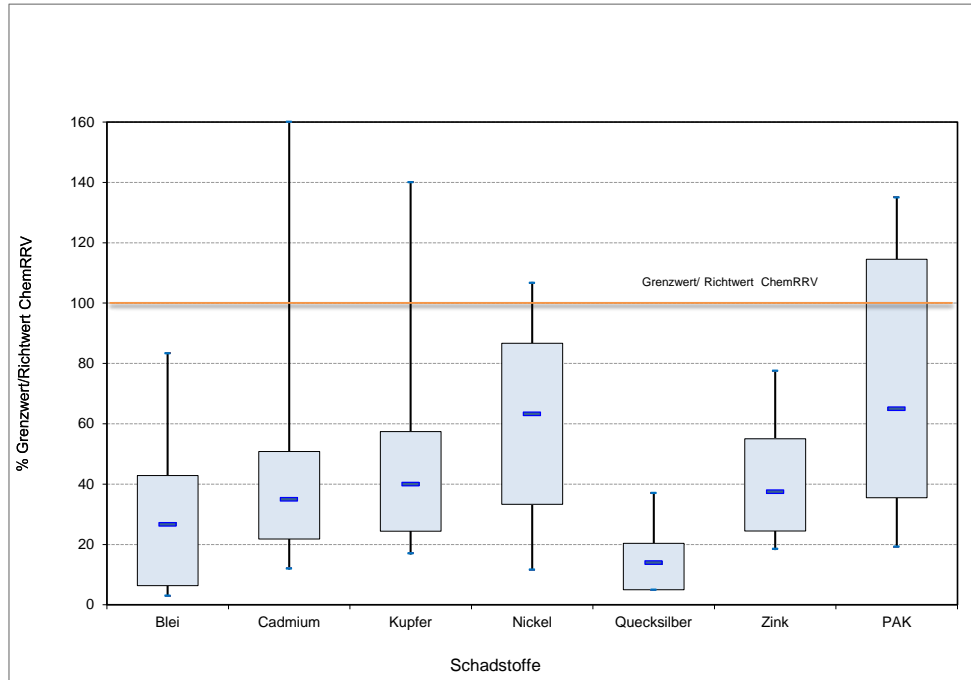


**Grafik 1: Messwerte der Proben betreffend Schwermetalle und PAK in % des Grenz- beziehungsweise Richtwertes gemäss ChemRRV.**

Von den 325 Messwerten der 47 Proben weisen 11 Messwerte Überschreitungen des Grenz- beziehungsweise Richtwertes gemäss ChemRRV auf. Bei den Schwermetallen liegt jeweils ein Messwert bei Cadmium, Nickel und Kupfer über dem Grenzwert. Die höchste Überschreitung mit 60% über dem Grenzwert zeigt dabei eine Probe bei Cadmium. Bei den PAK weisen 8 der 47 untersuchten Proben Richtwertüberschreitungen (mit maximal knapp 40 % über dem Richtwert) auf. Sehr hohe Überschreitung finden sich keine.

Nachfolgende Grafik zeigt alle Messwerte betreffend Schwermetalle und PAK gemäss ChemRRV und gruppiert nach Schadstoffen als Boxplot-Darstellung. Die Gehalte sind wiederum in Prozent der Grenzwerte (Schwermetalle) beziehungsweise in Prozent des Richtwertes (PAK) dargestellt. Aufgezeigt sind jeweils der minimale und der maximale Messwert und in der Box sind alle Messwerte im Bereich 10 bis 90 % aufgeführt. Der dunkelblaue Balken entspricht dem Medianwert<sup>6</sup> aller Messwerte des jeweiligen Schadstoffes.

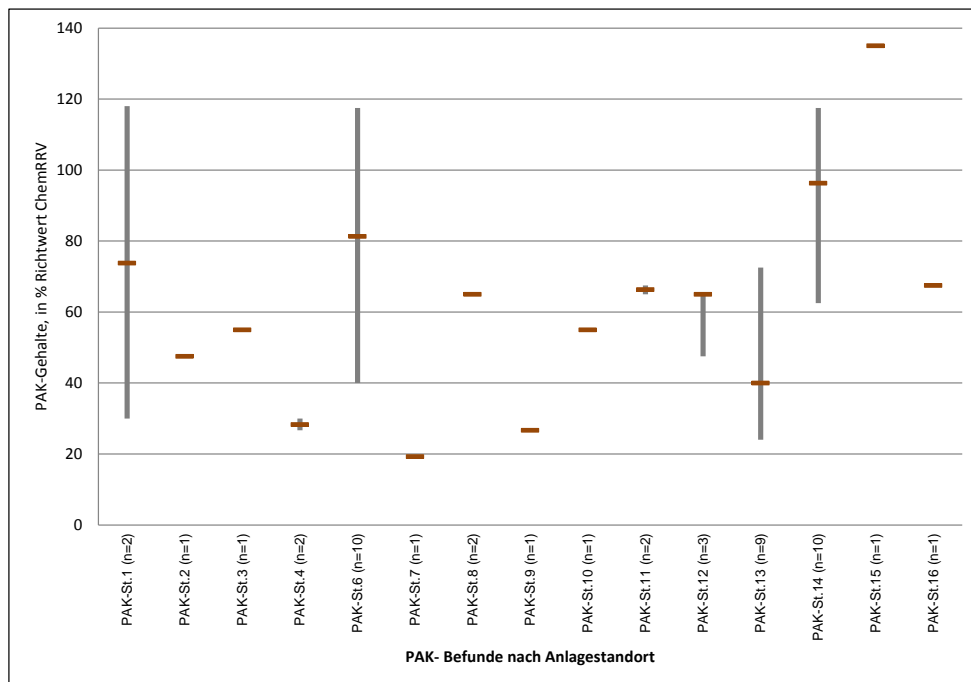
<sup>6</sup> Der Medianwert ist ein Mittelwert für Verteilungen in der Statistik. Der Median einer Anzahl von Werten ist die Zahl, welche an der mittleren Stelle steht, wenn man die Werte nach Größe sortiert.



**Grafik 2: Boxplot-Darstellung 10-90%-Bereich aller Proben 2016 (n=46) der Messwerte Schwermetalle und PAK in % des Grenz- beziehungsweise Richtwertes gemäss ChemRRV.**

Bei Blei, Cadmium, Kupfer, Quecksilber und Zink liegt der Medianwert tiefer als der halbe Grenzwert gemäss ChemRRV. Bei Nickel und PAK liegt der Medianwert bei rund 70% des Grenz- respektive des Richtwertes gemäss ChemRRV.

Die folgende Grafik zeigt die gemessenen PAK-Gehalte in den Proben in Prozent des Richtwertes gemäss ChemRRV nach Anlagestandort. Pro Anlage wurden zwischen einer bis zehn Proben erhoben. Somit ist eine Vergleichbarkeit nur bedingt möglich. Dargestellt sind Minimum- und Maximalwerte sowie der Medianwert. Bei Einzelproben wird nur der Messwert dargestellt.



**Grafik 3: PAK Messwerte der Proben in % des Richtwertes gemäss ChemRRV nach Anlagenstandort.**

Die Messwerte von zwei Kompostierungsanlagen sowie von zwei Vergärungsanlagen weisen bei PAK Richtwertüberschreitungen auf. Bei einer Kompostierungsanlage wird Grüngut aus Strassennähe sowie aus der Landschaftspflege kompostiert. Bei den anderen drei Anlagen wird Grüngut aus Gemeindegartensammlungen sowie aus dem Gartenbau verwertet. Bei den beiden Kompostierungsanlagen wurden eine beziehungsweise zwei Proben analysiert, bei den beiden Vergärungsanlagen je zehn Proben. Die höchste Überschreitung des Richtwerts von PAK betreffend ChemRRV (4 mg/kg TS) liegt mit 5.4 mg/kg TS nicht in einem alarmierenden Bereich. Es ist davon auszugehen, dass die erhöhten PAK-Werte aufgrund der Entsorgung von Asche mit den biogenen Abfällen sowie durch die Verwertung von Grüngut aus dem Strassenrandbereich zu Stande kamen.

## 5.2 Weitere gemessene Schwermetalle

In untenstehender Tabelle sind die Messwerte weiterer Elemente dargestellt, für welche es keine Grenz- beziehungsweise Richtwerte gibt. Als Vergleichswerte wurden Daten aus vergleichbaren Studien sowie von Bodenuntersuchungen aufgeführt,

Element (n=47)	Min – Max in mg/kg TS	Median in mg/kg TS	Vergleichswerte	Literatur
Aluminium (Al)	3'800 – 21'000	14'000	Boden: 12'000 – 77'000 (Median: 43'000; n=64)	Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton BL, AUE 2015
Antimon (Sb)	0.14 – 3.8	0.64	Boden: < 1 (n=64)	Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton BL, AUE 2015
Arsen (As)	2.5 - 12	6.7	Boden: 6.7 – 140 (Median: 21; n=64)	Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton BL, AUE 2015
Bor (B)	19 - 46	36	Dünger: < 5 - 1610 (n=23)	Marktkontrolle Dünger 2004, AUE BL
Calcium (Ca)	27'000 - 100'000	51'000	Boden: 1'900 – 220'000 (Median: 19'000; n=64)	Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton BL, AUE 2015
Chrom (Cr)	20 - 60	40	Dünger: < 2 - 94 (n=22)	Marktkontrolle Dünger 2004, AUE BL
Cobalt (Co)	2 – 7.5	5.3	Boden: 3.4 – 45 (Median: 12; n=64)	Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton BL, AUE 2015
Eisen (Fe)	4'700 – 17'000	11'000	Boden: 12'000 – 72'000 (Median: 32'000; n=64)	Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton BL, AUE 2015
Kalium (K)	8'000 – 59'000	11'000	Boden: 1'700 – 19'000 (Median: 9'450; n= 64)	Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton BL, AUE 2015
Magnesium (Mg)	3'300 – 6'100	4'600	Boden: 2'200 – 55'000 (Median: 5'350; n = 64)	Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton BL, AUE 2015
Mangan (Mn)	250 – 540	400	Dünger: < 2 – 1461 (n=23)	Marktkontrolle Dünger 2004, AUE BL
Molybdän (Mo)	1 – 6.7	1.7	Dünger: < 2 – 47.2 (n=23)	Marktkontrolle Dünger 2004, AUE BL
Natrium (Na)	300 – 6'100	680	Boden: 100 – 780 (Median: 240; n = 64)	Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton BL, AUE 2015
Phosphor (P)	2'200 – 9'200	3'100	Boden: 510 – 3'200 (Median 1'200; n = 64)	Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton BL, AUE 2015
Schwefel (S)	1'400 – 6'800	2'100	Boden: 1'000 – 2'800 (Median: 1'600; n = 64)	Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton BL, AUE 2015
Thallium (Tl)	0.11 – 0.37	0.22	Boden: 0.21 – 2.7 (Median: 0.51; n = 64)	Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton BL, AUE 2015
Uran (U)	0.4 – 1.2	0.76	Boden: 0.5 – 3.6 (Median 1.2; n = 64)	Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton BL, AUE 2015
Vanadium (Vn)	10 – 46	31	Dünger: < 2 - 165 (n=23)	Marktkontrolle Dünger 2004, AUE BL
Zinn (Sn)	1.5 – 12	3.4	Boden: 1.5 – 8.1 (Median 2.35; n = 64)	Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton BL, AUE 2015

Tabelle 5: Übersicht der Messwerte weiterer Elemente der vorliegenden Proben sowie von Vergleichswerten.

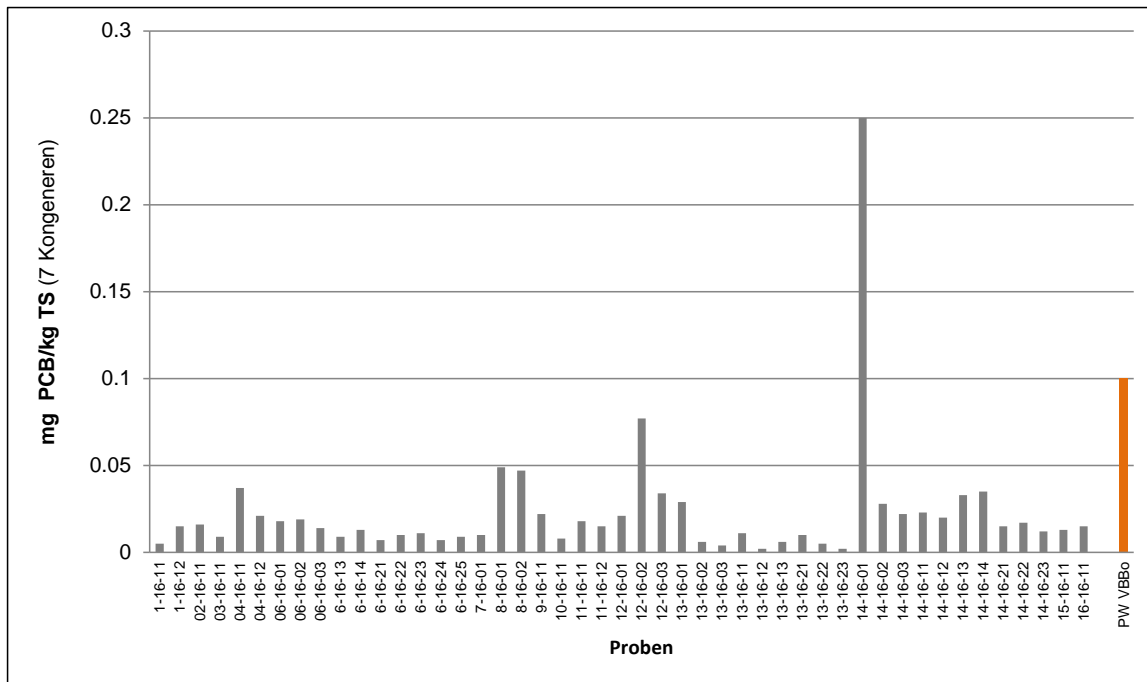
In den Proben sind teilweise erhöhte Natriumgehalte feststellbar. Dies ist nicht kritisch und ist auf die Verwertung von Lebensmittelabfällen und Speiseresten (Kochsalz) in Vergärungsanlagen zurückzuführen. Erwartungsgemäss ist im Vergleich zum Boden der Phosphorgehalt in Kompost und Gärgut

stark erhöht. Unter anderem darauf ist die Düngerwirkung zurückzuführen. Bei den weiteren mituntersuchten Elementen zeigten sich gegenüber den Vergleichswerten keine Auffälligkeiten.

### 5.3 Polychlorierte Biphenyle (PCP) und Organochlorpestizide (OCP)

#### PCB

In nachfolgender Grafik wird neben den erhobenen Messwerten betreffend PCB zum Vergleich der Prüfwert gemäss Bodenschutz-Gesetzgebung (0.1 mg PCB/kg Boden, Verordnung über Belastungen des Bodens, VBBo) aufgezeigt. Für PCB in Kompost oder Gärgut existieren keine Grenz- beziehungsweise Richtwerte.



**Grafik 4: PCB-Messwerte in den 47 Proben. Als Vergleichswert wurde der Prüfwert gemäss VBBo für Boden dargestellt.**

Von den insgesamt 47 Proben weisen zwei Proben Auffälligkeiten auf (Gehalte über dem halben Prüfwert gemäss VBBo). Es handelt sich dabei einerseits um flüssiges Gärgut direkt aus der Presse sowie andererseits um eine Rohkompostprobe. Die Probe Gärgut flüssig weist einen sehr hohen PCB-Messwert weit über dem Prüfwert gemäss VBBo auf. Die Ursache ist nicht bekannt. Aus Gründen des Bodenschutzes dürfte derartig stark mit PCB belastetes Gärgut nicht auf Böden ausgebracht werden.

#### OCP

Von den insgesamt 47 Proben wurden 11 Proben auf die Gehalte an OCPs analysiert. Gemessen wurden dabei 24 Wirkstoffe beziehungsweise Metaboliten. In der Schweizer Gesetzgebung finden sich einzig in der „Wegleitung Bodenaushub“ (BAFU 2001) sogenannte Belastungswerte für organische Schadstoffe. Diese sehen für die Summe der Hexachlorcyclohexane (HCH; ein Pestizide aus dieser Gruppe ist Lindan) einen Richtwert von 1.0 und einen Prüfwert von 1'000 µg/kg Boden vor. Für die Summe DDT-DDD-DDE (Dichlordiphenyltrichlorethan und Metaboliten) existiert einen Richtwert von 2.0 und einen Prüfwert von 2'000 µg/kg Boden. In einer Studie im 2010<sup>7</sup> wurden 71 Böden aus der Landwirtschaft, dem Wald und aus Haus- und Familiengärten untersucht. Dabei fanden sich Gehalte in Gartenböden von bis zu 7'100 µg/kg TS Boden.

In der vorliegenden Studie wies keine der 11 untersuchten Kompost- und Gärgutproben Auffälligkeiten auf. Die Höchstwerte lagen bei 9.5 µg/kg TS bei DDE. Die Summe aller gemessenen OCPs lag bei < 20 µg/kg TS.

<sup>7</sup> [https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/boden/publikationen/downloads/bericht-ocp-in-boeden-bl\\_2010.pdf](https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/boden/publikationen/downloads/bericht-ocp-in-boeden-bl_2010.pdf)



#### 5.4 Kokzidiostatika und Bisphenol-A

##### **Kokzidiostatika**

Insgesamt wurden fünf flüssige Gärgutproben aus drei Vergärungsanlagen (zwei gewerbliche und eine landwirtschaftliche Anlage) analysiert. In der landwirtschaftlichen Vergärungsanlage werden unter anderem rund 700 t/a Hühnermist vergärt. Kokzidiostatika werden als Arzneimittel in der Hühnerhaltung verwendet.

Von den neun untersuchten Medikamenten aus der Gruppe der Kokzidiostatika fanden sich Spuren von „Monesin“ und „Narasin“. Maximal lagen diese bei 3.1 respektive bei 8 µg/kg TS. „Robenidin“ fand sich in allen untersuchten Proben. Dabei lag der Maximalwert bei 49 µg/kg TS. Dieser Wert fand sich in der Probe der landwirtschaftlichen Vergärungsanlage. Die Proben der beiden gewerblichen Vergärungsanlagen wiesen Gehalte auf, welche rund um den Faktor 10 tiefer lagen. In der Schweizer Gesetzgebung finden sich einzig in der Fremd- und Inhaltstoffverordnung (FIV) für Fleischteile von Masthühnern, Kaninchen usw. Rückstandshöchstmengen. Im Falle von „Robenidin“ liegt dieser je nach je nach Fleischart (Muskel, Niere usw.) zwischen 100 bis 800 µg/kg, bezogen auf das Frischgewicht. Aufgrund der tiefen Gehalte in den Gärgutproben sind keine Massnahmen angezeigt und es ist von keiner Umweltgefährdung auszugehen.

##### **Bisphenol-A**

Insgesamt wurden bei 11 Gärgut- und Kompostproben die Gehalte an Bisphenol-A bestimmt. So genannte Migrationsgrenzwerte für Bisphenol-A bestehen in der Schweiz nur für Kunststoffe, welche in Kontakt mit Lebensmitteln kommen sowie für Spielzeuge. Der Migrationsgrenzwert liegt für Lebensmittelverpackungen bei 600 und bei Spielzeug bei 100 µg/kg (BAG 2016). Gemäss Studien zeigen sich bei Bodengehalten < 20'000 µg Bisphenol-A/kg TS Boden keine schädlichen Auswirkungen auf die Bodenlebewesen (Umweltbundesamt 2010).

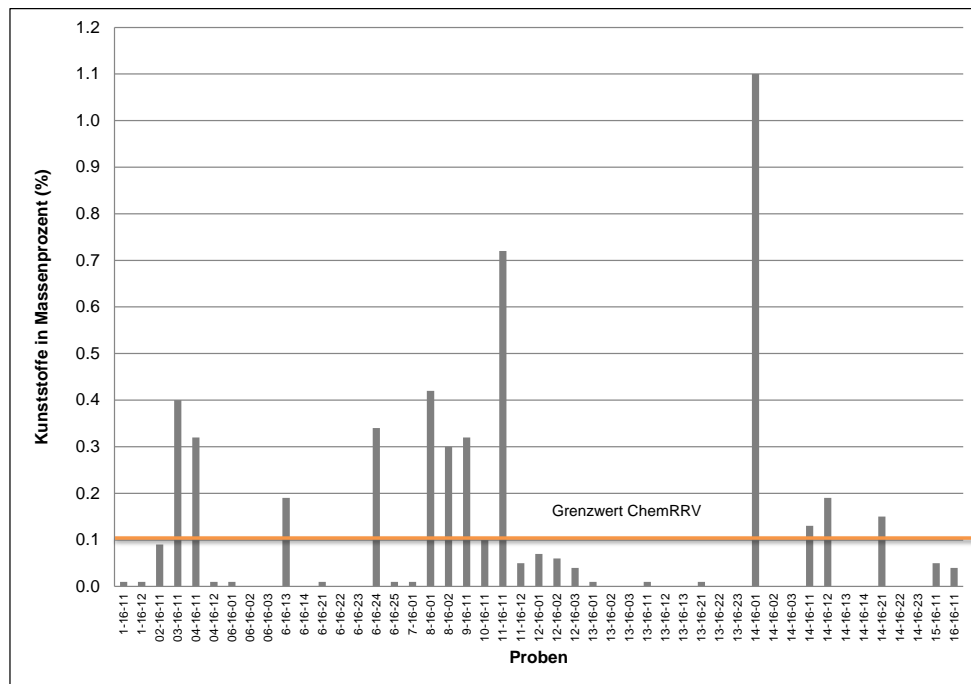
Die 11 untersuchten Proben zeigten Gehalte zwischen < 1.8 bis 650 µg Bisphenol-A/kg TS Probe. Eine Probe von flüssigem Gärgut zeigte dabei mit 650 µg/kg TS ein um rund den Faktor 14 höheren Gehalt gegenüber dem zweithöchsten gefundenen Wert. Dieser Wert von 650 µg/kg TS liegt immer noch deutlich unter dem oben genannten „Höchstwert“ für Schädigung der Bodenlebewesen. Eine Umweltgefährdung ist demzufolge nach heutigem Wissen nicht zu erwarten.

Aufgrund fehlender Messwerte des Kunststoffanteils in den Gärgutproben flüssig sind Korrelationsberechnungen zwischen Bisphenol-A und dem Kunststoffgesamtanteil nicht möglich. Erhöhte Bisphenol-A Gehalte wurden nicht nur in Gärgutproben, sondern auch in Reifekompost nachgewiesen. Aufgrund fehlender Vergleichsuntersuchungen können die Gehalte jedoch nicht bewertet werden. Aufgrund der gemessenen Konzentrationen ist aber nicht von einer Umweltgefährdung auszugehen.

#### 5.5 Kunststoffanteile

Kunststoffe sind unerwünschte Fremdstoffe im Kompost und im Gärgut. Die ChemRRV nennt als Grenzwert maximal 0.1 Massenprozent Kunststoffe bezogen auf die Trockensubstanz der Kompost beziehungsweise Gärgutprobe. Allerdings existiert bis heute keine einheitliche Methode zur quantitativen Erfassung von Kunststoffen in Kompost- und Gärgutproben. Gegenwärtig laufen verschiedene Projekte zur Entwicklung und Standardisierung einer stabilen und praxistauglichen Methode.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde mit einer vereinfachten Methode zur Erfassung des Kunststoffgehaltes in Massenprozent in den Proben gearbeitet. Dabei wurden die Kunststoffe in der Kompostfraktion >5 mm (also nicht der Gesamtprobe) durch manuelles Auslesen erfasst und gewogen. Die Massebestimmung des Kompostes erfolgt als Frischprobe. Als Umrechnungsfaktor Frischgewicht zu Trockensubstanz wurden 50% angenommen (Messwerte liegen effektiv zwischen 50 bis 70% TS). Auf die Bestimmung des Kunststoffanteiles bei den Proben Gärgut flüssig wurde verzichtet. Diese einfache Methode liefert einen Anhaltspunkt zur Abschätzung des Kunststoffanteils in Kompost.



**Grafik 5: Kunststoffgehalte in Massenprozent in 30 Kompostproben.**

Von den insgesamt 30 Proben zeigen gemäss der durchgeführten Bestimmung 12 Proben Grenzwertüberschreitungen bei der Fraktion >5 mm. Bei dieser Beurteilung müssen jedoch die Unsicherheiten betreffend Analysenmethode berücksichtigt werden. Gemäss ChemRRV gilt dieser Grenzwert für Kunststoffe für die gesamte Probe.

Auch aufgrund der optischen Beurteilung kann festgehalten werden, dass in Rohkomposten, vor der Endreife und der Absiebung, tendenziell höhere Kunststoffanteile vorhanden sind. Über den gesamten Prozess der Kompostierung können durch manuelles Auslesen sowie durch Siebung insbesondere grössere Kunststoffstücke eliminiert werden.

Losgelöst von den Unsicherheiten betreffend Analysenmethode zeigt sich, dass die Kunststoffanteile in Kompost (und wohl auch im Gärgut) kritisch beurteilt werden müssen. Zur Verminderung der Kunststoffanteile sind Massnahmen über die gesamte Verwertungskette von biogenen Abfällen erforderlich. Bereits bei der Erfassung von biogenen Abfällen an der Quelle (bei den Abfallabgebern) müssen Fremdstoffe eliminiert werden. Gleiches gilt auch für den Verwertungsprozess.

Zudem muss eine möglichst einfache, stabile und praxistaugliche Methodik zur Analyse des Kunststoffanteils in Kompost und Gärgut entwickelt werden. Es wäre wünschenswert, dass dadurch der Gesamtgehalt an Kunststoffen, losgelöst von der Partikelgrösse, quantitativ bestimmt werden kann. Im weiteren Stellen sich auch Fragen betreffend die Unterscheidung von Kunststoffen aus fossilen Quellen und solchen aus nachwachsenden Rohstoffen (Biologisch abbaubare Werkstoffe (BAW)).

#### 5.6 Vergleich der Messwerte der vorliegenden Studie mit weiteren Untersuchungen

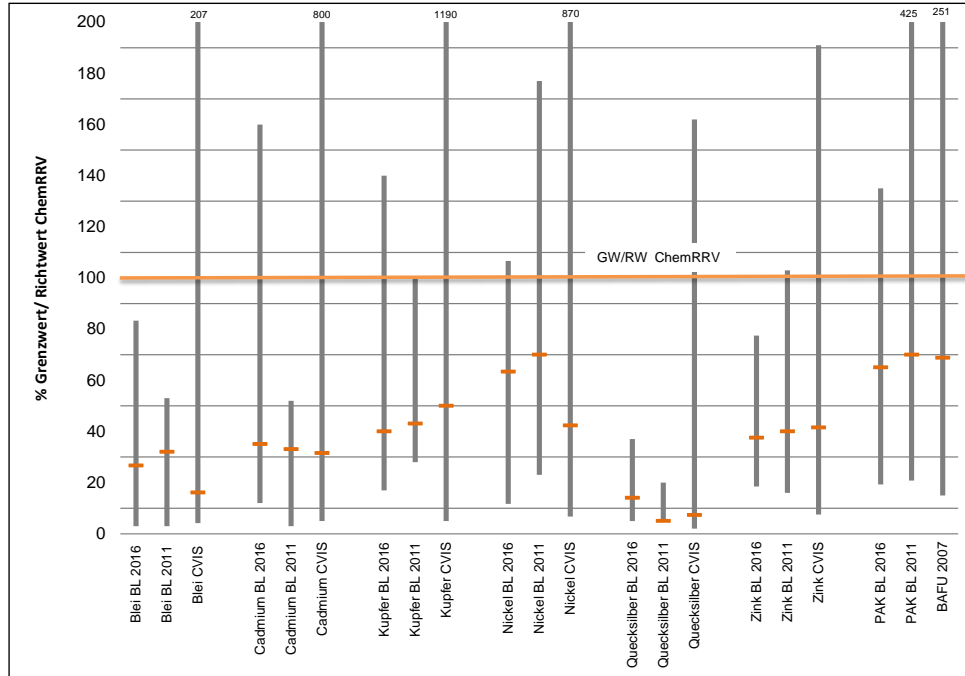
Nachfolgend werden die Messwerte der vorliegenden Studie mit Daten von weiteren Untersuchungen verglichen. Vergleiche erfolgen mit den Daten der Kompost und Gärgut Untersuchungen im Kanton Basel-Landschaft im Jahr 2011<sup>8</sup>, mit Messwerten aus der Auswertung von rund 1'500 Proben (Schwermetallgehalte Outputprodukte) aus der CVIS-Datenbank 2013 – 2015 des Inspektorats der Kompostier- und Vergärbranche der Schweiz<sup>9</sup> und betreffend PAK-Belastung mit dem Bericht „Kompost und Gärgut“ des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) von 2007<sup>10</sup>.

<sup>8</sup> [https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/boden/publikationen/downloads/marktkontrolle-kompost\\_bericht.pdf](https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/boden/publikationen/downloads/marktkontrolle-kompost_bericht.pdf)

<sup>9</sup> <https://www.mpsecure.ch/cvis/index.aspx?site=informationen>

<sup>10</sup> <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/publikationen-studien/publikationen/kompost-gaergut-schweiz.html>

Zur besseren Übersichtlichkeit zeigt die folgende Grafik nur eine Skala bis auf 200 % des jeweiligen Grenz- beziehungsweise Richtwertes. Im Rahmen der Untersuchungen im Kanton Basel-Landschaft im Jahr 2011 wurden PAK-Gehalte deutlich über diesem Bereich gemessen. Auch finden sich unter den 1'500 Daten aus der CVIS-Datenbank Werte, welche deutlich über 200 % des jeweiligen Grenz- beziehungsweise Richtwertes liegen. Bei den Medianwerten (orange Balken) wurden auch die Maximalwerte oberhalb von 200% mitberücksichtigt.



**Grafik 6: Vergleichsdarstellung der Messwerte der vorliegenden Studie (BL 2016, n=47) mit weiteren Untersuchungen (BL 2011 (n=28), CVIS (n=1'500) und BAFU 2007 (n=56)). Die Angaben entsprechen % des jeweiligen Grenz- beziehungsweise Richtwertes gemäss ChemRRV.**

Die aktuellen Daten zeigen gegenüber den Untersuchungen im Kanton Basel-Landschaft von 2011 eine leichte Verbesserung der Qualität von Kompost und Gärgut. Ausnahmen sind sind Cadmium und Quecksilber, welche auf tiefem Niveau einen leicht höheren Medianwert aufweisen. Beim Cadmium fand sich mit 1.6 mg/kg TS Kompost ein einziger „Ausreisser“. Dieser stammt von einer Anlage, bei welcher 10 Proben untersucht wurden. Bei den anderen neun Proben wurden keine Auffälligkeiten festgestellt.

Im Vergleich zu den Untersuchungen im 2011 wurde betreffend PAK eine deutlich bessere Qualität festgestellt. Gleiches gilt für den Vergleich mit den Daten des BAFU von 2007. Einerseits liegt der Medianwert 2016 tiefer und andererseits ist der Maximalwert mit 5.4 mg/kg TS massiv tiefer als 2011 mit Gehalten von bis zu 17 mg/kg TS. Offensichtlich waren die 2011 eingeleiteten Massnahmen erfolgreich.

Im Vergleich mit den Daten aus der CVIS-Datenbank wurden in der aktuellen Untersuchung höhere Medianwerte betreffend Blei, Cadmium, Nickel und Quecksilber gemessen. Bezüglich Cadmium ist ein Zusammenhang mit den geogen bedingt höheren Cadmiumgehalten in den Böden im Kanton Basel-Landschaft denkbar. Bei den drei anderen genannten Metallen sind die Gründe unbekannt.

## 6. Schlussfolgerungen und Massnahmen

Zum Schutz der Böden dürfen nur qualitativ hochwertige Recyclingdünger ausgebracht werden. Die Recyclingdünger, zu welchen auch Kompost und Gärgut gehören, müssen deshalb strenge rechtliche Anforderungen bezüglich der Maximalgehalte an Schadstoffen erfüllen. Rechtliche Grundlage dafür ist die ChemRRV des Bundes. Die Betriebe sind für die regelmässige Qualitätskontrolle verantwortlich und die Behörde überprüft ob die Betriebe ihre Eigenverantwortung korrekt wahrnehmen.

Das Amt für Umweltschutz und Energie hat 2011 im Rahmen einer interkantonalen "Marktkontrolle Dünger" die Wahrnehmung der Eigenverantwortung von Vergärungs- und Kompostierungsanlagen überprüft. Fünf Jahre nach dieser Überprüfung wurde im Jahr 2016 eine erneute Untersuchungskampagne durchgeführt. Dabei wurden insgesamt 47 Einzelproben von Kompost beziehungsweise Gärgut von 15 Kompostier- und Vergärungsanlagen von total 12 Betrieben erhoben und auf Schadstoffe analysiert. Die Untersuchungsergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die untersuchten Kompost und Gärgutproben weisen bei den **Schwermetallen** mehrheitlich tiefe Gehalte auf. Einzig betreffend Nickel liegt der Medianwert >50 % des Grenzwertes gemäss ChemRRV. Die 47 Proben wurden auf sechs Schwermetalle untersucht. Von den daraus resultierenden 282 Messwerten liegen nur drei – dies entspricht weniger als 1 % – über dem jeweiligen Grenzwert gemäss ChemRRV. Der Maximalwert liegt dabei rund 60 % über dem Grenzwert.
- Der Medianwert betreffend **PAK** liegt bei rund 70% des Richtwertes gemäss ChemRRV. Im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen aus dem Jahre 2001 zeigt sich bei den PAK-Gehalten eine deutliche Verbesserung. Jedoch weisen immer noch 8 der 47 untersuchten Proben Richtwertüberschreitungen auf. Dies entspricht 17 % der Proben. Der Maximalwert liegt dabei ca. 40 % über dem Richtwert für PAK.
- Die weiteren gemessenen **Schwer- und Halbmetalle sowie Nährstoffe** zeigen keine systematisch auffälligen Werte. Die vereinzelt festgestellten Überschreitungen („Ausreisser“) von Grenzbeziehungsweise Richtwerten liegen bei maximal 160%.
- Bei den **PCB** finden sich je ein erhöhter und ein stark erhöhter Wert. Diese Probe weisen Gehalte auf, die deutlich über den Prüfwerten gemäss VBBo liegen. Die Ursache für diese Befunde ist unklar.
- Keine der untersuchten Proben zeigt betreffend **Kokzidiostatika, Bisphenol-A oder Organochlorpestiziden** auffällige Gehalte.
- Betreffend **Kunststoffanteile** liegen 12 der 30 untersuchten Proben über dem zulässigen Grenzwert. Dies entspricht 40 %. Auch unter Berücksichtigung der offenen Fragestellungen betreffend standardisierte Analysenmethodik besteht in diesem Bereich offensichtlich Handlungsbedarf.

Erfreulicherweise zeigt die aktuelle Untersuchung gegenüber der Marktkontrolle 2011 eine leichte Verbesserung der Kompost- und Gärgutqualität. Eine besonders deutliche Qualitätsverbesserung wurde bei PAK festgestellt. Dies zeigt, dass die nach der Kontrolle 2011 eingeleiteten Massnahmen zur Reduktion der PAK-Belastung zielführend waren. Jedoch liegen immer noch 17 % der Proben über dem Richtwert für PAK. Im Weiteren zeigen die Analysenergebnisse, dass 40 % der Proben den Grenzwert für Kunststoffe überschreiten. Bei den weiteren Auffälligkeiten handelt es sich mit grosser Wahrscheinlichkeit um Einzelfälle (PCB) oder es sind nur sehr wenige Proben betroffen (Schwermetalle). Demzufolge sind künftig in erster Linie Massnahmen zur Optimierung der Kompost- und Gärgutqualität betreffend PAK und Kunststoffe angezeigt.

### Massnahmen PAK

Als Quelle für PAK kommt Asche in Frage, welche fälschlicherweise zusammen mit den biogenen Abfällen entsorgt worden ist. Holzasche ist in der Regel schadstoffbelastet und muss korrekt entsorgt werden. Die Ausbringung in der Landwirtschaft oder im Garten ist problematisch und kann zu Beeinträchtigungen von Böden und Gewässern führen. Gleiches gilt für die Kompostierung oder Vergärung von Asche. In Kleinmengen kann ausgekühlte (!) Asche in doppelten Säcken verpackt zusammen mit dem Kehrriem entsorgt werden. Grössere Aschemengen müssen umweltgerecht deponiert werden.

Eine weitere PAK-Quelle stellt Grüngut aus dem Strassenrandbereich dar. Beim Verbrennungsprozess in Motoren entstehen PAK und diese lagern sich im Strassenrandbereich ab. Grüngut aus dem Strassenrandbereich sollte deshalb weder kompostiert noch vergärt werden. Durch einen angepassten Unterhalt kann die entsprechende Grüngutmenge minimiert werden (Mulchung). Dennoch anfallendes Grüngut aus dem unmittelbaren Strassenrandbereich muss einer Kehrichtverbrennungsanlage zugeführt werden.

Die Massnahmen zur weiteren Reduktion der PAK-Belastung von Kompost und Gärgut betreffen demzufolge in erster Linie die Stoffflusslenkung bezüglich Asche aus Privathaushalten sowie Grüngut aus dem Strassenunterhalt. Die betroffenen Akteure wie Privatpersonen, Gemeinden und Anlagenbetreiber müssen sensibilisiert werden. Betreffend Asche muss der korrekte Entsorgungsweg für Kleinmengen aus Privathaushalten (Cheminée, Schwedenofen, Grill etc.) kommuniziert werden.

### **Massnahmen Kunststoffe**

Die Kunststoffanteile in Kompost und Gärgut sind auf Verunreinigungen in den biogenen Abfällen zurückzuführen. Beispielsweise gelangen häufig Kunststoffverpackungen, Folien und Plastiksäcke in die entsprechenden Sammelsysteme für biogene Abfälle. Diese Problematik ist grundsätzlich bekannt und wird auch auf nationaler Ebene diskutiert.

Zurzeit gibt es keine einheitliche Messmethode für den Gesamtnachweis von Kunststoffen in den Kompost- und Gärprodukten. Somit ist die Einhaltung der gesetzlich festgelegten Grenzwerte schwer nach- und überprüfbar. Hier besteht Handlungsbedarf für eine Klärung zwischen den Verwertern und den Behörden.

Durch die Sensibilisierung der Bevölkerung in Zusammenarbeit mit den Gemeinden müssen die Kunststoffanteile in den kommunalen Grüngutsammlungen reduziert werden. Im Weiteren müssen generell Fremdstoffanteile und insbesondere Kunststoffe auf den Anlagen durch Auslesung oder Siebung reduziert werden. Diesbezüglich muss der Stand der Technik sowie die heutige Praxis überprüft und allenfalls weiterentwickelt beziehungsweise angepasst werden.

## 8. Literatur

### 8.1 Zitierte Literatur

**AUE BL 2015:** Geogene Hintergrundbelastungen in den Oberböden im Kanton Basel-Landschaft (<https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/boden/publikationen> )

**AUE BL 2012:** Interkantonale Marktkontrolle Dünger 2011: Teil Recyclingdünger (Kompost, Gärgut) im Kt. Basel-Landschaft, Qualitätskontrolle , Marktkontrolle Recyclingdünger (<https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/boden/publikationen> )

**AUE BL 2010:** Statusbericht zur Belastung der Baselbieter Böden mit Organochlorpestiziden <https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/boden/publikationen>

**BAG 2016,** Bisphenol-A, Factsheet (<https://www.bag.admin.ch/dam/bag/de/dokumente/chem/themen-a-z/factsheet-bisphenol-a.pdf.download.pdf/2017-bpa-factsheet-de.pdf>

**Inspektoratskommission der Grüngut verarbeitenden Branche der Schweiz 2010:** Schweizerische Qualitätsrichtlinie 2010 der Branche für Kompost und Gärgut

### 8.2 Weiterführende Literatur

**BAFU 2016:** Kompostier- und Vergärungsanlagen <https://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiWk6S33-zUAhWibVA-KHVp1CQIQFggiMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.bafu.admin.ch%2Fdam%2Fbafu%2Fde%2Fdokumente%2Fabfall%2Fuz-umwelt-zustand%2Fkompostier-und-vergaerungsanlagen.pdf.download.pdf%2Fkompostier-und-vergaerungsanlagen.pdf&usq=AFQjCNGDBrbKgKxNwG5QW43JJ7wh20TTxw>

**BAFU 2007:** "Kompost und Gärgut in der Schweiz", Schriftenreihe Umwelt-Wissen, Abfall 43/07  
**Bayerisches Landesamt für Umwelt 2010:** Verwertung biogener Abfälle: Rückstände und Schadstoffgehalte

**Brändli R.C.** 2006: Organic Pollutants in Swiss Compost and Digestate", Dissertation EPFL  
**Inspektorat der Kompostier- und Vergärbranche der Schweiz 2015:** Auswertung von 1800 Analysen von Outputprodukten aus der Datenbank CVIS 2013-2015 (Format Excell) <https://www.mpsecure.ch/cvis/index.aspx?site=informationen>

**EPFL 2002,** Organische Schadstoffe im Klärschlamm, Quellen, Verbleib, Risiken für die Umwelt [http://www.sea.eawag.ch/inhalt/sites/Publikationsliste/pdf/Art\\_VSA\\_JB\\_20020419.pdf](http://www.sea.eawag.ch/inhalt/sites/Publikationsliste/pdf/Art_VSA_JB_20020419.pdf)

**FAC Liebefeld (1999):** Arsen in Böden der Schweiz

**Kuch B., et al.** Universität Stuttgart 2007: Untersuchung von Komposten und Gärs substraten auf organische Schadstoffe in Baden-Wartenbergs

**Noser J., et al.** 2005, Kokzidiostatika in Eiern, Geflügelfleisch und Futtermitteln: Eine Stichproben-Kontrolle über den Nordwestschweizer Markt, Mitteilung Lebensmittel- Hyg. 97, 107-120

**Salathé R.** 2010: "Wohin mit dem Kompost", Master Thesis Umwelttechnik und -management, Fachhochschule Nordwestschweiz

**Schleiss K. 2001,** Bericht zum Projekt „Fremdstoffuntersuchung im Grüngut“

**Schweizer Inspektorat der Kompostier- und Vergärbranche** 2016: Ergebnisse von 229 inspizierten Anlagen in 20 Kantonen - Jahresbericht 2015

**Stauffacher B., et al. 2015**, Kunststoff im Kompost, Umwelt Perspektiven 3/15

**Umweltbundesamt (D) 2010**, Bisphenol A – Massenchemikalie mit unerwünschter Nebenwirkung

**FAC Liebefeld** (1995): Kompost und Klärschlamm, Weisungen und Empfehlungen der FAC im Bereich der Abfalldünger

**Inspektorat der Kompostier- und Vergärbranche der Schweiz** 2015: Jahresbericht 2015  
[https://www.mpsecure.ch/cvis/public/pdf/2015-10\\_CH-Bericht.pdf](https://www.mpsecure.ch/cvis/public/pdf/2015-10_CH-Bericht.pdf)

**Tagesanzeiger** 3.7.2014, Bauern ärgern sich über Plastikfetzen im Dünger,  
<http://www.tagesanzeiger.ch/zuerich/stadt/Bauern-aergern-sich-ueber-Plastikfetzen-im-Duenger/story/15045007>

### 8.3 Rechtliche Grundlagen

**BAFU** 2001: Wegleitung Bodenaushub, Verwertung von ausgehobenem Boden

**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

**Verordnung über die Verwertung und Entsorgung von Abfällen** (VVEA, 2015) SR 814.600, Stand 1. Januar 2016

**Fremd- und Inhaltsstoffverordnung** (FIV 1995), SR 817.021.23, Stand 1. Oktober 2015

### 8.4 Richtlinien und Merkblätter

**Positivliste der Ausgangsmaterialien und Zuschlagsstoffe zur Herstellung von Komposten und Gärgut** Inspektoratskommission der Kompostier- und Vergärungsbranche der Schweiz, Stand 4.9.2006



**Anhang**

Anhang 1: Analysedaten Schwermetalle, PAK, PCB, und Kunststoffanteil

Grün = < 50% des GW/RW ChemRRV  
 Gelb = > 50 – 100% des GW/RW ChemRRV  
 Rot = Überschreitung des GW/RW ChemRRV  
 Rosa = auffälliger Wert bei PCB

<b>ALV/UAN Analysenbericht</b>									
Projekt	KOMPOST16								
Datum	16.06.2016								
Entspricht Analysenbericht #020031 vom 16-Jun-2016									
Probenbezeichnung	Reifekompost Feldrandmiete	Rohkompost Platzmiete	Rohkompost	Rohkompost	Rohkompost	Reifekompost	Gärgut fest ab Presse	Gärgut flüssig ab Presse	
	1-16-11	1-16-12	02-16-11	03-16-11	04-16-11	04-16-12	06-16-01	06-16-02	
Probenahmedatum	21.06.2016	21.06.2016	17.06.2016	17.06.2016	17.06.2016	17.06.2016	25.04.2016	25.04.2016	
interne Probennummer	85687	85688	85656	85657	85658	85659	84782	84783	
Trockensubstanz	%	62.2	64	58.3	47.2	58.7	64.5	-	15.6
Kunststoffanteile	%	<0.010	<0.010	0.045	0.2	0.16	<0.010	0.065	-
<b>Totalgehalte MW-Aufschluss</b>									
Blei (GW=120)	mg/kg TS	30	35	35	31	36	32	15	29
Cadmium (GW=1)	mg/kg TS	0.4	0.39	0.33	0.31	0.31	0.37	0.27	0.53
Kupfer (GW=100)	mg/kg TS	42	35	39	31	40	38	26	52
Nickel (GW=30)	mg/kg TS	14	20	19	19	19	18	13	28
Quecksilber (GW=1)	mg/kg TS	0.14	0.19	0.2	0.21	0.2	0.2	<0.10	0.11
Zink (GW=400)	mg/kg TS	120	130	150	130	120	120	85	180
<b>PAK</b>									
Summe PAK (RW=4)	mg/kg TS	1.2	4.7	1.9	2.2	3.1	2.1	4.2	3.9
<b>PCB</b>									
Summe PCB (VBBo)	mg/kg TS	0.005	0.015	0.016	0.009	0.037	0.021	0.018	0.019
(VBBo, PW=0.1, SW=1)									

Probenbezeichnung	Gärgut flüssig aus Lager	Rohkompost	Gärgut flüssig aus Lager	Gärgut fest ab Presse	Gärgut flüssig Eluattank	Gärgut flüssig Endlager	Reifekompost n. ausgesiebt	Fertigkompost
	06-16-03	6-16-13	6-16-14	6-16-21	6-16-22	6-16-23	6-16-24	6-16-25
Probenahmedatum	25.04.2016	22.06.2016	22.06.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016
interne Probennummer	84784	85705	85706	87133	87134	87135	87136	87137
Trockensubstanz	%	13.1	63.7	16.2	-	18.7	18.8	-
Kunststoffanteile	%	-	0.094	-	<0.010	-	-	0.17
<b>Totalgehalte MW-Aufschluss</b>								
Blei (GW=120)	mg/kg TS	29	31	40	14	29	32	36
Cadmium (GW=1)	mg/kg TS	1.6	0.53	0.62	0.25	0.47	0.5	0.47
Kupfer (GW=100)	mg/kg TS	49	40	55	21	42	44	32
Nickel (GW=30)	mg/kg TS	26	21	32	14	22	24	18
Quecksilber (GW=1)	mg/kg TS	0.1	0.25	0.18	0.15	0.12	0.13	0.13
Zink (GW=400)	mg/kg TS	190	180	200	76	160	170	130
<b>PAK</b>								
Summe PAK (RW=4)	mg/kg TS	4.7	1.6	3.2	3.6	2.8	3.2	3.3
<b>PCB</b>								
Summe PCB (VBBo)	mg/kg TS	0.014	0.009	0.013	0.007	0.01	0.011	0.007
(VBBo, PW=0.1, SW=1)								

		Reifekompost	Rohkompost	Rohkompost	Kompost	Kompost	Reifekompost	Rohkompost	Rohkompost
					Feldrandmiete	Feldrandmiete		Feldrandmiete	
Probenbezeichnung		7-16-01	8-16-01	8-16-02	9-16-11	10-16-11	11-16-11	11-16-12	12-16-01
Probenahmedatum		22.06.2016	22.06.2016	22.06.2016	23.06.2016	23.06.2016	21.06.2016	21.06.2016	22.06.2016
interne Probennummer		85707	85708	85709	85715	85716	85689	85690	85710
Trockensubstanz	%	70.3	74.4	64.1	54.4	49	54.1	49.6	56.1
Kunststoffanteile	%	<0.010	0.21	0.15	0.16	<0.010	0.36	0.025	0.035
<b>Totalgehalte MW-Aufschluss</b>									
Blei (GW=120)	mg/kg TS	28	100	74	32	25	51	39	57
Cadmium (GW=1)	mg/kg TS	0.52	0.42	0.37	0.35	0.31	0.36	0.36	0.32
Kupfer (GW=100)	mg/kg TS	47	55	57	31	33	46	40	46
Nickel (GW=30)	mg/kg TS	18	28	26	15	17	21	20	20
Quecksilber (GW=1)	mg/kg TS	0.14	0.37	0.36	<0.10	0.18	0.26	0.14	0.19
Zink (GW=400)	mg/kg TS	160	180	160	180	110	150	130	120
<b>PAK</b>									
Summe PAK (RW=4)	mg/kg TS	0.77	2.6	2.6	2.2	2.2	2.6	2.7	2.6
<b>PCB</b>									
Summe PCB (VBBo)	mg/kg TS	0.01	0.049	0.047	0.022	0.008	0.018	0.015	0.021
(VBBo, PW=0.1, SW=1)									

		Rohkompost	Reifekompost	Gärgut fest	Gärgut flüssig	Gärgut flüssig	Gärgut fest	Gärgut flüssig	Gärgut flüssig
				Presskuchen	Endlager	frisch	ab Presse	Endlager	Nachfermenter
Probenbezeichnung		12-16-02	12-16-03	13-16-01	13-16-02	13-16-03	13-16-11	13-16-12	13-16-13
Probenahmedatum		22.06.2016	22.06.2016	25.04.2016	25.04.2016	25.04.2016	21.06.2016	21.06.2016	21.06.2016
interne Probennummer		85711	85712	84785	84786	84787	85691	85692	85693
Trockensubstanz	%	59.2	47.1	-	10	10.1	36.4	8.4	10.3
Kunststoffanteile	%	0.032	0.02	<0.010	-	-	<0.010	-	-
<b>Totalgehalte MW-Aufschluss</b>									
Blei (GW=120)	mg/kg TS	40	35	3.6	5	5.5	5.4	9.9	7.7
Cadmium (GW=1)	mg/kg TS	0.35	0.34	0.12	0.28	0.26	0.2	0.33	0.27
Kupfer (GW=100)	mg/kg TS	34	36	19	58	66	20	69	54
Nickel (GW=30)	mg/kg TS	22	16	3.5	9.2	8.5	10	12	11
Quecksilber (GW=1)	mg/kg TS	0.2	0.15	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Zink (GW=400)	mg/kg TS	130	130	130	220	260	100	260	200
<b>PAK</b>									
Summe PAK (RW=4)	mg/kg TS	2.6	1.9	1	1.3	1.5	2.6	0.96	1.6
<b>PCB</b>									
Summe PCB (VBBo)	mg/kg TS	0.077	0.034	0.029	0.006	0.004	0.011	0.002	0.006
(VBBo, PW=0.1, SW=1)									

Entspricht Analysenbericht #020031 vom 16-Jun-2016									
		Gärgut fest	Gärgut flüssig	Gärgut flüssig	Gärgut fest	Gärgut flüssig	Gärgut flüssig	Gärgut fest	Gärgut fest
		ab Presse	Endlager	aus Nachferment	Presse	Stapelbehälter	ab Presse	frisch	Kompost, n.4W.
Probenbezeichnung		13-16-21	13-16-22	13-16-23	14-16-01	14-16-02	14-16-03	14-16-11	14-16-12
Probenahmedatum		17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	25.04.2016	25.04.2016	25.04.2016	21.06.2016	21.06.2016
interne Probennummer		87142	87143	87144	84788	84789	84790	85700	85701
Trockensubstanz	%	-	9.7	10.3	-	14.8	16.8	39.4	48.2
Kunststoffanteile	%	<0.010	-	-	0.58	-	-	0.068	0.095
<b>Totalgehalte MW-Aufschluss</b>									
Blei (GW=120)	mg/kg TS	7.6	17	12	28	42	43	32	35
Cadmium (GW=1)	mg/kg TS	0.12	0.33	0.4	0.24	0.43	0.43	0.23	0.23
Kupfer (GW=100)	mg/kg TS	17	140	57	28	56	52	29	29
Nickel (GW=30)	mg/kg TS	5.4	13	12	15	26	24	19	17
Quecksilber (GW=1)	mg/kg TS	0.12	0.11	<0.10	0.11	0.12	0.13	0.11	<0.10
Zink (GW=400)	mg/kg TS	74	310	240	96	200	190	100	99
<b>PAK</b>									
Summe PAK (RW=4)	mg/kg TS	2.9	1.8	1.6	3.9	4.5	4.2	3.8	3
<b>PCB</b>									
Summe PCB (VBBo)	mg/kg TS	0.01	<0.011	<0.0039	0.25	0.028	0.022	0.023	0.02
(VBBo, PW=0.1, SW=1)									

		Gärgut flüssig	Gärgut flüssig	Gärgut fest	Gärgut flüssig	Gärgut flüssig	Fertigkompost	Reifekompost
		Stapelbehälter	ab Presse		frisch	ab Presse	aus 2015	
Probenbezeichnung		14-16-13	14-16-14	14-16-21	14-16-22	14-16-23	15-16-11	16-16-11
Probenahmedatum		21.06.2016	21.06.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	23.06.2016	21.06.2016
interne Probennummer		85702	85703	87145	87146	87147	85717	85704
Trockensubstanz	%	14	16.2	-	13.6	15	55.3	59.9
Kunststoffanteile	%	-	-	0.077	-	-	0.026	0.019
<b>Totalgehalte MW-Aufschluss</b>								
Blei (GW=120)	mg/kg TS	52	61	20	34	39	13	40
Cadmium (GW=1)	mg/kg TS	0.5	0.44	0.17	0.39	0.42	0.2	0.31
Kupfer (GW=100)	mg/kg TS	62	56	22	52	54	27	34
Nickel (GW=30)	mg/kg TS	27	26	12	19	21	10	18
Quecksilber (GW=1)	mg/kg TS	0.16	0.18	<0.10	0.16	0.16	0.1	0.15
Zink (GW=400)	mg/kg TS	220	190	77	180	190	100	120
<b>PAK</b>								
Summe PAK (RW=4)	mg/kg TS	4.7	4.7	2.5	3.1	3.4	5.4	2.7
<b>PCB</b>								
Summe PCB (VBBo)	mg/kg TS	0.033	0.035	0.015	0.017	0.012	0.013	0.015
(VBBo, PW=0.1, SW=1)								

## Anhang 2: Analysedaten Kokzidiostatika

<b>ALV/UAN Analysenbericht</b>						
Projekt	KOMPOST16					
Datum	28.04.2017					
Entspricht Analysenbericht #020509 vom 28-Apr-2017						
<i>Probenbezeichnung</i>		13-16-12	13-16-13	14-16-13	14-16-14	6-16-14
<i>Probenahmedatum</i>		21.06.2016	21.06.2016	21.06.2016	21.06.2016	22.06.2016
<i>Probeneingang UAN</i>		21-JUN-2016	21-JUN-2016	22-JUN-2016	22-JUN-2016	22-JUN-2016
<i>interne Probennummer</i>		85692	85693	85702	85703	85706
Trockensubstanz	%	8.4	10.3	14	16.2	16.2
<b>Kokzidiostatika</b>						
Decoquinat	µg/kg TS	<6.0	<5.0	<4.0	<3.0	<3.0
Diclazuril	µg/kg TS	<6.0	<5.0	<4.0	<3.0	<3.0
Lasalocid	µg/kg TS	<6.0	<5.0	<4.0	<3.0	<3.0
Maduramycin	µg/kg TS	<6.0	<5.0	<4.0	<3.0	<3.0
Monensin	µg/kg TS	<6.0	<5.0	<4.0	3.1	<3.0
Narasin	µg/kg TS	<6.0	<5.0	7.1	8	4.3
Nicarbazin	µg/kg TS	<6.0	<5.0	<4.0	<3.0	<3.0
Robenidin	µg/kg TS	40	49	3.6	4.3	2.5
Salinomycin	µg/kg TS	<6.0	<5.0	<4.0	<3.0	<3.0
Die Analyse der Kokzidiostatika erfolgte im nicht akkreditierten Bereich. Die Resultate wurden durch Aufstockung in der jeweiligen Probenmatrix berechnet.						

Anhang 3: Analysedaten Organochlorpestizide (OCP)

<b>ALV/JUAN Analysenbericht</b>													
Projekt	KOMPOST16												
Datum	06.01.2017												
Entspricht Analysenbericht #020344 vom 6-Jan-2017													
<i>Probenbezeichnung</i>	04-16-12	11-16-11	14-16-13	12-16-03	10-16-11	6-16-23	6-16-24	6-16-25	13-16-21	13-16-22			
<i>Probenahmedatum</i>	17.06.2016	21.06.2016	21.06.2016	22.06.2016	23.06.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	
<i>Probenzugang UAN</i>	17.06.2016	21.06.2016	21.06.2016	22.06.2016	23.06.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	
<i>interne Probennummer</i>	85659	85687	85702	85712	85716	87135	87136	87137	87142	87143			
<i>Trockensubstanz</i>	64.5	62.2	54.1	47.1	49	18.8	-	-	-	-			
			14										
<b>Organochlorpestizide</b>													
Hexachlorbenzol	0.41	<0.28	0.91	0.86	0.51	0.43	0.57	0.33	<2.0	<1.9			
alpha-HCH	<0.26	<0.28	<0.26	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
beta-HCH	0.44	<0.28	<0.26	<0.57	1.3	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
gamma-HCH	<0.26	<0.28	0.62	<0.57	0.39	<0.26	6.8	1	<2.0	2.3			
Aldrin	<0.26	<0.28	<0.26	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
Dieldrin	0.48	0.76	0.5	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	0.37	<2.0	<1.9			
Endrin	<0.26	<0.28	<0.26	<0.57	<0.27	<0.26	1.2	<0.28	<2.0	<1.9			
Heptachlor	<0.26	<0.28	<0.26	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
Heptachlor-epoxy-epoxid	<0.26	<0.28	<0.26	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
Heptachlor-endo-epoxid	<0.26	<0.28	<0.26	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
2,4-DDT	<0.26	<0.28	<0.26	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
4,4-DDT	1.1	0.37	<0.26	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	0.69	<2.0	<1.9			
2,4-DDE	<0.26	<0.28	<0.26	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
4,4-DDE	2.6	1.1	1.9	9.5	1.8	0.86	2.6	2.3	<2.0	3.1			
4,4-DDD	0.28	<0.28	<0.26	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
4,4-DDD	1.6	0.62	0.7	<0.57	0.97	0.46	<0.57	0.59	<2.0	<1.9			
Technazen	<0.26	<0.28	<0.26	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
Quintozen	0.26	<0.28	0.36	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
cis-Chlordan	<0.26	<0.28	<0.26	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
trans-Chlordan	<0.26	<0.28	<0.26	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
alpha-Endosulfan	<0.26	<0.28	0.63	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
beta-Endosulfan	<0.26	<0.28	<0.26	<0.57	<0.27	<0.26	<0.57	<0.28	<2.0	<1.9			
Summe HCH	<0.95	<0.83	<1.1	<2.0	<0.79	<2.7	<7.9	<1.6	<5.9	<6.2			
Summe DDT	<6.3	<2.9	<3.4	<3.8	<2.4	<3.5	<5.4	<4.5	<12	<13			

Anhang 4: Analysedaten sämtliche Schwermetalle

<b>ALV/UAN Analysenbericht</b>													
Projekt	KOMPOST16												
Datum	16.06.2016												
Entspricht Analysenbericht #020031 vom 16-Jun-2016													
Probenbezeichnung	Reliekompost Feldrandmiete 1-16-11	Reliekompost Platzmiete 1-16-12	Rohkompost 02-16-11	Rohkompost 03-16-11	Rohkompost 04-16-11	Reliekompost 04-16-12	Gärgut fest ab Presse 06-16-01	Gärgut flüssig ab Presse 06-16-02	Gärgut flüssig aus Lager 06-16-03	Rohkompost 6-16-13	Gärgut flüssig aus Lager 6-16-14	Gärgut fest ab Presse 6-16-21	Gärgut flüssig Eluatank 6-16-22
Probenahmedatum interne Probennummer	21.06.2016 85687	21.06.2016 85688	17.06.2016 85656	17.06.2016 85657	17.06.2016 85658	17.06.2016 85659	25.04.2016 84782	25.04.2016 84783	25.04.2016 84784	22.06.2016 85705	22.06.2016 85706	17.10.2016 87133	17.10.2016 87134
<b>Totalgehalte MW-Aufschluss</b>													
Aluminium	mg/kg TS 12000	17000	18000	18000	14000	14000	6200	14000	13000	16000	19000	5700	12000
Antimon	mg/kg TS 0.47	0.49	0.72	0.48	0.58	0.58	0.51	0.51	0.49	1.3	0.78	0.35	0.48
Arsen	mg/kg TS 6.2	9.2	7.6	12	7	6.7	4.6	8.9	8	10	12	3.9	7.1
Blei (GW=120)	mg/kg TS 30	35	35	31	36	32	15	29	29	31	40	14	29
Bor	mg/kg TS 38	40	44	36	31	35	23	33	33	39	39	26	33
Cadmium (GW)	mg/kg TS 0.4	0.39	0.33	0.31	0.31	0.37	0.27	0.53	1.6	0.53	0.62	0.25	0.47
Calcium	mg/kg TS 55000	65000	71000	57000	46000	51000	37000	33000	34000	42000	33000	45000	31000
Chrom	mg/kg TS 32	44	40	43	46	35	25	56	51	40	60	28	47
Eisen	mg/kg TS 9400	13000	13000	14000	11000	11000	6000	10000	9400	11000	13000	6200	9700
Kalium	mg/kg TS 10000	14000	14000	11000	11000	11000	8900	20000	22000	10000	24000	12000	23000
Kobalt	mg/kg TS 3.9	5.6	5.8	5.8	4.7	4.9	2.7	4.5	4.2	4.7	6.2	2.3	4.1
Kupfer (GW=1)	mg/kg TS 42	35	39	31	40	38	26	52	49	40	55	21	42
Magnesium	mg/kg TS 4900	5600	6000	4300	4100	4200	2600	4600	4800	4000	5400	3100	5000
Mangan	mg/kg TS 440	420	430	410	380	370	230	400	400	450	500	210	360
Molybdän	mg/kg TS 1.2	2	1.4	1.5	1.8	1.7	1.3	3.1	3.1	1.6	3.4	1.6	3.2
Natrium	mg/kg TS 610	550	680	480	450	560	2600	6200	6600	1500	4200	1800	3400
Nickel (GW=3)	mg/kg TS 14	20	19	19	19	18	13	28	26	21	32	14	22
Phosphor	mg/kg TS 2700	3100	3400	2600	2300	2500	2600	5700	6200	2700	5500	3500	7100
Quecksilber (GW=1)	mg/kg TS 0.14	0.19	0.2	0.21	0.2	0.2	<0.10	0.11	0.1	0.25	0.18	0.15	0.12
Schwefel	mg/kg TS 1600	2000	2200	1900	1700	1700	1800	3000	3400	2000	3600	1600	3100
Thallium	mg/kg TS 0.21	0.31	0.26	0.28	0.23	0.23	0.28	0.39	0.41	0.32	0.37	0.16	0.28
Uran	mg/kg TS 0.58	0.76	0.9	0.62	0.68	0.6	0.47	0.98	0.98	1.1	1	0.41	0.76
Vanadium	mg/kg TS 27	40	38	43	31	31	16	29	27	31	40	13	25
Zink (GW=400)	mg/kg TS 120	130	150	130	120	120	85	180	190	180	200	76	160
Zinn	mg/kg TS 1.9	3.1	3.7	2.8	3.3	3.4	1.4	3.6	2.6	3.3	4.3	5.9	9.8

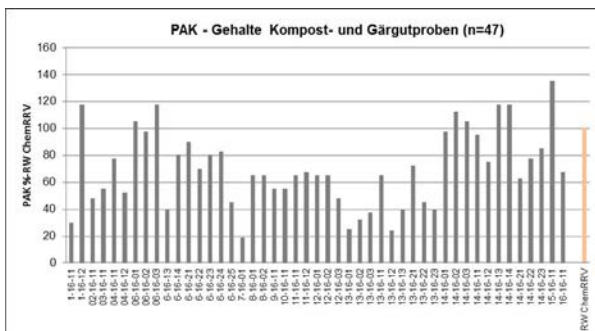
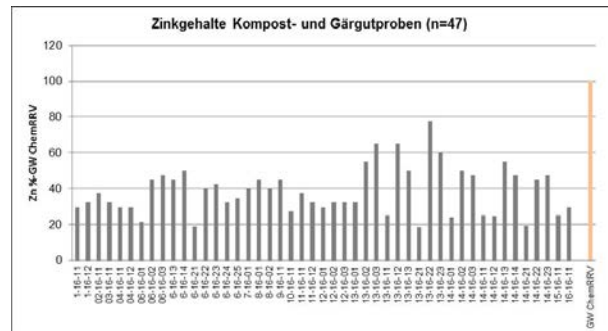
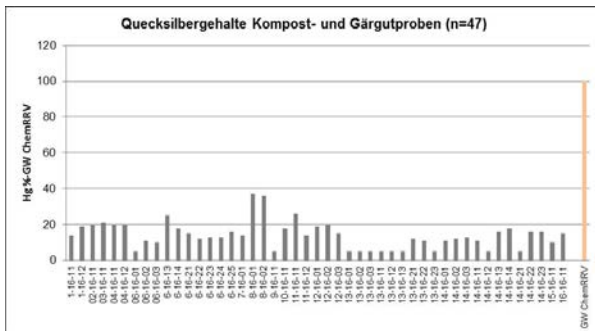
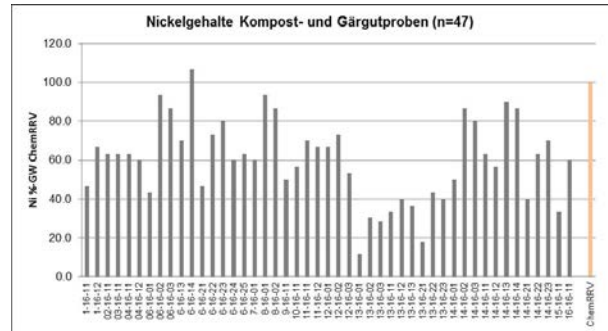
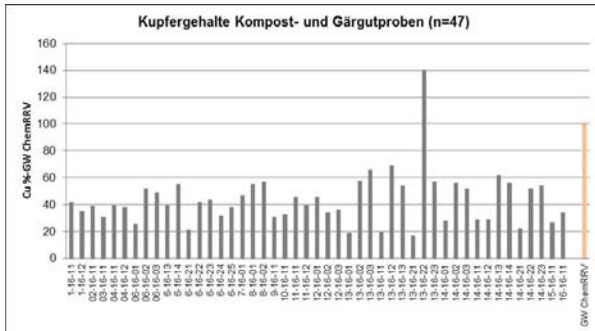
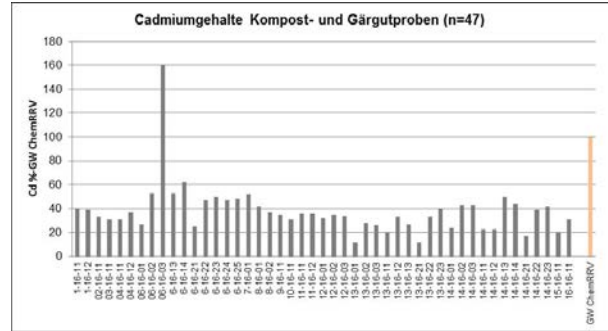
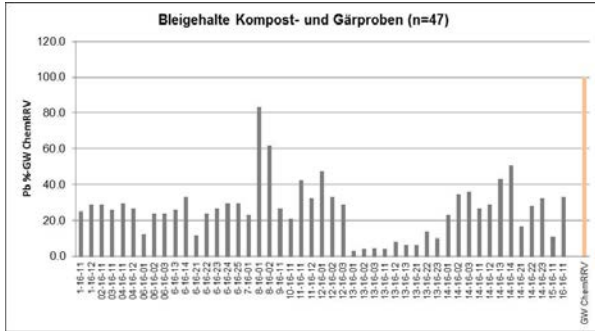
<b>ALV/UAN Analysenbericht</b>													
Projekt	KOMPOST16												
Datum	16.06.2016												
Entspricht Analysenbericht #020031 vom 16-Jun-2016													
Probenbezeichnung	Gärgut flüssig Endlager 6-16-23	ReifeKompost n. ausgiesiebt 6-16-24	Fertigkompost 6-16-25	ReifeKompost 7-16-01	Roikompost 8-16-01	Roikompost 8-16-02	Kompost Feldrandmiete 9-16-11	Kompost Feldrandmiete 10-16-11	ReifeKompost 11-16-11	Roikompost Feldrandmiete 11-16-12	Roikompost 12-16-01	Roikompost 12-16-02	ReifeKompost 12-16-03
Probenahmedatum	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	22.06.2016	22.06.2016	22.06.2016	23.06.2016	23.06.2016	21.06.2016	21.06.2016	22.06.2016	22.06.2016	22.06.2016
interne Probennummer	87135	87136	87137	85707	85708	85709	85715	85716	85689	85690	85710	85711	85712
Totalgehalte MW-Aufschluss													
Aluminium	13000	14000	17000	13000	18000	17000	13000	14000	20000	18000	15000	13000	12000
Antimon	0.5	0.66	0.85	0.64	1	0.94	0.67	0.49	3.8	0.48	0.92	0.85	0.88
Arsen	7.7	7.6	8.8	6.3	7.2	7.7	7.9	7.5	9.7	9.2	6.3	5.9	4.7
Blei (GW=120)	32	36	36	28	100	74	32	25	51	39	57	40	35
Bor	35	29	34	44	29	28	42	46	41	38	23	34	42
Cadmium (GW)	0.5	0.47	0.48	0.52	0.42	0.37	0.35	0.31	0.36	0.36	0.32	0.35	0.34
Calcium	30000	39000	43000	62000	35000	36000	63000	75000	57000	57000	38000	51000	52000
Chrom	49	38	38	37	58	57	43	36	44	46	40	43	30
Eisen	10000	10000	11000	10000	15000	14000	12000	11000	15000	14000	11000	11000	8900
Kalium	24000	11000	15000	16000	8100	8000	9900	9200	14000	14000	9800	9500	8200
Kobalt	4.2	4.1	4.5	5.3	7.5	7.3	4.7	4.8	6.3	5.7	6.3	6.8	6.5
Kupfer (GW=1)	44	32	38	47	55	57	31	33	46	40	46	34	36
Magnesium	5400	3700	4500	4500	4900	4700	3900	4500	5800	5000	4100	5000	4500
Mangan	380	360	440	370	540	510	430	380	450	420	400	380	340
Molybdän	3.5	2.2	2.5	2.3	<1.0	<1.0	1.4	1.2	1.5	1.7	1.4	1.5	1
Natrium	3300	2000	3400	440	540	480	370	450	710	550	1300	1200	1200
Nickel (GW=30)	24	18	19	18	28	26	15	17	21	20	20	22	16
Phosphor	7600	2900	3700	4100	2700	2300	2800	3000	3300	3100	2400	2200	2500
Quecksilber (mg/kg TS)	0.13	0.13	0.16	0.14	0.37	0.36	<0.10	0.18	0.26	0.14	0.19	0.2	0.15
Schwefel	3000	1300	1700	2900	1400	1400	2100	2000	2200	2200	1500	1700	2000
Thallium	0.31	0.3	0.37	0.2	0.24	0.25	0.16	0.19	0.34	0.28	0.19	0.19	0.16
Uran	0.84	1.3	1.9	0.63	0.96	0.91	0.63	0.63	0.77	0.66	1.2	0.97	0.91
Vanadium	27	26	30	27	38	35	32	33	46	42	27	27	22
Zink (GW=400)	170	130	140	160	180	160	180	110	150	130	120	130	130
Zinn	8.5	2.8	3.2	2.9	8.8	12	2.6	2.5	8.7	3.1	7.6	4.4	10



<b>ALVIJAN Analysenbericht</b>													
Projekt	KOMPOST16												
Datum	16.06.2016												
Entspricht Analysenbericht #020031 vom 16-Jun-2016													
Probenbezeichnung	Gärgut fest Presskuchen 13-16-01	Gärgut flüssig Endlager 13-16-02	Gärgut flüssig frisch 13-16-03	Gärgut fest ab Presse 13-16-11	Gärgut flüssig Endlager 13-16-12	Gärgut flüssig Nachfermenter 13-16-13	Gärgut fest ab Presse 13-16-21	Gärgut flüssig Endlager 13-16-22	Gärgut flüssig aus Nachfermenter 13-16-23	Gärgut fest frisch 14-16-01	Gärgut flüssig Stapelbehälter 14-16-02	Gärgut flüssig ab Presse 14-16-03	Gärgut fest frisch 14-16-11
Probenahmedatum	25.04.2016	25.04.2016	25.04.2016	21.06.2016	21.06.2016	21.06.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	25.04.2016	25.04.2016	25.04.2016	21.06.2016
interne Probennummer	84785	84786	84787	85691	85692	85693	87142	87143	87144	84788	84789	84790	85700
Totalgehalte MV-/Aufschluss													
Aluminium	1600	4500	4000	3800	7100	6400	2800	8800	8600	9600	19000	18000	9100
Antimon	0.34	0.17	0.2	0.14	0.38	0.22	0.11	0.3	0.24	0.5	0.53	0.58	0.53
Arsen	1	2.7	2.4	2.5	3.7	3.4	1.9	4.3	4.3	4.4	6.8	6.5	4.3
Blei (GW=120)	3.6	5	5.5	5.4	9.9	7.7	7.6	17	12	28	42	43	32
Bor	14	37	34	19	41	35	29	44	43	24	30	30	24
Cadmium (GW)	0.12	0.28	0.26	0.2	0.33	0.27	0.12	0.33	0.4	0.24	0.43	0.43	0.23
Calcium	35000	35000	32000	67000	29000	27000	35000	27000	27000	48000	26000	26000	46000
Chrom	6.8	18	18	20	23	22	11	25	24	29	51	56	35
Eisen	1900	4100	3900	4700	5400	4900	3200	6500	6400	12000	17000	16000	11000
Kalium	13000	48000	44000	16000	59000	48000	9700	50000	51000	8000	18000	17000	11000
Kobalt	0.8	1.8	1.7	2	2.5	2.3	1.3	2.9	2.9	4.1	6	5.8	4.2
Kupfer (GW=1)	19	58	66	20	69	54	17	140	57	28	56	52	29
Magnesium	2500	6400	5800	3300	6100	5700	2500	5700	5700	3500	5200	5100	3900
Mangan	120	330	300	300	330	310	150	310	300	340	460	460	330
Molybdän	2.1	9.6	9.6	1.7	6.7	5.3	1.5	6	5.9	1.7	2.2	2.1	2
Natrium	1400	6000	5700	1600	6100	4900	1300	6500	6700	1700	4200	3600	1700
Nickel (GW=3)	3.5	9.2	8.5	10	12	11	5.4	13	12	15	26	24	19
Phosphor	3300	10000	9200	3600	9200	8600	3200	8400	8700	3400	5100	5000	3500
Quecksilber (GW)	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.12	0.11	<0.10	0.11	0.12	0.13	0.11
Schwefel	2300	5900	5300	2700	6800	5900	1600	5500	5700	2100	3200	3000	2700
Thallium	0.16	0.13	0.15	<0.10	0.12	0.11	<0.10	0.15	0.14	0.22	0.3	0.32	0.13
Uran	0.32	0.96	0.86	0.42	0.93	0.77	0.4	1.1	1.1	0.56	0.81	0.9	0.54
Vanadium	3.4	11	9.5	10	16	14	8	19	19	22	36	35	21
Zink (GW=400)	130	220	260	100	260	200	74	310	240	96	200	190	100
Zinn	0.37	0.71	0.83	1.5	2.5	1.8	0.83	2.1	1.8	3	4.8	5.4	1.2

<b>ALV/UAN Analysenbericht</b>									
Projekt	KOMPOST16								
Datum	16.06.2016								
Entspricht Analysenbericht #020031 vom 16-Jun-2016									
Probenbezeichnung		Gärgut fest Kompost, n.4W. <b>14-16-12</b>	Gärgut flüssig Stapelbehälter <b>14-16-13</b>	Gärgut flüssig ab Presse <b>14-16-14</b>	Gärgut fest <b>14-16-21</b>	Gärgut flüssig frisch <b>14-16-22</b>	Gärgut flüssig ab Presse <b>14-16-23</b>	Fertigkompost aus 2015 <b>15-16-11</b>	Reifekompost <b>16-16-11</b>
Probenahmedatum		21.06.2016	21.06.2016	21.06.2016	17.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	23.06.2016	21.06.2016
interne Probennummer		85701	85702	85703	87145	87146	87147	85717	85704
<b>Totalgehalte MW-Aufschluss</b>									
<b>Aluminium</b>	mg/kg TS	10000	21000	17000	6500	13000	14000	8100	14000
<b>Antimon</b>	mg/kg TS	0.59	0.75	0.82	0.5	0.55	0.6	0.83	0.63
<b>Arsen</b>	mg/kg TS	4.2	7.1	6.2	2.9	4.6	5.1	4.9	5.7
<b>Blei (GW=120)</b>	mg/kg TS	35	52	61	20	34	39	13	40
<b>Bor</b>	mg/kg TS	23	36	33	26	37	39	41	27
<b>Cadmium (GW=10)</b>	mg/kg TS	0.23	0.5	0.44	0.17	0.39	0.42	0.2	0.31
<b>Calcium</b>	mg/kg TS	51000	31000	33000	50000	27000	30000	100000	46000
<b>Chrom</b>	mg/kg TS	37	56	53	25	34	42	24	38
<b>Eisen</b>	mg/kg TS	11000	17000	16000	8800	13000	14000	7100	10000
<b>Kalium</b>	mg/kg TS	10000	28000	25000	8500	22000	23000	12000	8700
<b>Kobalt</b>	mg/kg TS	4.2	6.4	5.8	2.7	4.5	4.8	2.8	4.5
<b>Kupfer (GW=10)</b>	mg/kg TS	29	62	56	22	52	54	27	34
<b>Magnesium</b>	mg/kg TS	3900	6000	5500	3600	4900	5300	4300	4600
<b>Mangan</b>	mg/kg TS	330	500	470	240	360	380	250	360
<b>Molybdän</b>	mg/kg TS	1.7	3.6	3.7	1.5	3.3	3.5	2.1	1.1
<b>Natrium</b>	mg/kg TS	1500	3800	3300	1500	3600	3700	300	620
<b>Nickel (GW=30)</b>	mg/kg TS	17	27	26	12	19	21	10	18
<b>Phosphor</b>	mg/kg TS	3500	6800	6400	3400	6900	7600	3200	2300
<b>Quecksilber (GW=10)</b>	mg/kg TS	<0.10	0.16	0.18	<0.10	0.16	0.16	0.1	0.15
<b>Schwefel</b>	mg/kg TS	2500	4400	3900	1900	3800	4200	2700	1600
<b>Thallium</b>	mg/kg TS	0.15	0.3	0.26	<0.10	0.2	0.23	0.11	0.2
<b>Uran</b>	mg/kg TS	0.62	0.94	0.85	0.42	0.72	0.74	0.4	0.76
<b>Vanadium</b>	mg/kg TS	22	39	34	15	24	27	19	26
<b>Zink (GW=400)</b>	mg/kg TS	99	220	190	77	180	190	100	120
<b>Zinn</b>	mg/kg TS	3.9	5.5	6	2.7	3.8	4.5	2.1	4.3

Anhang 5: Grafische Darstellung der Schwermetall- und PAK-Gehalte



## Anhang 6: Analysedaten Bisphenol-A

<b>ALV/UAN Analysenbericht</b>				
Projekt	KOMPOST16			
Datum	23.03.2017			
Entspricht Analysenbericht #020421 vom 23-Mär-2017				
				Bisphenol A
<i>Probenbezeichnung</i>	<i>interne Probennr.</i>	<i>Probenahmedatum</i>	<i>Probeneingang UAN</i>	<i>µg/kg TS</i>
04-16-12	85659	17.06.2016	20-JUN-2016	6.4
1-16-11	85687	21.06.2016	21-JUN-2016	45
11-16-11	85689	21.06.2016	21-JUN-2016	39
14-16-13	85702	21.06.2016	22-JUN-2016	<1.8
12-16-03	85712	22.06.2016	22-JUN-2016	4.8
10-16-11	85716	23.06.2016	23-JUN-2016	6.7
6-16-23	87135	17.10.2016	17-OCT-2016	44
6-16-24	87136	17.10.2016	17-OCT-2016	18
6-16-25	87137	17.10.2016	17-OCT-2016	14
13-16-21	87142	17.10.2016	17-OCT-2016	<13
13-16-22	87143	17.10.2016	17-OCT-2016	650