

EINSCHÄTZUNG DER SPEISERESTEVERWERTUNG

BEI REMONDIS GEMÄß *CRADLE TO CRADLE*[®]

EPEA Internationale Umweltforschung GmbH

Hamburg, Mai 2016

Version 2.2

Inhalt

1	Zusammenfassung.....	1
2	Einleitung	3
3	Bewertung.....	4
3.1	Bewertungskriterien.....	5
3.2	Beurteilung des Behandlungssystems und der Produkte.....	6
3.3	Entwicklungsmöglichkeiten nach <i>Cradle to Cradle</i> ®.....	10
3.4	Gegenüberstellung der Bewertung nach <i>Cradle to Cradle</i> ® mit den Firmenwerten von REMONDIS	11
3.4.1	Erneuerbare Energie und Klimaschutz.....	11
3.4.2	Nährstoffkreisläufe	12
3.4.3	Nachhaltigkeit	12
4	Ausgangssituation.....	13
4.1	Derzeitiges Aufkommen von Lebensmittelabfällen in Deutschland	13
4.2	Biogasanlagen	14
4.3	Energetisch-stoffliche Kaskadennutzung unter dem Cradle to Cradle Blickwinkel .	15
4.4	Erweiterte Konzepte der energetisch-stoffliche Kaskadennutzung zur umfassenden Nutzung der Biomassereststoffe.....	15
5	Systembeschreibung und -analyse.....	16
5.1	Methodik	16
5.2	Speiseresteverwertung.....	16
5.2.1	Produktanalyse Speiseresteverwertung	20
	Produkt Biogas.....	20
	Produkt DynAgro – organischer Dünger	20
	Vorprodukt – dekantiertes Altspisefett	22
5.3	Biodieselherstellung	22
5.3.1	Analysen und Einzelbewertungen	23
	Biodiesel	23
	Bioheizöl	24
	Glycerin 25	
	Kaliumsulfat.....	25
6	Literaturverzeichnis	26
	Anhang.....	27

1 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht gibt eine Einschätzung des Verwertungssystems der ReFood, einem Schwesterunternehmen der REMONDIS-Gruppe, für die Fraktionen Küchen- und Speisereste, gebrauchte Speiseöle und Frittierfette sowie überlagerte Lebensmittel aus der Gastronomie, Handel und Industrie unter *Cradle to Cradle*[®]-Gesichtspunkten. Diese Fraktionen werden durch eine energetisch-stoffliche Kaskadennutzung in Biogasanlagen aufbereitet und zu Biogas und NPK Dünger umgewandelt. Ein weiterer Teilstrom wird zusammen mit Fetten aus der Tierkörperbeseitigung zur Biodieselherstellung genutzt. Ein wesentlicher Schritt dabei ist die Verwertung von biologischen Reststoffen mit dem Fokus auf der Herstellung von Qualitätsprodukten.

Die vollständige Prozesskette von der Entsorgung bis hin zu den daraus resultierenden Produkten wie Biogas, Biodiesel und NPK Dünger (Produkt: DynAgro) wird unter dem C2C-Blickwinkel evaluiert. Eine „C2C Qualitätsaussage“ für das System wird für REMONDIS abgeleitet.

Die Bewertung der energetisch-stofflichen Kaskadennutzung von Küchen-/ Speiseresten und Altspeisefetten in Biogasanlagen im Sinne eines *Cradle to Cradle*[®]- Materialmanagements wird aus folgenden positiv definierten Zielen abgeleitet die als idealer Maßstab gelten sollen:

- Hohe Materialqualität und –sicherheit
- Schadstofffreie Stoffströme für Kreisläufe
- Sequestrierung von Kohlenstoff und Humusbildung
- CO₂-Emissionsvermeidung bzw. dessen produktive Nutzung
- Verbesserung der Bodenqualität
- Generierung eines positiven ökologischen Fußabdrucks
- Vermeidung von Schadstoffeintrag in Boden, Luft und Wasser (z.B. Schwermetalle, Uran etc.)
- Vermeidung von Flächenverbrauch durch Rohstoffabbau (z.B. Phosphat)
- Produktion von erneuerbarer Energie nach *Cradle to Cradle*[®] Kriterien
- Upcycling von Materialien und Stoffströmen

Die von REMONDIS entsorgten gewerblichen Speisereste und Altfette aus der Gastronomie enthalten wertvolle Nährstoffe für eine energetisch-stoffliche Kaskadennutzung. Dieser Stoffstrom wird getrennt gesammelt und einer Verwertung zugeführt.

Die Sammlung der Lebensmittelreststoffe ist serviceorientiert und am Kundennutzen ausgerichtet. Durch die Aufbereitung bleiben die Nährstoffe erhalten, und über die Produkte erfolgt nach der Gewinnung von Biogas, eine stoffliche Reintegration für den „Biologischen Kreislauf“ im Sinne von *Cradle to Cradle* (Definition siehe Anhang 1). Die energetisch-stoffliche Kaskadennutzung von Speiseresten und Altfetten leistet damit einen wertvollen Beitrag zur Schließung von Nährstoffkreisläufen und kann als C2C-Element eingeordnet werden.

Für die einzelnen Verwertungswege und Produkte ergibt sich folgendes Bild:

Die Erzeugung regenerativer Treibstoffe aus dem Materialstrom Speisereste durch REMONDIS stellt ein Upcycling gemäß *Cradle to Cradle* dar; das Ausgangsmaterial wird durch die Behandlung auf ein höheres Qualitätsniveau gebracht. Das produzierte Biogas sowie daraus produzierter Strom, Dampf, Wärme und Biodiesel leistet zudem einen Beitrag dazu, die Nutzung erneuerbarer Energie zu intensivieren, was einem der Grundprinzipien von *Cradle to Cradle* entspricht. Zudem fallen Nebenprodukte wie Glycerin und Kaliumsulfat bei der Biodieselherstellung an, die wiederum als Ressourcen für andere Industriebereiche genutzt werden.

Im Sinne von *Cradle to Cradle*[®] werden Nährstoffkreisläufe innerhalb der Lebensmittel-Wertschöpfungskette über das Produkt DynAgro geschlossen. Das Gärsubstrat wird in dem Prozess in einen hochwertigen NPK-Dünger umgewandelt und bei Anwendung des Düngers werden wichtige



Nährstoffe dem Boden zurückgegeben. Die Erzeugung von DynAgro aus dem Materialstrom Speisereste stellt ein Upcycling gemäß Cradle to Cradle dar. Dieses Produkt trägt wesentlich zur intelligenten Kreislaufführung der endlichen Ressource Phosphor, zur Ernährung von Kulturpflanzen und der Bodenverbesserung bei. Im Einzelnen wird neben der Düngung der Schutz der Böden vor Erosion durch Wind und Wasser, die Stabilisierung der biologischen Vielfalt im Boden sowie der Schutz der Böden und der Nahrungsmittel vor dem Eintrag von Schadstoffen erreicht. Dieses Verwertungssystem wird als ein Cradle to Cradle Element eingeordnet.

Durch den kundennahen Service, die zentralen Verwertungsanlagen in der Region und einem regionalem Produkteinsatz – sei es Biogas mit Strom und Wärmeproduktion als auch DynAgro - wird ein positiver Nutzen erreicht und die lokale Wirtschaft gefördert. Zusammengefasst erfolgt also durch die Verwertung von gewerblichen Speiseresten und Altfetten aus der Gastronomie eine Wertschöpfung im Sinne von Cradle to Cradle.



2 Einleitung

REMONDIS als Entsorger offeriert ein breites Servicespektrum: Wertstoffe und Abfälle aller Art werden verwertet und entsorgt. Ein Teil dieser Stoffe wird von dem Unternehmen selbst in Produkte umgewandelt und wieder als Sekundärrohstoffe in den Ressourcenkreislauf eingebracht.

Als den wesentlichen Pfeiler der Unternehmensphilosophie von REMONDIS wird die Nachhaltigkeit angeführt und die Bekämpfung des Klimawandels als die zentrale Herausforderung für die weltweite Umweltpolitik im 21. Jahrhundert verstanden. Dabei ist das Selbstverständnis des Unternehmens, ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Verantwortung zu übernehmen, eng miteinander verknüpft und vor allem fokussiert auf die Felder Recycling, Service und Wasser/Boden.

Das Unternehmen generiert aus Abfällen zum Teil hochwertige Rohstoffe, die aufbereitet und als Zwischenerzeugnisse oder fertige Produkte in den Kreislauf zurückkehren. Aus Speiseresten werden in verschiedenen Verwertungsprozessen regenerative Energieträger als Ersatz für fossile Brennstoffe, sowie Dünger hergestellt.

Zum Erreichen einer Ressourcen-Ökonomie unter C2C-Qualitäts-Standards ist für REMONDIS die Transformation vom Abfallwirtschaftskonzern zum Serviceanbieter erforderlich, welcher das Bindeglied zwischen dem Ende des Gebrauchszyklus und einem neuen Material/Nährstoffeinsatz bildet. Auf politischer Ebene wird dieser Stellungswechsel angestoßen, wie unter anderem die rheinland-pfälzische Wirtschaftsministerin Eveline Lemke auf der bvse-Jahrestagung am 2. Oktober 2015 in Frankfurt die zentrale Aufgabenstellung der Recycling- und Entsorgungsbranche hervorhob: *„Die Schließung von Stoffkreisläufen ist ein Schlüsselement der Ressourcenwirtschaft“*, und *„wenn es gelingt die Stoffkreisläufe zu schließen, dann wird der klassische Abfallentsorger zu einem Versorger ...“*.

Basierend auf diesen Werten verbindet REMONDIS und EPEA eine langjährige Zusammenarbeit.

EPEA wurde von REMONDIS beauftragt die Entsorgung der Fraktion Speisereste, Lebensmittelabfälle und Speisefette aus der Gastronomie, Handel und Industrie als gesamtes System zu betrachten. Die vollständige Prozesskette von der Entsorgung bis hin zu den daraus resultierenden Produkten wie Biogas, Biodiesel und DynAgro wird daher in diesem Bericht unter dem C2C-Blickwinkel evaluiert. Eine „C2C Qualitätsaussage“ für das System wird abgeleitet.

Das Cradle to Cradle-Konzept versteht die oben beschriebenen Herausforderung an die Transformation der Abfallwirtschaft als einen wichtigen Baustein für die zukünftige Entwicklung und geht mit dem Effektivitäts-Ansatz darüber hinaus. C2C setzt bei der Kreislaufführung von Stoffströmen, welche als Nährstoffe verstanden werden, an und kategorisiert diese als geeignet für den „Biologischen oder Technischen Metabolismus“, wobei bereits beim Produktdesign entscheidende Weichen gestellt werden müssen. Nur Produkte mit positiv definierten Inhaltsstoffen (Gesund für den Nutzer, nützlich für den jeweiligen Metabolismus, kreislauffähig) gilt es in den entsprechenden Kreisläufen zu etablieren, mit dem Fokus auf Materialqualität, Produktqualität, Gesundheit und gewinnbringendem Up-/Recycling. (siehe Anhang 1)

3 Bewertung

Es erfolgt eine Bewertung hinsichtlich der Vorteile und ggf. Optimierungspotentiale aus *Cradle to Cradle*[®]-Sicht. Die Ergebnisse der Bewertung sind im vorliegenden Kapitel 3 ausgeführt.

Die Beschreibung der Ausgangssituation sowie des Behandlungssystems von REMONDIS mit der Inventarisierung der relevanten Inputs und Outputs, die als Grundlage der Bewertung dienen, sind in den Kapiteln 4 und 5 verschriftlicht.

Der Gesamtprozess der Speisereste- und Altölverwertung ist vereinfacht in Abbildung 1 dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung ist in Kapitel 5.2 zu finden. Hauptprodukte dieses Verwertungsweges sind Biogas, welches entweder in das Erdgasnetz eingespeist oder in einem BHKW verwendet wird sowie die daraus resultierende Wärme und NPK-Dünger.

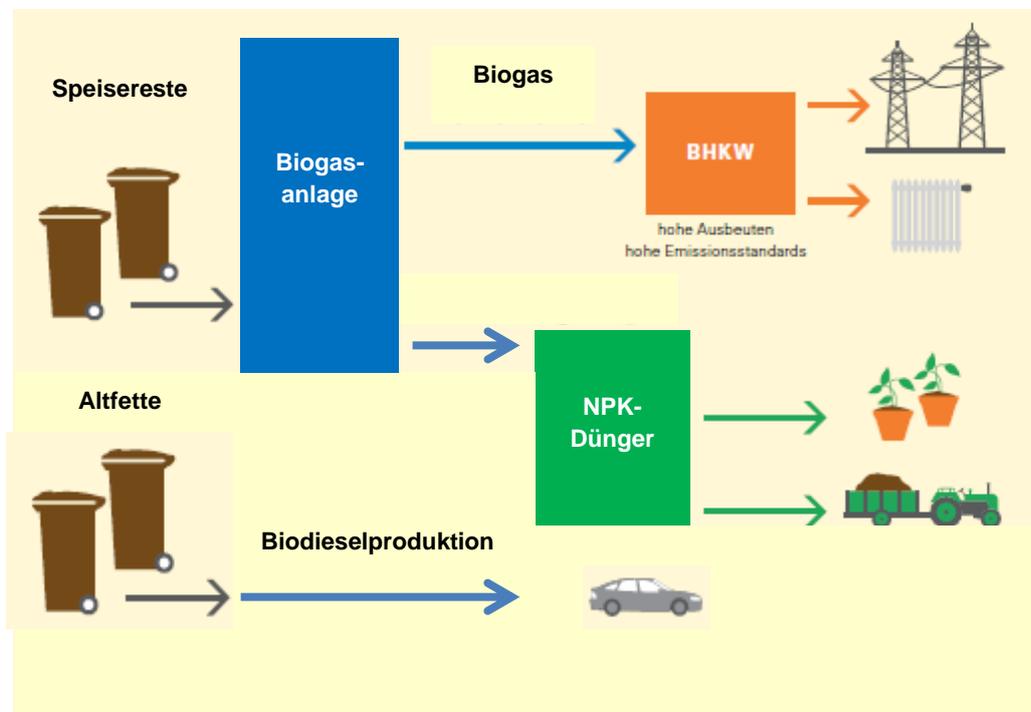


Abbildung 1: Schematische Darstellung der energetisch-stofflichen Kaskadennutzung von Speiseresten und Altfetten

Die abgetrennten Speisefette gehen als Teilstrom in die Biodieselproduktion. In der ecoMotion Anlage in Lünen werden diese dann mit Fetten aus der Tierkörperbeseitigung gemischt und entsprechend Abbildung 2 weiterverarbeitet. Produkte der Anlage sind Biodiesel, Bioheizöl, Glycerin, destilliertes Wasser und Kaliumsulfat.

Biodieselanlage Lünen – Prozessdarstellung Fließdiagramm

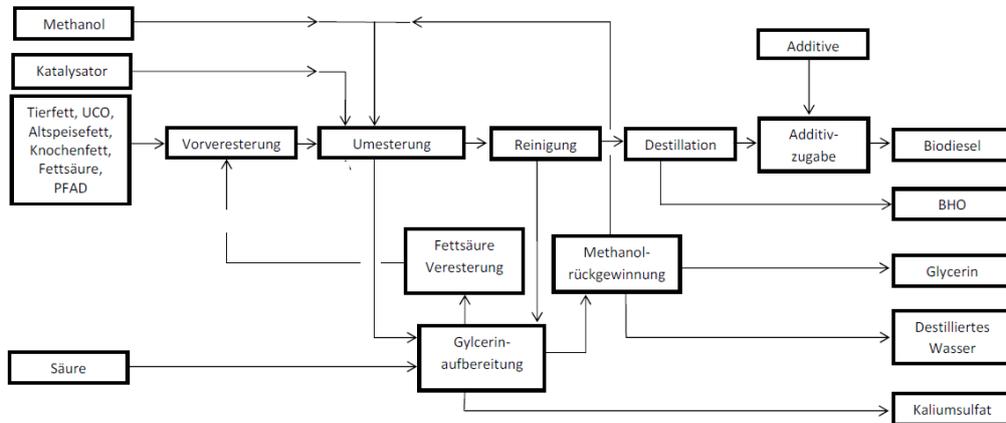


Abbildung 2: Fließbild Biodieselanlage Lünen

3.1 Bewertungskriterien

Im Cradle to Cradle –Ansatz werden für die Verwertung der Abfallfraktion zur biologischen Behandlung (Bioabfälle, Küchen- und Kantinenabfälle, Speiseöle und –fette, für Verzehr oder Verarbeitung ungeeignete Lebensmittel) folgende positive Ziele postuliert. Diese Ziele wurden wiederum aus dem Cradle to Cradle Leitbild für Biologische Kreisläufe (siehe Anlage 2) abgeleitet:

- *Cradle to Cradle*® Materialqualität und –sicherheit
- Schadstofffreie Stoffströme für den biologischen Metabolismus
- Sequestrierung von Kohlenstoff und Humusbildung
- CO₂-Emissionsvermeidung bzw. dessen produktive Nutzung
- Erhöhung der Biodiversität und Verbesserung der Bodenqualität
- Generierung eines positiven ökologischen Fußabdrucks
- Vermeidung von Schadstoffeintrag in Boden, Luft und Wasser (z.B. Schwermetalle, Uran etc.)
- Vermeidung von Flächenverbrauch durch Rohstoffabbau (z.B. Phosphat)
- Produktion von erneuerbarer Energie nach *Cradle to Cradle*® Kriterien
- Upcycling von Materialien und Stoffströmen

Um wiederum zu bewerten, ob die energetisch-stoffliche Kaskadennutzung von Speiseresten und Altfetten durch REMONDIS als ein Teil eines Materialmanagements im Sinne von *Cradle to Cradle*® zum Erreichen der oben genannten Ziele beiträgt, ergeben sich eine Reihe von Fragen. Die wichtigsten Fragestellungen sind hierbei:

- Erfolgt eine Einschleusung der Nährstoffe in den „Biologischen Kreislauf“ und eine Re-Integration?
- Ist die Qualität des Outputs für die Einschleusung in den „Biologischen Kreislauf“ ausreichend?
- Werden die biogenen Materialien zur Gewinnung von regenerativer Energie nach *Cradle to Cradle*® Kriterien genutzt?
- Ist der Stoffstrom tatsächlich regenerativ oder werden dadurch endliche Ressourcen, wie auch der Boden oder fossile Energie, verbraucht?

- Erfolgt eine weitreichende Nutzbarmachung und Kohlenstofffestlegung?
- Wieviel CO₂-Sequestrierung und Re-Humifizierung von Böden kann erreicht werden?
- Wird der Schadstoffeintrag in landwirtschaftlich genutzte Flächen dadurch verhindert?
- Gelingt eine Schadstoffentfrachtung der Böden und eine Förderung der Biodiversität?
- Kann die Vernichtung von Nährstoffen für den Biologischen Kreislauf durch Verbrennung unterbunden werden?
- Entstehen bei der energetisch-stofflichen Kaskadennutzung unakzeptable Nebenprodukte oder gefährliche Emissionen?
- Erfolgt ein Upcycling des Ausgangsmaterials?
- Werden die Produkte aus der energetisch-stofflichen Kaskadennutzung als Rohstoff für die chemische Industrie genutzt?

3.2 Beurteilung des Behandlungssystems und der Produkte

Die Verwertungsprozesse und die Materialströme werden anhand der dargelegten Cradle to Cradle Kriterien bewertet. In diesem Evaluationsmodell dienen die Produkte für die Biosphäre und deren positive Effekte auf Mensch und Umwelt als Grundlage zur Beurteilung der Effektivität des Behandlungssystems. Auf die oben formulierten Fragen wird eine Einschätzung gegeben, basierend auf den in Kapitel 5 dargestellten Daten und der Systemanalyse:

1. Gesamtprozess Speiseresteverwertung:

- 1.1. Die von REMONDIS entsorgten gewerblichen Speisereste und Altfette aus der Gastronomie, enthalten wertvolle Nährstoffe für die stoffliche Nutzung. Dieser Stoffstrom wird getrennt gesammelt und einer Verwertung zugeführt. Die Sammlung der Reststoffe ist serviceorientiert und konsequent am Kundennutzen ausgerichtet. Dadurch gelingt es, saubere Monofractionen als Inputstrom für die Verwertung zu generieren, was den Idealvorstellungen von Cradle to Cradle sehr nah kommt.
- 1.2. Lebensmittelverpackungen und andere Störstoffe werden im Prozess ausgeschleust und hinterlassen laut der Aussage von REMONDIS keine Verunreinigungen, weder als Partikel (> 2mm) noch als Schadstoff. Der Materialinput (Speiseabfälle) weist für den „Biologischen Kreislauf“ nach Cradle to Cradle, eine hohe Qualität und Reinheit auf. Damit sind die Grundlagen für die C2C Materialqualität und –sicherheit sowie Schadstofffreiheit geschaffen.
- 1.3. Die Speisereste werden durch die Behandlung (Aufbereitung und Vergärung) in neue Produkte wie Biogas als erneuerbare Energiequelle (Strom & Wärme aus BHKW) und DynAgro als NPK-Dünger umgewandelt.
- 1.4. Durch die energetisch-stoffliche Kaskadennutzung bleiben die in den gewerblichen Speiseresten und Altfetten enthaltenen Nährstoffe erhalten. Es wird verhindert, dass diese durch eine Abfallentsorgung verloren gehen und der Kohlenstoff als Treibhausgas unkontrolliert in die Atmosphäre gelangt.
- 1.5. Es erfolgt daher eine stoffliche Reintegration der Nährstoffe in den „Biologischen Metabolismus“ im Sinne von Cradle to Cradle.

2. Erzeugung von erneuerbaren Energieträgern

- 2.1. Die gewerblichen Speisereste und Altfette aus der Gastronomie werden zur Gewinnung von erneuerbaren Energieträgern im Sinne von Cradle to Cradle genutzt.

2.2. Energieträger Biogas:

Die Nutzung von Biomasse zur Erzeugung von erneuerbarer Energie ist nur dann klimaneutral, wenn sie wie im vorliegenden Fall nicht mit zusätzlichem Humus- und Nährstoffverlust im Boden einhergeht.

Für die Erzeugung von Biogas aus Lebensmittelabfällen wird zum einen keine Konkurrenz zu Nahrungs- und Futtermittelproduktion erzeugt. Zum anderen sinkt das Risiko von zusätzlicher Bodenverbrauchs wie auch Biodiversität, da der Anbau von Energiepflanzen substituiert wird. Durch den Einsatz von gewerblichen Speiseresten und Altfetten aus der Gastronomie in der energetisch-stofflichen Kaskadennutzung wird also ein erneuerbares Biogas generiert, solange sichergestellt ist, dass die Nährstoffe im Kreislauf geführt werden und kein Bodenverlust beim Anbau auftritt. Um einen absoluten Idealzustand zu erreichen müssten die Systemgrenzen der Betrachtung auch auf den Anbau der Lebensmittel ausgeweitet werden, was im Rahmen dieser Studie nicht möglich ist und zudem nicht von REMONDIS ohne weiteres beeinflusst werden kann. Im Rahmen der aktuellen Betrachtung erscheint das Verwertungskonzept allerdings als nahezu ideal.

Aus einer Tonne Reststoffe werden 100 m³ hochwertiges Biogas produziert mit einem Substitutionspotential fossiler Energieträger von rund 270 kWh pro Mg Speiseabfall (feucht). Ohne zusätzliche Beanspruchung natürlicher Ressourcen wird mit diesem Energieträger regenerativer Strom und Wärme erzeugt. [Vgl. Anhang 3] Im Prozess selbst entstehen keine schädlichen Emissionen. Die Biogaserzeugung ist als ein Baustein der Energiewende zu sehen.

2.3. Energieträger Biodiesel:

Der Einsatz von tierischen und pflanzlichen Fetten zur Herstellung von Biodiesel und Heizöl erlaubt den Ersatz von rohölbasierten Produkten als Treibstoff für Kraftfahrzeuge bzw. Brennstoff für Heizungen. Diese Entwicklung wird positiv gesehen, da weniger Rohöl verbrannt wird und daher weniger nicht-gebundener Kohlenstoff in die Atmosphäre emittiert wird. Aus Cradle to Cradle-Sicht wird nicht-gebundener Kohlenstoff als Materialreservoir gesehen, das als potentieller Rohstoff entsprechend organisiert werden sollte.

Eine getrennte Verwertung von tierischen Fetten als Treibstoffe für Verbrennungsprozesse; zum Antrieb von Fahrzeugen und Kraftmaschinen ist sinnvoll.

3. Qualitätsbetrachtung der ecoMotion Produkte im C2C Szenario des biologischen Kreislaufs (Details zu Analysen siehe Kapitel 5.3)

- 3.1. Biodiesel (Anwendungsszenario: Verbrennung): Das Produkt hat eine hohe Qualität. Der geringe Gehalt an PCB (Polychlorierte Biphenyle) wird als unproblematisch angesehen
- 3.2. Bioheizöl (Anwendungsszenario: Verbrennung): Das Produkt hat einen erhöhten Schwefelgehalt über dem zulässigen Wert für Bioheizöl nach DIN 51 603 (Grenzwert Heizöl 1000ppm, Bioheizöl 50 ppm, Gehalt in ecoMotion Bioheizöl ca. 1500 ppm). Ein niedrigerer Schwefelgehalt entsprechend Grenzwert für Bioheizöl nach DIN 51 603 ist erstrebenswert.
- 3.3. Glycerin (Anwendungsszenario: Biogas und Wasserbehandlung): Hat laut Analysen eine hohe Qualität, in Tests wurde keine signifikante chemische Kontamination gefunden. Der Einsatz in der Wasserbehandlung ist vorteilhaft, da Glycerin nicht toxisch, leicht handhabbar und schnell biologisch abbaubar ist. Die Anwendungsszenarien erscheinen als sinnvoll.
- 3.4. Kaliumsulfat (Anwendungsszenario: Düngemittel): Es handelt sich um ein Nebenprodukt des Prozesses mit hoher Qualität und damit eine Alternative zu Produkten aus nicht-erneuerbaren Rohstoffen. Eine weitere Verwertungsmöglichkeit dieses Nebenproduktes



könnte die Nutzung als Nahrungsmitteladditiv sein, sofern der Gehalt an Selen (hierzu keine Daten verfügbar) den EU-Vorgaben für Nahrungsmitteladditive entspricht und keine gesetzlichen Vorgaben zur Nutzung tierischer Nebenprodukte dies verbieten. Eine Kennzeichnung als tierisches Nebenprodukt wäre dann notwendig.

4. Prozessbewertung ecoMotion

- 4.1. Schließung eines Biologischen oder technischen Kreislaufs über ecoMotion: Im Allgemeinen wird die Transformation von Fleischabfällen in Material für den biologischen Kreislauf (Diesel, Heizöl, Glycerin) aus Cradle to Cradle-Sicht positiv gesehen. Jedoch können biobasierte Materialien auch vorteilhaft in technischen Kreisläufen geführt werden, da auf diese Weise keine neuen Materialien aus der Biosphäre entnommen werden müssen. Wenn dies aber unumgänglich ist, sollten biologische Materialien stufenweise in einer Kaskade genutzt werden, was durch das Gesamtkonzept der in diesem Bericht betrachteten stofflich-energetischen Kaskadennutzung bereits umgesetzt wird.
- 4.2. Eine Prozessbewertung inklusive der Ausgangsmaterialien und Produkte ist nur teilweise möglich, da für die Einsatzmaterialien keine genauen Analysen vorliegen und die Qualität je nach Charge schwankt. Somit kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob der Prozess einen eventuellen Gehalt an problematischen Chemikalien oder Elementen reduziert oder konzentriert. Sollte sich in Zukunft herausstellen, dass der Prozess den Gehalt an problematischen Chemikalien reduziert, wäre hier über ein „Upcycling“ zu diskutieren in Verbindung mit einem höheren Produktwert.
- 4.3. Da der Prozess prinzipiell eine Getrennthaltung von Fetten von tierischen und pflanzlichen Ursprungs erlaubt, passt dies zu dem C2C Prinzip kulturelle Diversität, wie Essensgewohnheiten und religiöse Ansichten zu respektieren. (In der ecoMotion Anlage am Standort Sternberg werden bspw. koshere Produkte produziert)

5. Prozessbewertung NPK Dünger und Nährstoffkreislauf

- 5.1. In der energetisch-stofflichen Kaskadennutzung wird eine weitreichende Nutzbarmachung der in den gewerblichen Speiseresten aus der Gastronomie enthaltenen Nährstoffe für den Boden, die Bodenorganismen und das Pflanzenwachstum erreicht.
- 5.2. Der qualitativ hochwertige NPK-Dünger wird als Produkt DynAgro aus dem Gärsubstrat erzeugt. Dabei ist die Produktqualität maßgeblich. DynAgro wird gewinnbringend für Mensch und Umwelt in der Landwirtschaft eingesetzt und erzielt hohe ökologisch positive Wirkung.

Die in dem Abfallstrom enthaltenen Nährstoffe wie Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphat und andere Pflanzennährstoffe werden in den „Biologischen Kreislauf“ eingeschleust, gelangen als Dünger wieder auf die Felder und fördern das Pflanzenwachstum. Kohlenstoff dient hier als Quelle für die organische Substanz und Humus-C im Dünger.

Über eine solche Aufbereitung der gewerblichen Speisereste aus der Gastronomie wird im Einzelnen der Schutz der Böden vor Erosion durch Wind und Wasser, die Stabilisierung der biologischen Vielfalt im Boden und der Schutz der Böden und der Nahrungsmittel vor dem Eintrag von Schadstoffen erreicht.

- 5.3. Aufgrund hoher Humusverluste weltweit ist es zwingend fertilen Boden zu erhalten und aufzubauen. Durch die Verwertung von gewerblichen Speiseresten aus der Gastronomie wird dieses Ziel unterstützt. Bei Anwendung von DynAgro auf landwirtschaftlichen Flächen wird biologisch abbaubare organische Substanz und weitere Nährstoffe wieder zugeführt, welcher unterstützend auf den Humus-Aufbau wirken.



Die Humusversorgung des Bodens dient der Aufrechterhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit.

- 5.4. Die Rückführung von Pflanzennährstoffen zu ihrem Ursprungsort, dem Boden, infolge der Verwendung von DynAgro macht es möglich, mineralische Düngungsmittel zu substituieren. DynAgro ersetzt pro Hektar in drei Jahren (bei der empfohlenen Menge von 70m³/ha) 372 kg Stickstoffdünger (Bezug: Reinnährstoff Stickstoff), 33 kg Phosphat- (Bezug P₂O₅) und 143 kg Kaliumdünger sowie weitere Elemente wie Magnesium, Calcium und Spurenelemente, die sonst aus nicht erneuerbaren mineralischen Ressourcen gewonnen werden müssten. [vgl. 9, Bericht Zukunft: Klimaschutz - Kompostierung, EPEA GmbH 2009]
Bezogen auf das gesamte Potential an verwertbaren gewerblichen Speiseresten von rund 1 Mio. Tonnen pro Jahr, könnten 5310 Tonnen Stickstoffdünger, 470 Tonnen Phosphat- (Bezug P₂O₅ Reinnährstoff) und 2040 Tonnen Kaliumdünger, eingespart werden, alleine durch effektive Nutzung dieses Stoffstroms.
- 5.5. Durch die Substitution von mineralischen Düngungsmitteln werden Böden und Nahrungsmittel geschützt vor darin enthaltenen Schadstoffen. Von besonderer Bedeutung sind die 2,5 Tonnen des hochtoxischen und bioakkumulierbaren Cadmiums und die 15 Tonnen Uran, die ohne Phosphatdüngung alleine in Deutschland dem biologischen Kreislauf jährlich erspart bleiben. [vgl. 9, Bericht Zukunft: Klimaschutz - Kompostierung, EPEA GmbH 2009]
- 5.6. DynAgro sorgt für die Verbesserung der Bodenstruktur und Erhöhung der Biodiversität von Bodenorganismen. Diese wiederum sind Grundlage für gesundes Pflanzenwachstum, wodurch die Pflanzen selbst deutlich widerstandsfähiger gegen Schädlinge und Krankheiten sind. Infolge dessen kann so der Gebrauch an Pestiziden reduziert bzw. je nach landwirtschaftlicher Ausrichtung vermieden werden. So wird gesunder Boden generiert, welcher Grundlage für gesunde Nahrung ist.
- 5.7. Nach Austragung auf landwirtschaftlichen Böden wird ein Großteil der organischen Substanz in DynAgro zu Humus, organischer Restmaterie, die sich auf lange Sicht mit den mineralischen Komponenten des Bodens vermischt. Mit jeder Tonne Speiseabfall (FM) werden etwa 2 kg Dauerhumus gebildet. Humus wirkt als Kitt zwischen den mineralischen Komponenten und trägt entscheidend zum Schutz des trockenen Bodens vor Winderosion, einer Hauptquelle der Degradation der Böden infolge von humuszehrenden landwirtschaftlichen Hauptproduktionen in Europa, bei.
- 5.8. Humus kann das Vierfache seines Eigengewichtes an Wasser binden. Damit wirkt Humus als Puffer gegen Wasserextreme, sei es Regenwasserüberfluss oder Dürre und hält Wasser länger in Wurzelnähe. Durch die Verwendung von DynAgro kann der Boden gegen Wassererosion geschützt und der Bewässerungsbedarf limitiert werden.
- 5.9. Der Einsatz von DynAgro hat einen positiven Einfluss auf das Klima. Pro Tonne Trockenmasse (TS= 2 %) werden 50 kg Humuskohlenstoff gebildet und im Boden festgelegt. Entsprechend können knapp 200 kg Kohlendioxid (183,5 kg CO₂) als CO₂-Einsparung angegeben werden (Abzüglich der Emissionen, welche beim Aufbringen entstehen). Eine nicht zu vernachlässigende Menge CO₂ wird in den Pflanzen, welche auf den landwirtschaftlichen Flächen wachsen, sequestriert.
6. Durch den kundennahen Service, zentralen Verwertungsanlagen in der Region und regionalem Produkteinsatz – sei es Biogas für Strom- und Wärmeproduktion als auch DynAgro, wird die regionale Wirtschaft gefördert. Durch die Verwertung von gewerblichen Speiseresten und Altfetten aus der Gastronomie erfolgt eine Wertschöpfung im Sinne von Cradle to Cradle.

3.3 Entwicklungsmöglichkeiten nach *Cradle to Cradle*®

Das folgende Kapitel zeigt weitere Entwicklungsmöglichkeiten in Richtung Cradle to Cradle auf, für eine umfassende Verwertung von gewerblichen Speiseresten und Altfetten aus der Gastronomie.

1. Perspektivisch können die anfallenden CO₂-Emissionen, welche bei der Verbrennung von Biogas im BHKW entstehen, als neuer Rohstoff für beispielsweise die Landwirtschaft – zur Förderung des Pflanzenwachstums in Treibhäusern, aber auch für die Kunststoffindustrie, verstanden werden. Die jüngste technische Entwicklung von neuartigen Katalysatoren macht die Synthese von CO₂ in Polymere auch wirtschaftlich möglich. Bei der Verwertung von Bioabfällen und Speiseresten kann dieser Rohstoff so aus erneuerbaren Quellen generiert werden. Aus einer Tonne Speisereste werden über die thermische Biogasverwertung ungefähr 220 kg CO₂ generiert, welche als Grundstoffe wieder in den Produktionskreislauf eingeschleust werden könnten.
2. Zurzeit wird das Produkt DynAgro mit einem Wassergehalt von über 95% generiert. Insgesamt wird dieser Dünger derzeit für den Einsatz in der Landwirtschaft deutlich unterbewertet und das Produkt erzielt nicht den äquivalenten Preis des Düngewerts. Durch die intelligente Kombination von Vergärung, Kompostierung und Pyrolyse kann ein neuartiges Produkt generiert werden mit einer deutlichen qualitativen Aufwertung, besseren Vermarktungsmöglichkeiten und höheren Preisen. Vergleichbare Systeme etablieren sich bereits am Markt, wie beispielsweise Palaterra®.
3. Eine Ausweitung der energetisch-stofflichen Kaskadennutzung für Lebensmittelabfälle erscheint möglich. Knapp 11 Millionen Tonnen Lebensmittelabfälle fallen jährlich in Deutschland an. Nur ein Bruchteil dieser Fraktion wird zu Produkten für den „Biologischen Kreislauf“ und erneuerbare Energie umgewandelt. Perspektivisch ist die Nutzbarmachung der Gesamtmenge ein politisches wie auch wirtschaftliches Ziel. Die Einführung der flächendeckenden Biomüllsammlung ist ein Schritt in die richtige Richtung. Kombinierte Verfahren wie im vorherigen Punkt beschrieben können zu einer umfassenden und qualitativ hochwertigen Verwertung führen.
4. REMONDIS kann Partner einladen eine *Cradle to Cradle*®-Allianz zu bilden, um an gemeinsamen zukünftigen Konzepten zu arbeiten. In einer *Cradle to Cradle*®-Allianz können Gastronomie als Nährstofflieferant, REMONDIS als Serviceanbieter, Verwerter und Produzent, und die Landwirtschaft als Kunde und Produzent für Lebens- und Futtermittel, (Grundstoffe für die Gastronomie), als jeweils wichtiges Glied in der Kette ihre Verantwortung übernehmen. Durch die Kommunikation innerhalb einer solchen Allianz können neue Wege der Rohstoff/Nährstoff-Nutzung in geschlossenen Kreisläufen entwickelt und etabliert werden.

3.4 Gegenüberstellung der Bewertung nach *Cradle to Cradle*[®] mit den Firmenwerten von REMONDIS

In diesem Kapitel wird eine Zusammenfassung der obigen Bewertung und eine Einordnung in Bezug auf die in der Einleitung beschriebenen Firmenwerte von REMONDIS gegeben.

REMONDIS bietet eine energetisch-stoffliche Kaskadennutzung in Biogasanlagen für biogene Reststoffe an, um sie wieder als Nährstoff in biologische Kreisläufe zurück zu führen. Die gesamte Verwertungskette der Lebensmittelreste und Altfette ist hier maßgeblich. Diese Verfahren bilden einen wertvollen Beitrag und können als C2C-Elemente eingeordnet werden.

Die Produktion von Biogas als „erneuerbarer Treibstoff“ und die Produktion hochwertiger Bodensubstrate wie gütegesichertem Dünger zeigen bereits, dass REMONDIS in manchen Geschäftsbereichen einen Stellungswechsel vom Entsorger von Abfällen zum Versorger bzw. Lieferanten von umweltgerechten und qualitativ hochwertigen Produkten vollzieht.

Insgesamt bieten die Verwertungsmöglichkeiten von REMONDIS als umfassendes Konzept bereits heute eine Lösungsoption für das Problem des „Wegwerfens von Lebensmitteln“ [1], indem diese Abfälle zum Rohstoff für wertvolle Produkte wie Bodensubstrat für den Anbau neuer Nahrungsmittel oder auch Treibstoffe für den Antrieb von Maschinen gemacht werden. Dabei sind die vorhandenen Mengen von Lebensmittelabfällen als gewerblicher Abfall noch nicht ausgeschöpft (siehe Kapitel 4.1) und könnten auch auf Fraktionen aus dem nicht gewerblichen Bereich ausgeweitet werden.

Zusätzlich hat die Verwertung von Speiseabfällen im Gegensatz zu gezielt angebauten, nachwachsenden Rohstoffen den Vorteil, dass sie nicht mit Ackerflächen für die Futter- oder Lebensmittelproduktion konkurrieren und dadurch dem Energie-, Rohstoff- und Flächenverbrauch sowie einem Humusverlust entgegengewirkt.

Im Folgenden wird eine Einordnung des Konzeptes in den Kategorien Erneuerbare Energien, Nährstoffkreisläufe und Nachhaltigkeit vorgenommen.

3.4.1 Erneuerbare Energie und Klimaschutz

Das produzierte Biogas und der Biodiesel sind als erneuerbare Energie im Sinne von Cradle to Cradle einzuordnen, da weder nicht erneuerbare natürliche Ressourcen noch zusätzliche Flächen verbraucht werden und keine Konkurrenz zum Lebensmittelanbau besteht. Bei der Produktion entstehen keine Schadstoffe oder schädliche Emissionen. Die Erzeugung regenerativer Treibstoffe aus dem Materialstrom Speisereste stellt ein Up-cycling im Sinne von Cradle to Cradle dar, da das Ausgangsmaterial durch die Behandlung auf ein höheres Qualitätsniveau gebracht wird.

Zum Erreichen der politischen Klimaschutzziele ist die energetisch-stoffliche Kaskadennutzung als ein wichtiger Baustein zu sehen. Sie trägt somit auch zur Energiewende bei.

Die Sequestrierung von Kohlenstoff und Humusbildung durch das Produkt DynAgro stellt zudem den Konterpart zu den Treibhausgasemissionen dar. Maßgeblich hierfür sind die Produktqualität sowie die Menge des durch DynAgro im Boden festgelegten Kohlenstoffes, wodurch CO₂-Emissionen verhindert werden und der Kohlenstoff effektiv genutzt wird.



3.4.2 Nährstoffkreisläufe

Im Sinne von Cradle to Cradle werden Nährstoffkreisläufe innerhalb der Lebensmittelverwertungskette durch die stoffliche Nutzung über das Produkt DynAgro geschlossen. Das Gärsubstrat wird in dem Prozess in einen hochwertigen NPK-Dünger umgewandelt und steht somit wieder als Nährstoff für das Pflanzenwachstum zur Verfügung.

Die Erzeugung von DynAgro aus dem Materialstrom Speisereste, stellt ein Up-cycling im Sinne von Cradle to Cradle dar, da das Ausgangsmaterial durch die Behandlung auf ein höheres Qualitätsniveau gebracht wird. Beim Einsatz von DynAgro werden mineralische Stickstoffdünger substituiert und der Humusgehalt des Bodens verbessert. Bei der Ausbringung auf die Felder werden Stoffströme des „biologischen Metabolismus“ geschlossen und wichtige Nährstoffe dem Boden zurückgegeben. DynAgro trägt wesentlich zur intelligenten Kreislaufführung von der knappen Ressource Phosphor und zur Bodenverbesserung bei. Für die Herstellung werden weder nicht erneuerbare natürliche Ressourcen noch zusätzliche Flächen verbraucht. DynAgro unterliegt den strengen Qualitätsanforderungen des RAL-Gütesiegels. Dieses Verwertungssystem ist somit ein Cradle to Cradle Element.

3.4.3 Nachhaltigkeit

Die von REMONDIS entwickelten Nachhaltigkeitszertifikate für Gewerbe- und Industriekunden, in Anlehnung an die Öko-Bilanzierung, sind der erste Schritt in Richtung einer umfassenden Ressourcen-Ökonomie im Sinne von Cradle to Cradle.

Im Vergleich zu den oben genannten positiven C2C-Zielen mit hohen Qualitätsanforderungen, werden in den Nachhaltigkeitszertifikaten aber die erreichten positiven Effekte als Vermeidung, Einsparung und Reduktion kommuniziert, wie Primärrohstoffeinsparung, Energie- und CO₂-Einsparung in CO₂-Äquivalenten. Unter dem C2C-Blickwinkel wäre es sinnvoller diese als C2C Positivaussagen zu formulieren.

Ein weiterer Schritt in Richtung Cradle to Cradle würde eine Roadmap mit einem klaren Bekenntnis zu einer Ressourcenökonomie unter C2C-Qualitätsstandards mit Aufzeigen weiterer Ambitionen in diesem Kontext darstellen.

4 Ausgangssituation

4.1 Derzeitiges Aufkommen von Lebensmittelabfällen in Deutschland

Die Studie der Universität Stuttgart (2012) errechnet eine Gesamtmenge von knapp 11 Millionen Tonnen Lebensmittel, die jedes Jahr von Industrie, Handel, Großverbrauchern und Privathaushalten entsorgt werden (siehe Abbildung 3, [2]). Ein großer Anteil hiervon wird noch über den Restmüll in den Verbrennungsanlagen entsorgt.

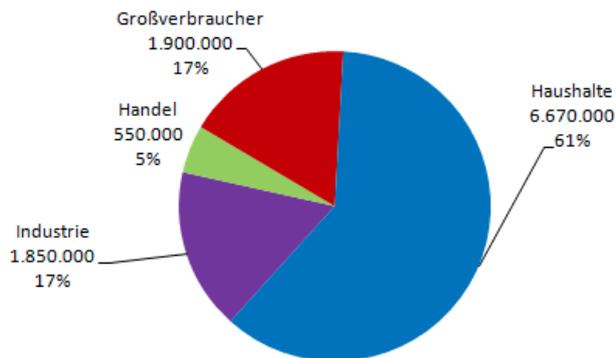


Abbildung 3: Verteilung der Lebensmittelabfälle nach Bereichen der Nahrungsmittelkette Mg/a [2]

Laut dieser Studie fallen bei den Großverbrauchern – etwa Gaststätten, Hotels, Kliniken oder Schulen – jährlich zwischen 1,5 und 2,3 Millionen Tonnen Lebensmittelabfälle an, im Mittelwert insgesamt ca. 1,9 Millionen Tonnen pro Jahr. Die überwiegende Menge dieser Fraktion entsteht in der Gastronomie, wo eine Bandbreite von 837.000 bis 1.015.000 Tonnen pro Jahr errechnet wurde. An zweiter Stelle rangiert die Betriebsverpflegung, gefolgt vom Beherbergungsgewerbe. Mit einem Gesamtanteil von rund 17 Prozent fallen bei den deutschen Großverbrauchern ungefähr so viele Lebensmittelabfälle an wie in der Industrie [2].

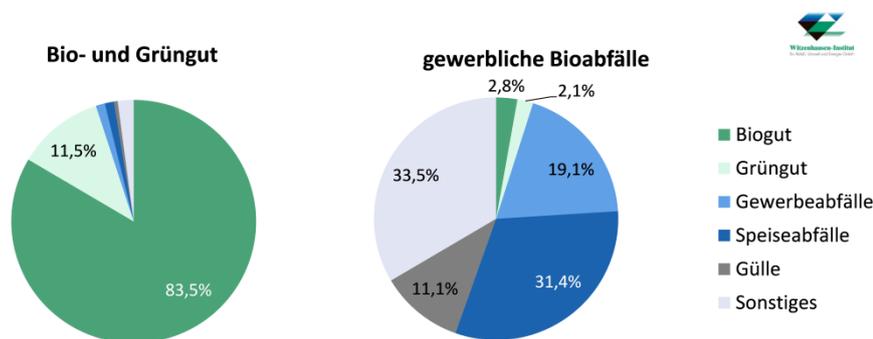


Abbildung 4: Eingesetzte Substrate in Bioabfallvergärungsanlagen [4]

Demgegenüber steht eine Behandlungskapazität für die Vergärung von insgesamt 3,8 Mio. Mg/a Bioabfall zur Verfügung, wobei der größte Teil hier auf kommunale Bioabfälle wie Bio- und Grüngut entfällt. Lediglich 31,4% des Inputstroms sind gewerbliche Speisereste, mit einer Mengenabschätzung von ca. 0,6 Mio. Mg/a (siehe Abbildung 4; [4]). Rein rechnerisch zeigt sich insgesamt eine Dif-

ferenz von 1,3 Mio. Mg/a Lebensmittelabfällen als gewerblicher Abfall, die nicht einer Vergärung zugeführt werden und welche als Potential eingestuft werden können.

4.2 Biogasanlagen

Seit dem Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland ist die Anzahl von Biogasanlagen rasant gestiegen. Aufgrund der staatlichen Förderung (EEG) von Strom aus Biogas wurden bis heute rund 8.000 Biogasanlagen in Deutschland an das deutsche Stromnetz angeschlossen.

Die Mehrzahl von ihnen wird in der Landwirtschaft mit Gülle oder nachwachsenden Rohstoffen betrieben. Teilweise sind diese Anlagen auch für eine Kofermentation zugelassen.

Der aktuelle bundesweite Bestand an Vergärungsanlagen für Bioabfall liegt bei 113 Anlagen mit mindestens 5.000 Tonnen pro Jahr Input gemäß BioAbfV. Davon verarbeiten 75 Anlagen mit 2,4 Millionen Tonnen pro Jahr Durchsatz ausschließlich Bioabfälle aus Haushaltungen. 38 Anlagen mit 1,9 Millionen Tonnen pro Jahr Durchsatz verwerten zusätzlich oder mehrheitlich gewerbliche Bioabfälle wie Speiseabfälle aus Kantinen. (siehe Abb. 5;[4])



Abbildung 5: Übersicht zum Bestand deutscher Anlagen zur Bioabfallvergärung [4]

Im Unternehmensverbund der RETHMANN-Gruppe betreibt davon ReFood 17 Niederlassungen zur Verwertung von Speiseabfällen in Deutschland, wovon sich an 5 Standorten Biogasanlagen befinden. [8]

Im Gegensatz zum Input von nachwachsenden Rohstoffen hat die Vergärung von Speiseabfällen den Vorteil, dass sie nicht um Ackerflächen für die Futter- oder Lebensmittelproduktion konkurriert.

Besonders bewährt haben sich Nassvergärungsverfahren (mesophil) bei der Verwertung von Speiseabfällen und gewerblichen biogenen Abfallstoffen, da sich verfahrensbedingt hier die Verarbeitung von pumpfähigen organischen Abfällen mit geringen TS-Gehalten anbietet.

Bei den kontinuierlichen Verfahren wird dem Fermenter in regelmäßigen Zeitintervallen Substrat zugeführt und eine entsprechende Menge Gärrest entnommen. So wird eine kontinuierliche Biogas- und Düngerproduktion mit gleichbleibender Qualität erzielt. Bei kontinuierlichen Nassfermentationen liegt die Biogasausbeute im Durchschnitt bei 110 bis 125 Normkubikmeter pro Tonne Input. [vgl. 5]

4.3 Energetisch-stoffliche Kaskadennutzung unter dem Cradle to Cradle Blickwinkel

Die energetisch-stoffliche Kaskadennutzung von Bioabfällen wird allgemein zur Rückgewinnung wertvoller Nährstoffe für den biologischen Kreislauf und zur Produktion eines regenerativen Energieträgers in Form von Biogas genutzt. Dies ist vor dem Hintergrund des immer weiter voranschreitenden Humusverlustes der Böden, der Substitution von Kunstdüngern und der Bekämpfung des Klimawandels von besonderer Bedeutung.

Bei der Betrachtung des Gesamtsystems können so primäre Ressourcen geschont, sowie die Umwelt und menschliche Gesundheit geschützt werden, wenn Biomassen aus Abfällen und Resten als wertvolle sekundäre Ressourcen begriffen werden. Die effektive stoffliche und energetische Verwertung von Biomassereststoffen leistet einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und zum Klimaschutz– und damit zum Erreichen umweltpolitischer Ziele.

Die Verwertung ist umso effektiver, je umfassender das stoffliche und energetische Potenzial genutzt wird. Das trifft auch auf gewerbliche Biomasse hier Speisereste zu, die im Bereich der Gastronomie anfallen.

Neben dem Kerngeschäft der Abfallentsorgung und -verwertung gewinnen nun auch andere Geschäftsbereiche wie die Produktion von Energie und hochwertigen Gütern wie Düngern und Bodensubstraten an Bedeutung. Im Sinne einer umfassenden Kreislaufführung sollten diese in Zukunft noch weiter ausgebaut werden.

Im Gegensatz zu gezielt zur Energieerzeugung angebauten nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo), die in der Landwirtschaft unter Einsatz von Energie und Betriebsmitteln produziert werden müssen, fallen gewerbliche Speisereste ganz automatisch an und können gemäß ihrer wertgebenden Eigenschaften als sekundäre Ressourcen genutzt werden.

Dieser Stoffstrom hat einerseits ein hohes stoffliches Potenzial. Wegen des Gehalts an Haupt- und Spurennährstoffen für Pflanzen und der organischen Substanz leistet er als Düngemittel und zur Humusversorgung von Böden wertvolle Dienste. Andererseits wird der Hauptbestandteil, die organische Substanz, energetisch genutzt, indem in einer Vergärungsstufe Biogas als regenerative Energiequelle erzeugt wird, daraus resultierend Strom und Wärme.

Eine effektive Nutzung der Biomassereststoffe ist dann gegeben, wenn sowohl das stoffliche als auch das energetische Potenzial umfassend mit hohen Wirkungsgraden genutzt werden.

Bezogen auf die stoffliche Masse sollte die Herstellung von Dünger, neben der Erzeugung von Biogas, ein eigenes Produktionsziel darstellen. Dessen optimale Vermarktung ist deshalb sowohl aus ökologischen als auch aus ökonomischen Gründen bestimmend. In diesem Sinne wird die Abfallverwertung als Produktionsprozess verstanden, der sich im Vergleich zur konventionellen Produktion dadurch unterscheidet, dass Kreisläufe geschlossen werden.

4.4 Erweiterte Konzepte der energetisch-stoffliche Kaskadennutzung zur umfassenden Nutzung der Biomassereststoffe

Die Verwertung und energetisch-stoffliche Kaskadennutzung von Biomassereststoffen wie Speiseabfälle, ist Stand der Technik und wird durch das Erneuerbare Energien Gesetz EEG gefördert.

Zukunftsweisend sind kombinierte Systeme, welche neben Vergärung, Kompostierung und Pyrolyse zur Gewinnung von Biokohle, integrieren. Die daraus resultierenden Produkte zeichnen sich durch eine hohe Qualität als effektiver Langzeitdünger und Bodensubstrat aus. Bei diesem Verfahren wird ein besonders großer Anteil der organischen Substanz als stabile Kohlenstoffverbindungen festgelegt und weitere Nährstoffe für den Boden verfügbar gemacht. Aufgrund der besonderen Qualität sind auf dem Markt hohe Preise für diese Produkte zu erzielen. Beispielsweise zeigt das Unternehmen PalaTerra® erfolgreich wie in einem kreislaufforientierten Stoffstrommanagement, welches Ressourcenschonung mit regionaler Wertschöpfung und Klimaschutz verbindet, hochwertige und preisstabile Produkte generiert werden können (vgl. PalaTerra, [3]).

5 Systembeschreibung und -analyse

REMONDIS entsorgt über das Schwesterunternehmen ReFood Küchen- und Speisereste, gebrauchte Speiseöle und Frittierfette sowie überlagerte Lebensmittel aus Gastronomie, Handel und Industrie. Diese werden einer energetisch-stofflichen Kaskadennutzung zugeführt und bilden die Grundlage für neue Produkte.

Produkte der energetisch-stofflichen Kaskadennutzung von Speiseabfällen sind:

- Biogas und daraus resultierende Elektroenergie als Ökostrom,
- Dampf 6,5 bar und Heißwasser
- NPK-Flüssigdünger DynAgro
- Vorprodukte für Biodiesel aus dem eingesammelten Frittieröl und dem Öl welches ReFood aus den eingesammelten Speiseresten gewinnt
- Fettabscheidern der Speiseresteaufbereitung

Weitere Stoffströme sind:

- Fraktion > 2,0 mm, > 0,5 bzw. 0,75 mm zur Verbrennung
- Verpackungsreste und Restmüll zur Verbrennung
- Verpackungsreste zur Verwertung: Glas, Plastik, Metall, Papier

5.1 Methodik

Die einzelnen Prozessschritte der Abfallströme als Quelle für Nährstoffe im biologischen Metabolismus ab Sammlung bis hin zum neuen Produkt werden betrachtet.

In diesem Evaluationsmodell dienen die Produkte für die Biosphäre und deren positive Effekte auf Mensch und Umwelt als Grundlage zur Beurteilung der Effektivität des Behandlungssystems. Im Sinne von Cradle to Cradle wird der Verlust von Nährstoffen, der Schadstoffeintrag und ein Upcyclen für den biologischen Kreislauf bewertet.

1. Beschreibung der Behandlung
2. Mengenscharfes Stoffstromdiagramm
3. Evaluation der Produkte, Qualitäten
4. Bewertung der positive Effekte – CO₂ Sequestrierung, Substitution von Kunstdünger, Boden-Verbesserer, Biodiversität etc.

5.2 Speiseresteverwertung

Speisereste und Lebensmittelabfälle werden in der Rethmann-Gruppe über das Unternehmen ReFood entsorgt und verwertet. ReFood bietet eigene Behandlungsverfahren der energetisch-stofflichen Kaskadennutzung, Vergärung mit Biogasgewinnung und der Produktion von Dünger (DynAgro), an. Der Input für die Speiseresteverwertungsanlage ist spezifiziert. Mit den Speiseresten werden auch tierische Nebenprodukte verwertet. Es gelten die Verordnungen für Speise- und Lebensmittelreste mit tierischen Anteilen (Kategorie III) VO (EG) Nr. 1069/2009 mit VO (EU) Nr. 142/2011 und diese unterliegen auch der Bioabfall-VO und der TierNebV.

Exemplarisch werden die Prozesse und Stoffströme der ReFood-Anlage in Marl betrachtet, repräsentativ für die anderen vergleichbaren Biogasanlagen. Siehe folgende Abbildung.

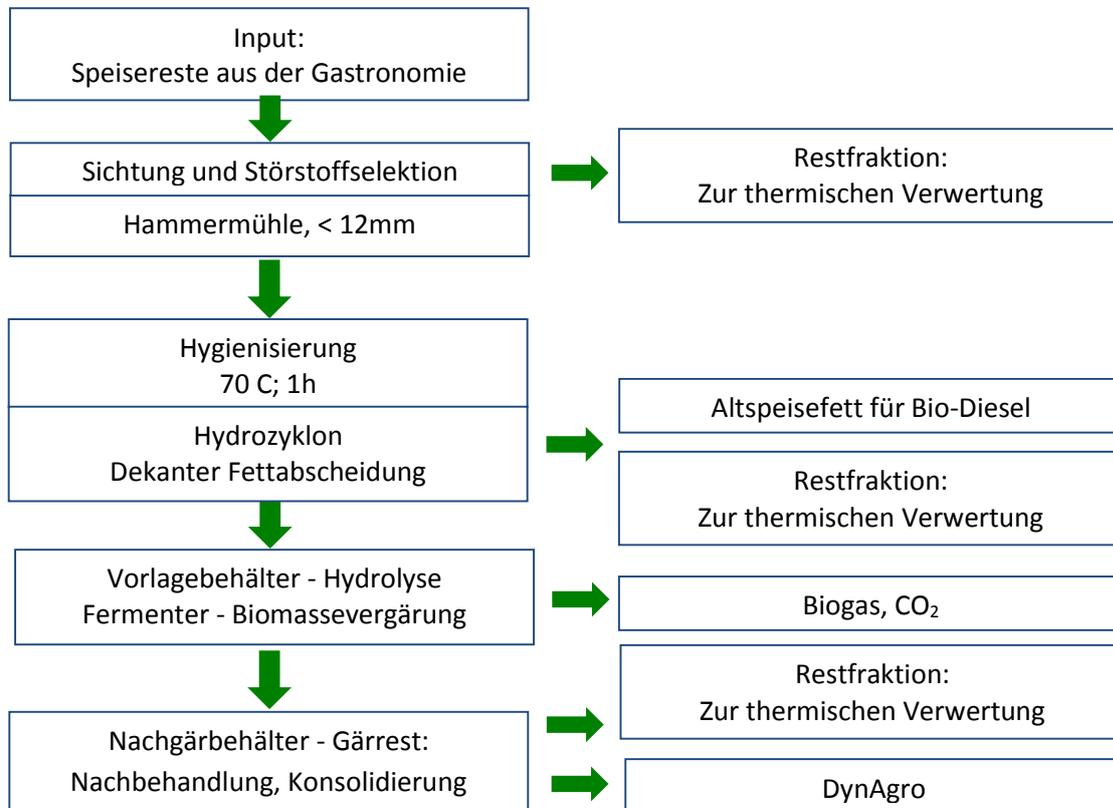


Abbildung 6: Flussdiagramm– Speiseresteverwertung aus der Gastronomie ReFood-Anlage Marl

Prozess-Beschreibung Anlage Marl:

ReFood erfasst diese Speisereste vor Ort beim Kunden und bereitet sie so weit auf, dass sie verwertet werden können. Die Rohware weist hier einen Wassergehalt um 72 – 78 % auf, die Menge an organischer Substanz liegt bei 20 – 26 %.

Nach einer optischen Sichtung im Annahmereich, einer Entpackung sowie Entfernung von groben Störstoffen, zerkleinert eine Hammermühle die Lebensmittelreste auf eine Größe von < 12 mm. Die Störstoffe setzen sich hauptsächlich aus Verpackungsresten wie Plastik und Pappe zusammen, welche aufgrund der Verschmutzung nicht mehr recycelt werden können. Die Gesamtmenge an ausgeschleusten Störstoffen zur thermischen Verwertung beläuft sich auf unter 2 % des gesamten Inputstroms. Dieses Material ist für eine Kreislaufführung verloren. Zum Erreichen eines kompletten Kreislaufs müssten auch diese Stoffe so beschaffen sein, dass sie mit verwertet werden können.

Die organische Masse wird in einer Hygienisierung erhitzt und entsprechend der EU-Verordnung 142/2011 eine Stunde lang auf über 70 Grad Celsius gehalten.

In einem Hydrozyklon werden dann die Verpackungsbestandteile wie, Glas-, Metallreste und Folien sowie andere Störstoffe separiert und einer thermischen Verwertung zugeführt. Bei Speiseresten aus der Gastronomie beträgt diese Menge bezogen auf 1 m³ Inputmenge (feucht) 1 kg Störstoffe. Die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung von 1 Mg/TS Verpackungsabfall mit einem durchschnittlichen Kohlenstoffgehalt von 380 kg C/Mg belaufen sich auf rund 1 Mg Treibhausgas, also hier auf ca. 0,01 Mg/Mg Inputmenge (feucht).



Im Anschluss entfettet der Dekanter die Biomasse, dabei werden Altspeisefette gewonnen (4 – 6 % der Inputmenge) und zur Biodieselherstellung weitergegeben. Rund 40 Liter Biodiesel pro Mg Input (feucht) können so gewonnen werden. Dabei werden rund 100 kg CO₂/ Mg Input (feucht) vermieden und durch erneuerbare Energie substituiert.

Ggf. erfolgt eine Wasserzugabe der entfetteten Maische in der Vergärung, um einen Wassergehalt prozessbedingt auf ca. 80 - 85% zu halten. Der Gehalt an organischer Trockensubstanz vor der biologischen Stufe beträgt rund 15 %, wovon der Großteil biologisch abbaubar ist.

Der nächste Schritt findet im Vorlagebehälter statt: der Stoffstrom wird hydrolysiert, bei einem absinken des pH-Werts auf 3,5 bis 4. Danach wird im Fermenter, in der eigentlichen Vergärung, die leicht abbaubare organische Substanz der Biomasse in Biogas umgewandelt. Bezogen auf die Frischmasse können pro Tonne Speisereste ca. 120 m³ Gas erzeugt werden, mit einem Methangehalt von ca. 55 – 58 %. So entsteht aus 1 m³ Speiserest ca. 120 m³ Rohgas. Nach der Entschwefelung und Reinigung wird das Biogas (53 – 55 % CH₄, 43 % CO₂, 2 % O₂) genutzt, um im nachgeschalteten Blockheizkraftwerk (BHKW, Wirkungsgrad 0,42) Strom, Dampf und Wärme zu erzeugen. Aus 1 Mg Speiseabfall (feucht) werden so bis zu 260 kWh Strom und 100 kWh Wärme (zur Dampferzeugung) generiert. Damit wird die gesamte Prozessenergie des ReFood-Standortes und des mit auf dem Gelände angesiedelten Schwesterunternehmens SARVAL abgedeckt. Weitere Überschüsse werden als Strom ins öffentliche Energienetz gespeist.

Der TS-Gehalt hat sich durch die Fermentation auf 3 - 5 % reduziert.

Direkt nach der Fermentation erfolgt eine erneute Absiebung des Gärrestes in zwei Prozessschritten auf <0,75 mm, wodurch der TS-Gehalt auf 2 -3,5 % (davon ca.65 % oTS) sinkt.

Am Ende des Prozesses erfolgt eine Konditionierung des Gärrestes und Lagerung.

Neben dem Biogas entsteht Bakterienmasse und Gärsubstrat. Das Gärsubstrat von 0,88 m³/1 m³ Inputmenge (88 %) findet als Produkt DynAgro in der Landwirtschaft seinen Absatz.

Tabelle 1: Stoffstromanalyse der Speiserestverwertung ReFood, Anlage in Marl 2015

Stoffstrom	Gesamtmenge 2015	Einheit	Menge/m ³ Input	Einheit	%
Speiseabfall	80.766	m ³	1,00	Input 1 m ³ (feucht)	100,00
Hammermühle, Absiebung auf < 12 mm: Verpackungsabfall und Restabfall für die Verbrennung	832	Mg	10,30	kg/m ³	1,03
Hydrozyklon: Störstoffe / Verbrennung	587	Mg	7,27	kg/m ³	0,73
Siebreste	2825	Mg	35	kg/m ³	3,5
Dekanter: Altspeisefette	3.177	Mg	40	kg/m ³	3,93
Input Fermenter	79.347	m ³	98,24	%	98,24
Rohgas mit 60 % Methan	8.122.840	m ³	100,57	m ³	
Gereinigtes Methangas	5.279.846	m ³	65,37	m ³	
CO ₂ aus dem Rohgas	2.842.994	m ³	35,20	m ³	
Reststoffe aus der Gasaufbereitung, schwefelige Suspension	3.500	m ³		m ³ /kg	
Material für die Kompostierung	0	Mg		Mg	
Erzeugter Strom	18.192.200	kWh	225,25	kWh/m ³ Input	
Erzeugter Dampf	10.038	m ³	0,12	m ³ /m ³ Input	
Erzeugte Wärme	8.702.657	kWh	107,75	kWh/m ³ Input	
Gärsubstrat = DynAgro	71.529	m ³	88,56	%	88,56

5.2.1 Produktanalyse Speiseresteverwertung

Ein zentrales Kriterium für die Bewertung der ökologischen und ökonomischen Qualität der Verwertung von Speiseresten ist die Zusammensetzung und Qualität der Produkte in Output. Der Output untergliedert sich im Prinzip in drei Fraktionen: gasförmig, flüssig und fest.

Etwa 100 m³/Mg Input Biogas werden produziert. Die flüssige Fraktion (das Produkt DynAgro) macht etwa 98 % aus. Die Menge an ausgeschleusten Feststoffen beläuft sich auf etwa 0,06 Mg/m³ Input, wobei davon im Mittel 40 kg als Alt Speisefett in die Biodieselaufbereitung gehen.

Produkt Biogas

Es werden im Mittel 100 m³ gereinigtes Biogas aus 1 Tonne Speiseresten generiert, - Abfälle, welche in Supermärkten, Restaurants und Hotels unvermeidlich sind. Ohne Beanspruchung natürlicher Ressourcen wird mit diesem Energieträger regenerativer Strom und Wärme erzeugt.

Eine Tonne Speisereste liefert in Marl 225,25 kWh/m³ Input Strom und 107,75 kWh/m³ Input Wärme.

Die Rohgaszusammensetzung in der Anlage Marl entspricht der gängigen Zusammensetzung aus ähnlichen Anlagen:

Methan (CH₄) 55 - 58%

Kohlendioxid (CO₂) 42 - 45%

Schwefelwasserstoff (H₂S) 2.000 ppm

Ammoniak (NH₃) 0-1%

Wasserdampf (H₂O) 0-10%

Stickstoff (N₂) 0-5%

Sauerstoff (O₂) 0-2%

Wasserstoff (H₂) 0-1%

Das Biogas wird für die Verwendung gereinigt. Durch biologische Entschwefelung wird der Schwefelwasserstoff aus dem Biogas entfernt. Bei dieser Aufbereitung wird eine schwefelige Suspension erzeugt, die dann dem Gärsubstrat als Nährstoff beigemischt wird. Die Menge dieser Suspension liegt bei ca. 3.500 bis 5.000 m³/a. Insgesamt wird ein Substitutionspotential fossiler Energieträger von rund 270 kWh pro Mg Speiseabfall (feucht) erreicht. [vgl. Anhang 3].

Produkt DynAgro – organischer Dünger

Bei der Vergärung von Lebensmittelresten entsteht das Produkt DynAgro.

Neben der energetischen Verwertung der eingesammelten Speisereste in den Biogasanlagen wird dazu der Gärsubstrat einer stofflichen Nutzung zugeführt. Aus dem Gärsubstrat, der am Ende der Prozesskette der Biogasproduktion steht, wird ein hochwirksamer NPK-Flüssigdünger für die Landwirtschaft hergestellt. Es werden 0,88 m³ DynAgro aus Speiseresten pro Tonne Input generiert. Dabei werden weder zusätzliche Energie noch knappe Rohstoffe wie etwa Phosphor zur Herstellung von DynAgro verwendet.



Analysewerte des RAL-Gütesiegel:

Die Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V. überprüft die Qualität von DynAgro hinsichtlich seiner Nährstoffzusammensetzung und Schadstoffreinheit. Beim Düngen mit DynAgro als Gärprodukt aus Speiseresten gilt neben der Düngemittel- auch die Bioabfallverordnung und das EU-Veterinärrecht. Mit dem RAL-Gütesiegel wird diese Qualität nachgewiesen. (siehe Anhang: Anforderung des RAL-Gütesiegels Gärprodukt)

Die Analysewerte von DynAgro nach dem RAL-Prüfzeugnis für die Anlage Marl (Probennahme 02.06.2015) zeigen exemplarisch die Qualität und die der jeweiligen Nährstoffe (Prüfzeugnis siehe Anhang):

Organischer NPK-Dünger flüssig

0,65 % N Gesamtstickstoff
0,43 % N verfügbarer Stickstoff
0,12 % P₂O₅ Gesamtphosphat
0,14 % K₂O Gesamtkaliumoxid

Nebenbestandteile:

0,43 % N Ammoniumstickstoff
0,03 % S Schwefel
0,02 % S wasserlöslicher Schwefel
2,08 % Organische Substanz
0,47 % Na Natrium
0,41 % Na wasserlösliches Natrium

Eigenschaften und Inhaltsstoffe in der Frischmasse

Stickstoff gesamt (N)	6,53 kg/m ³
Stickstoff löslich (N)	4,33 kg/m ³
Stickstoff anrechenbar (N) ₂	4,44 kg/m ³
Phosphat gesamt (P ₂ O ₅)	1,25 kg/m ³
Kaliumoxid gesamt (K ₂ O)	1,49 kg/m ³
Magnesiumoxid ges.(MgO)	0,09 kg/m ³
Schwefel gesamt (S)	0,35 kg/m ³
Basisch wirksame Stoffe (CaO)	0,63 kg/m ³
Rohdichte	1000 kg/m ³
Trockenmasse (TS)	3,2 %
Organische Substanz	20,8 kg/Mg
Humus-C	4 kg/Mg

Schwermetalle

Blei (Pb)	<	3,00 mg/kg TM
Cadmium (Cd)	<	0,50 mg/kg TM
Chrom (Cr)		16,6 mg/kg TM;
Kupfer (Cu)		41,0 mg/kg TM
Nickel (Ni)		13,9 mg/kg TM
Quecksilber (Hg)	<	0,07 mg/kg TM
Zink (Zn)		237 mg/kg TM

Laut Prüfbericht sind keine Antibiotika und andere Medikamentenrückstände nachweisbar. Auch organische Schadstoffe wie PCB oder PCDD/F liegen unterhalb der Grenzwerte. Der Gehalt an schäd-

lichen Schwermetallen liegt im Bereich der natürlichen Bodenwerte. Bei empfohlener Verwendung von 70 m³/ha in Laufe von drei Jahren [vgl. 5], kann davon ausgegangen werden, dass keine Anreicherung im Boden stattfindet.

Der unmittelbare Nutzen von DynAgro als organisches Düngemittel, ergibt sich für den Ackerbau durch die Zufuhr von Pflanzennährstoffen zur Düngung. Unter Berücksichtigung der Nährstoffpreise des zweiten Quartals 2015 liegt der berechnete Düngewert für ein flüssiges Gärprodukt mit durchschnittlichen Nährstoffgehalten bei 6,50 €/m³ [Prüfbericht RAL DynAgro Juni 2015]. Dabei nicht berücksichtigt sind die im Gärprodukt ebenfalls enthaltenen Mikronährstoffe. Wird die bodenverbessernde Wirkung durch die Zufuhr organischer Substanz, also der Humuswert, noch dazu addiert beläuft sich der Preis auf 6,70 €/m³. Damit liegt dieser Wert höher als der von der BGK angegebene Durchschnittspreis, wie in der folgenden Tabelle aufgelistet. Im Vergleich zu den mineralischen Stickstoff (N) Düngemitteln ist der hochwertige NPK-Dünger ähnlich gut wirksam, aber deutlich günstiger. Insgesamt wird dieser Dünger zurzeit für den Einsatz in der Landwirtschaft deutlich unterbewertet und das Produkt erzielt nicht den äquivalenten Preis des Düngewertes.

Tabelle 4: Durchschnittliche Nährstoffgehalte eines Frischkompostes bzw. flüssigen Gärproduktes (Medianwerte, BGK 2012) und Berechnung des Düngewertes (Stand Mai 2013) [7]

Nährstoff	Gärprodukt flüssig kg/m ³ FM	Nettopreise Nährstoffe €/kg Nährstoff	Düngewert Gärprodukt flüssig €/m ³ FM
Stickstoff (N)	5	0,98	2,90
Phosphat (P2O5)	1,5	0,91	1,37
Kalium (K2O)	2,0	0,74	1,48
Kalk (CaO)	2,1	0,08	0,17
Düngewert (Stand: 05/2013)			5,92

Vorprodukt – dekantiertes Altspisefett

Die Lebensmittelreste werden im Dekanter entfettet und das gewonnene Altspisefett wird in verschiedenen Filteranlagen gereinigt und von Wasser, Schmutzstoffen sowie Polyethylenen befreit. Diese störstofffreie Fraktion dient als Grundstoff für die Biodieselherstellung und wird an die weiterverarbeitenden Betriebe geliefert. Pro Tonne Speisereste entstehen im Durchschnitt 40 kg (4 – 6 % der Ausgangsmasse) Rohstoffe für Biodiesel.

5.3 Biodieselherstellung

EPEA erhielt von REMONDIS Informationen über den ecoMotion Prozess in der Anlage in Lünen zur Überführung von pflanzlichen und tierischen Fetten in Sekundärrohstoffe. Produkte sind Biodiesel, Bioheizöl, Glycerin, destilliertes Wasser und Kaliumsulfat. (siehe Abbildung 2)

Bei der Bewertung wurden folgende C2C-Szenarios angenommen:

- Verbrennung für Biodiesel und Bioheizöl,
- Biogasproduktion und Wasserbehandlung (Denitrifizierung) für Glycerin,
- Düngemittelherstellung für Kaliumsulfat.

5.3.1 Analysen und Einzelbewertungen

Biodiesel

Element/Substanz	Ergebnis		Kommentar
Schwermetalle (8)	unter Bestimmungsgrenze		
Extrahierbare Organohalogene	1,6	mg/kg	
PAK	unter Bestimmungsgrenze		
PCB-105	230	ng/kg	
PCB-114	17,9	ng/kg	
PCB-123	11,9	ng/kg	
PCB WHO TEQ 2005 excl. BG	0,039	ng/kg	
Pflanzenschutzmittel	Alle <2 mg/kg (2 ppm)		
PCDD/PCDF			
OctaCDD	29,9	ng/kg	Andere Dioxine alle unter Bestimmungsgrenze
ITE (NATO/CCMS) excl. BG	0,030	ng/kg	
Additive BHT			Herkunft unbekannt

Biodiesel kann als sicheres Produkt angesehen werden. Der Biodiesel enthält in sehr geringen Spuren PCB und Dioxin. Jedoch ist das Toxizitätsequivalent für die Gesamtheit der PCBs mit 0,039 ng/kg (WHO TEQ 2005) und Dioxine 0,03 ng/kg (ITE (NATO/CCMS)) äußerst gering. Zum Vergleich: die restriktivsten Grenzwerte für PCB und Dioxine in Lebensmitteln (Schweinefleisch), die seit 2013 europaweit geregelt sind liegen bei 1 für Dioxine und bei 1,25 ng WHO TEQ/kg Fett für Dioxine und dioxin-ähnliche PCB, und werden somit weit unterschritten.

Bioheizöl

Element/Substanz	Ergebnis		Kommentar
Kupfer	2	mg/kg	Andere Schwermetalle (7) unter BG
Schwefel	1,500	ppm	Aus Produktdatenblatt
Extrahierbares Organohalogen	57	mg/kg	
PAK			
Phenanthren	1,1	mg/kg	
Fluoranthren	1,7	mg/kg	
Pyren	1,1	mg/kg	
Summe best. PAK	3,9	mg/kg	
PCB			
PCB-077	15,8	ng/kg	
PCB-081	11,6	ng/kg	
PCB-105	811	ng/kg	
PCB-114	50,9	ng/kg	
PCB-118	2270	ng/kg	
PCB-123	19,9	ng/kg	
PCB-126	44,7	ng/kg	
PCB-156	2120	ng/kg	
PCB-157	354	ng/kg	
PCB-167	714	ng/kg	
PCB-169	33,6	ng/kg	
PCB-189	342	ng/kg	
PCB-WHO-TEQ 2005 exkl. BG	5,68	ng/kg	
Pflanzenschutzmittel	Alle <2 mg/kg (2 ppm)		
PCDD/PCDF			
1234678-HeptaCDD	65,3	ng/kg	
OctaCDD	238	ng/kg	
ITE (NATO/CCMS) exkl. BG	0,891	ng/kg	

Der Destillationsrückstand aus der Biodieselherstellung wird von ecoMotion als „Bioheizöl (BHO)“ für Brennstoff für industrielle Anwendungen (bspw. Energieerzeuger bzw. Kraftwerksbetreiber) vermarktet. Da in diesen Anwendungen in der Regel eine Entschwefelung erfolgt ist der Schwefelgehalt (1.500 ppm) als unkritisch zu sehen. Im Gegenteil ist dieser Wert rund 60-80% geringer als bei Schwerölen. Zudem werden durch den Einsatz fossile Treibstoffe substituiert. In Bezug auf einen Einsatz bei Privat- und Kleinkunden liegt der Schwefelgehalt allerdings über dem zulässigen Wert für (Bio-)Heizöl nach DIN 51 603 (Grenzwert Heizöl 1000 ppm, Bioheizöl 50 ppm, Gehalt in ecoMotion Bioheizöl ca. 1500 ppm). Auch ein Einsatz als Schiffstreibstoff wird in Zukunft nicht mehr möglich sein, da der Grenzwert bis 2020 auf 500 ppm abgesenkt wird. In Küstengebieten liegt er heute bereits teilweise bei 100 ppm¹. Aus Cradle to Cradle Sicht ist eine weitere Reduzierung des Schwefelgehalts des Brennstoffs durch Gewinnung und Nutzung des Schwefels als vermarktbare Nebenprodukt erstrebenswert.

¹ <http://www.cruisetricks.de/abgas-vorschriften-fuer-kreuzfahrtschiffe/>

Glycerin

Element/Substanz	Ergebnis		Kommentar
Chrom	2,1	mg/kg	Wahrscheinlich aus Ni/Cr Edelstahlgefäß
Nickel	2,7	mg/kg	
Schwefel	20-25,000	ppm	Aus Produktdatenblatt
PAK	Alle unter Bestimmungsgrenze		
PCB	Alle unter Bestimmungsgrenze		
Pflanzenschutzmittel	Alle <2 mg/kg (2 ppm)		
PCDD/PCDF	Alle unter Bestimmungsgrenze		

Hohe Qualität, in Tests wurde keine signifikante chemische Kontamination gefunden. Der Einsatz in der Wasserbehandlung ist vorteilhaft, da Glycerin nicht toxisch, leicht handhabbar und schnell biologisch abbaubar ist.

Kaliumsulfat

Vergleich Grenzwerte Schwermetalle (mg/kg Trockenmasse)										
	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Se	As	F
Kaliumsulfat Produktdatenblatt	<0,5	10,7	2,5	0,1	<5,0	<1,0	5,0		<2	
EU Ökolandbauverordnung EU-ÖkoV	0,7	70	70	0,4	25	45	200	-	-	-
Grenzwerte Bioabfallverordnung 2013 (bezogen auf die Ausbringung von 30t Bioabfällen/ha)	1,5	100	100	1,0	50	50	400	-	-	-
EU Directive 2008.84.EC food additive specifications				<1		<5		<30	<3	

Das untersuchte Kaliumsulfat hält alle genannten Standards ein und ist daher geeignet für eine landwirtschaftliche Nutzung.



6 Literaturverzeichnis

- 1 Initiative des Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft „Zu gut für die Tonne“ [http://www.bmel.de/DE/Ernaehrung/ZuGutFuerDieTonne/zgfdt_node.html]
- 2 M. Kranert et al. Stuttgart 2012; Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland; Studie im Auftrag des Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
- 3 PalaTerra GmbH & Co. KG <http://palaterra.eu/>
- 4 M. Kern, T. Raussen Biogas-Atlas 2014; Witzenhausen-Institut, <http://www.biogas-atlas.de/artikel.htm>
- 5 Leitfaden zur „Hochwertige Verwertung von Bioabfällen“ Minister für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg und Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg September 2015; https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Umwelt/Leitfaden_Bioabfall.pdf
- 6 REMONDIS, Interne E-Mail, 1. Juli 2015
- 7 B. Kehres, Humus- und Düngewert von Kompost und Gärprodukten, BGK 2013; http://www.kompost.de/fileadmin/docs/Archiv/Thema_Position/5_3_3_Thema_Humus-_und_Duengewert_2013.pdf
- 8 ReFood; Unternehmensbroschüre 2015: Die Reste von Gestern werden zur Energie von Morgen
- 9 EPEA GmbH 2009, Bericht „Zukunft: Klimaschutz - Kompostierung“ für REMONDIS

Anhang

Anhang 1

Biologischer Kreislauf im Cradle to Cradle -Konzept

In dem Cradle to Cradle-Ansatz werden Verbrauchsgüter als Produkte definiert, welche ihre Beschaffenheit durch den Gebrauch ändern und sich dadurch verbrauchen. Dazu gehören bspw. Reinigungsmittel, Kosmetikprodukte, Textilien aus Naturfasern, Windeln, aber auch Bremsbeläge oder Reifen. Diese Produkte/Substanzen werden, beispielsweise durch Abrasion in die Luftphase oder direkt im Wasserpfad, in den biologischen Kreislauf gebracht. Dementsprechend sind sämtliche Inhaltsstoffe für den „Biologischen Kreislauf“, auch Metabolismus genannt, konzipiert und können zu biogenen Nährstoffen zersetzt werden. Sie fördern biologische Systeme wie z.B. Pflanzenwachstum, Boden oder Kohlenstoffsequestrierung. Die nachwachsenden Rohstoffe und Substanzen sind dann wiederum Basis für neue Produkte (siehe Abbildung 1).

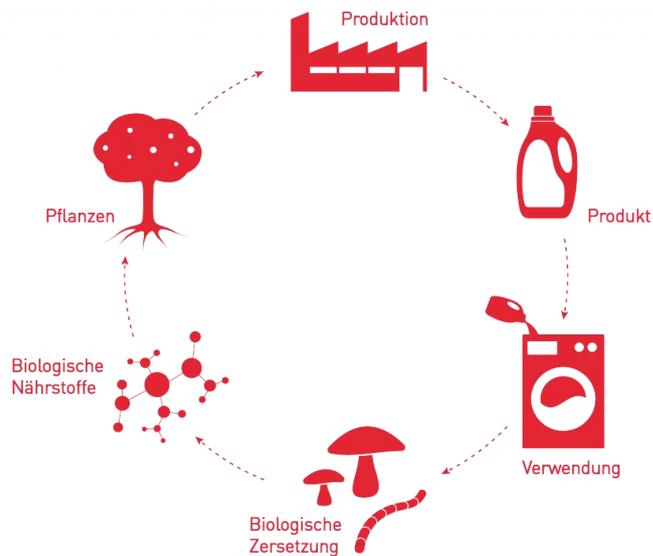


Abbildung A1: Biologischer Kreislauf, EPEA GmbH 2015[©]

Anhang 2

C2C Leitbild für Biologische Kreisläufe

Im Bericht „Zukunft: Klimaschutz - Kompostierung“ für REMONDIS 2009 wurden die Bedeutung der biologischen Abfallbehandlung für das Unternehmen als zentralen Player in der Ressourcen-Ökonomie dargelegt. Die Zusammenfassung der wichtigsten Kernpunkte unter der Cradle to Cradle Perspektive werden hier noch einmal abgebildet:

- 1: Biogener Abfall ist kein Abfall, sondern wertvoller Nährstoff. Diese Nährstoffe müssen im Kreislauf geführt werden, da sie uns sonst für immer verloren gehen.
- 2: Der weltweite Verlust von fertilen Böden ist enorm und beträgt jährlich 5 - 7 Mio. ha landwirtschaftliche Nutzfläche. Die Industriestaaten haben in den letzten 100 Jahren fast die Hälfte ihrer Humusmenge eingebüßt. Der Boden ist keine unerschöpfliche Ressource. Fruchtbaren Boden zu erhalten wird zukünftig eine weitaus größere Herausforderung sein als der Klimawandel oder die Finanzkrise. Denn ohne Boden kein Leben auf Erden.
- 3: *Cradle to Cradle* als Wirtschaftsprinzip zeigt neue Wege der Rohstoff-Nutzung in geschlossenen Kreisläufen auf und setzt direkt beim Produktdesign an: Produkte die vollständig kreislauffähig sind, zudem wirtschaftlich erfolgreich, förderlich für die Umwelt und gesund für den Nutzer. Sie ersetzen „Wegwerf“-Waren mit schädlichen Inhaltsstoffen, die wir heute noch aufwendig recyceln oder verbrennen. Mit diesem System verbrauchen wir nicht den Boden wie bisher, sondern können neue fruchtbare Flächen generieren. Neue Wege zu einem „Soil farming“ werden generiert.
- 4: Unser Energiebedarf wird hauptsächlich durch die Verbrennung von Kohle, Öl, Gas und zu einem kleinen Teil auch Biomasse gespeist. Doch alles was verbrannt wird, ist als Rohstoff unwiederbringlich zerstört - insbesondere die Nährstoffe für die biologischen Kreisläufe. Dabei ist die Verbrennung von Biomasse nur dann klimaneutral, wenn sie nicht mit Humus- und Nährstoffverlust im Boden einhergeht. Durch unbedachtes Verbrennen von Biomasse, verwüsten wir unsere Böden und damit unsere Lebensgrundlage.
- 5: Die Erde und die Menschen auf der Erde haben grundsätzlich kein Energieproblem, da die Sonneneinstrahlung ein viel tausendfaches des Energiebedarfs decken kann, den die Menschen jemals benötigen werden. Der jährliche Energieverbrauch der Erde wird in nur einer Stunde von der Sonne geliefert. Die Sonne könnte die Menschheit 10.000-fach versorgen [1]. Es kommt allein auf die richtige „Energie-Erntetechnik“ an. Heute haben wir erstmals in der Menschheitsgeschichte die Möglichkeit, uns die Sonnenenergie und deren Auswirkungen (Derivate) wie Wind, Wasser, Wellen und Biomasse vollständig nutzbar zu machen.
- 6: Biomasse als Nährstoff liefert Kompost, sei es aus Bioabfall oder anderen Rest- bzw. Abfallstoffen. Mit dem Kompost und seiner landwirtschaftlichen Nutzung lassen sich ökologisch positive Wirkungen erzielen. Das sind vor allem die Düngung, der Schutz der Böden vor Erosion durch Wind und Wasser, die Stabilisierung der biologischen Vielfalt im Boden und der Schutz der Böden und der Nahrungsmittel vor dem Eintrag von Schadstoffen. Auch eine positive Wirkung auf das Klima ist gegeben.
- 7: Biogene Abfälle sind wichtige Nährstofflieferanten, wenn sie direkt oder erst nach Vergärung und Biogaserzeugung kompostiert werden. Die Effizienz der Humusbildung ist in beiden Verfahren gleich.
- 8: Eine Gleichwertigkeit der Vergärung mit der Kompostierung hinsichtlich Pflanzennährstoffmanagement hängt von der Entstehung bzw. vom Management eines - nährstoffhaltigen - Abwasserstroms ab.



9: Derzeit (Bericht - Bezug 2008) kompostierte Bioabfälle der Siedlungsgebiete substituieren pro Jahr 3'100 Tonnen Stickstoff- (Bezug: Element Stickstoff), 16'750 Tonnen Phosphat- (Bezug P_2O_5) und 25'400 Tonnen Kaliumdünger sowie weitere Elemente wie Magnesium, Calcium und Spurenelemente, die sonst aus nicht erneuerbaren mineralischen Ressourcen gewonnen werden müssten.

10: Nach Austragung auf landwirtschaftlichen Böden wird Kompost zu Humus, organischer Restmaterie, die sich auf lange Sicht mit den mineralischen Komponenten des Bodens vermischt. Mit jeder Tonne Bioabfall werden etwa 60 kg Dauerhumus gebildet. Humus wirkt als Kitt zwischen den mineralischen Komponenten und trägt entscheidend zum Schutz des trockenen Bodens vor Winderosion, einer Hauptquelle der Degradation der Böden infolge von humuszerrenden landwirtschaftlichen Hauptproduktionen in Europa, bei.

11: Humus kann das Vierfache seines Eigengewichtes an Wasser binden. Damit wirkt Humus als Puffer gegen Wasserextreme, sei es Regenwasserüberfluss oder Dürre und hält Wasser länger in Wurzelnähe. Damit wird der nasse Boden gegen Wassererosion geschützt und der Bewässerungsbedarf limitiert.

12: Die Rückführung von organischer Materie und Pflanzennährstoffen zu ihrem Ursprungsort, dem Boden, infolge der Kompostierung und landwirtschaftlichen Nutzung macht es möglich, mineralische Düngemittel zu substituieren und infolgedessen Böden und Nahrungsmittel zu schützen vor darin enthaltenen Schadstoffen. Von besonderer Bedeutung sind die 2,5 Tonnen des hochtoxischen und bioakkumulierbaren Cadmiums und die 15 Tonnen Urans, die ohne Phosphatdüngung dem biologischen Kreislauf jährlich erspart bleiben.

13: Der Einsatz von Kompost hat einen positiven Einfluss auf das Klima. Die Vorteile der Bindung von Kohlenstoff in Form von Dauerhumus im Boden (35 kg Humuskohlenstoff pro Tonne Bioabfall, die 128 kg Kohlendioxid entsprechen) und der nicht nötigen Bereitstellung von mineralischen und synthetischen Düngemitteln übertreffen bei weitem die Emissionen des Betriebs einer Kompostierungsanlage.

14: Lediglich die Hälfte des Bioabfallpotenzials wird derzeit ausgeschöpft. Die Optimierung der Getrennterfassung der Bioabfälle kann die positiven Wirkungen der Kompostierung bis zu verdoppeln. In Deutschland werden etwa 110 kg Bioabfall (Biotonnenabfall und Landschaft- und Biotoppfleger) in Siedlungsgebieten pro Person und Jahr getrennt erfasst und kompostiert. Dies entspricht 8,8 Millionen Tonnen im Jahr.

15: Eine ebenso große Menge an biogenen Abfallstoffen – vor allem Textilien aus Naturfasern, könnten nach Verbrauch einen positiven Beitrag leisten und Nährstoffe für den Boden liefern. Aus biogenen Reststoffen kann Kompost (mit und ohne Vergärung) gewonnen werden. Er dient als Grundlage zur Humusbildung, trägt zudem durch Bindung hoher Mengen an CO_2 zur Schließung des CO_2 -Kreislaufs bei und ist als Nährstoffspeicher und -versorger wichtiger Bestandteil dieses natürlichen Kreislaufs.

Anhang 3

Beispielrechnung Nachhaltigkeitszertifikat

Stoffstrom	Erfasste Menge [in t]	Anzahl Transporte [in Stk.]		Transport Aufwand / Emissionen	Behandlung Aufwand / Emissionen	Behandlung Gutschriften	Bilanzierung
Küchen- und Kartinenabfälle (Speisereste)	10,00	10,00	Energie [kWh]	104	500	-2.677	-2.073
			Treibhausgase [kg CO ₂ -Äq.]	29	530	-1.860	-1.302
			Rohstoffsstitution [kg]			1.329	1.329
Speiseöle und -fette	10,00	10,00	Energie [kWh]	104	150	-121	132
			Treibhausgase [kg CO ₂ -Äq.]	29	1.173	-3.935	-2.734
			Rohstoffsstitution [kg]			8.380	8.380

Quelle: REMONDIS, Interne E-Mail 1. Juli 2015

Anhang 4

Gütesicherung Gärprodukt (RAL-GZ 245)

Gärprodukte sind hygienisierte Endprodukte aus Biogasanlagen, in denen Bioabfälle eingesetzt werden. Gärprodukte enthalten viele pflanzenbaulich relevanten Nährstoffe, sowie wertvolle organische Substanzen. Daher werden Gärprodukte zur Düngung und Bodenverbesserung in der Landwirtschaft eingesetzt.

Die Gütesicherung Gärprodukt (RAL-GZ 245) beinhaltet die regelmäßige Güteüberwachung von flüssigen oder festen Endprodukten aus Biogasanlagen durch die Gütegemeinschaft bzw. die zugelassenen Prüflabore. Grundlage und Anforderungen der Gütesicherung sind in den "Güte- und Prüfbestimmungen Gärprodukt" definiert und die gütegesicherten flüssigen und festen Gärprodukte sind mit dem Gütezeichen ausgewiesen.

Qualitätsanforderungen der RAL-Gütesicherung Gärprodukt (RAL-GZ 245) beziehen sich auf

Zulässige Ausgangsstoffe

Bewertung der Produktionsanlagen

Hygienische Unbedenklichkeit

Anforderungen an die Endproduktqualität

Anforderungen an die Prozessqualität bei der Herstellung gütegesicherter Komposte und Gärprodukte

Warendeklaration und Anwendungsempfehlungen

Zulässige Ausgangsstoffe

Zulässige Ausgangsstoffe für die Produktion von gütegesicherten Gärprodukten sind ausschließlich geeignete sortenrein erfasste Bioabfälle, nachwachsende Rohstoffe sowie Wirtschaftsdünger. Einen Überblick zu den einzelnen zulässigen Ausgangsstoffen für die Vergärung bietet zusammengefasst die "[Liste zulässiger Ausgangsstoffe](#)". Sie ist als mitgeltende Unterlage der Güte- und Prüfbestimmungen verbindlich für die Produzenten.

Die "Liste zulässiger Ausgangsstoffe" deckt die in der Bioabfallverordnung und die in der Düngemittelverordnung enthaltenen Rechtsanforderungen an die Zulässigkeit und Eignung der Ausgangsstoffe mit ab.



Qualitätskriterien und Güterichtlinien (RAL-GZ 245)

- Gärprodukt fest/flüssig -

Gärprodukte sind abgabefertige hygienisierte, streufähige (Gärprodukt fest) oder pumpfähige (Gärprodukt flüssig) Erzeugnisse aus Biogasanlagen zur Bodenverbesserung und Düngung

Qualitätsmerkmal	Qualitätsanforderung
Ausgangsstoffe	- Ausschließlich Inputstoffe gemäß „Liste zulässigen Ausgangsstoffe für gütegesicherte Gärprodukte“ der BGK
Hygiene	- Nachweis einer Behandlung zur Hygienisierung (z.B. durch Pasteurisierung [$>70^{\circ}\text{C}$, min. 1h], Prozessprüfung, Input-Output-Kontrolle oder kontinuierliche E.coli-Prüfung) - Nachweis der Einhaltung der für die Hygienisierung erforderlichen Behandlungstemperatur (Prozessüberwachung) - Maximal 2 keimfähige Samen/austriebfähige Pflanzenteile je Liter - Salmonellen in 50g abgabefertigem Gärprodukt nicht nachweisbar
Fremdstoffe	- Maximal 0,5 % TS auslesbare Fremdstoffe über \varnothing 2 mm - Bei Fremdstoffgehalten $> 0,1$ % TS: Maximale Flächensumme der ausgelesenen Fremdstoffe 25 cm ² /l FS - Maximal 5 % TS Steine > 10 mm
Vergärungsgrad	- Organische Säuren (Gesamtgehalt): maximal 1.500 mg/l (ausgenommen sind Gärprodukte mit mehr als 80% TS)
Geruch	- Frei von deutlich unangenehmen Gerüchen
Organische Substanz	- Nur für Gärprodukt fest: Mindestens 30 % TS (Glühverlust)
Schwermetallgehalte	- Blei: <150 mg/kg TM, Cadmium: $<1,5$ mg/kg TM, Chrom: <100 mg/kg TM, Nickel: <50 mg/kg TM, Quecksilber: $<1,0$ mg/kg TM - Für Kupfer und Zink gelten Plausibilitätswerte, die nicht überschritten werden dürfen. - Die Vorgaben abfallrechtlicher Bestimmungen sind einzuhalten.
Angaben zur Deklaration	- Produkttyp: Gärprodukt fest /flüssig - Hersteller/Inverkehrbringer - Rohdichte (Volumengewicht) - Trockensubstanzgehalt - pH-Wert, Salzgehalt - Pflanzennährstoffe gesamt (N, P ₂ O ₅ , K ₂ O, MgO, S) - Stickstoff löslich (N) - Mikronährstoffe (gemäß der düngemittelrechtlichen Bestimmungen) - organische Substanz - basisch wirksame Stoffe (CaO) - Nettogewicht oder Volumen - Hinweise zur sachgerechten Anwendung



RAL-GZ 245

Prüfzeugnis

PZ-Nr.: 8593-1506-004

DynAgro Qualitätsdünger

RAL-Gütesicherung Gärprodukt Chargenuntersuchung

Seite 1 von 3

Anlage Marl (BGK-Nr.: 8593)
Rennbachstr. 101
45768 Marl
Behälter: 2015/Mai
Gärprodukt-Lagerbehälter
Probenahme am 02.08.2015

Rechtsbestimmungen:

- Bioabfallverordnung
- Düngemittelverordnung
- Organischer Dünger

Regelwerke:

- Gärprodukt flüssig (RAL-GZ 245)
(Überwachungsverfahren)
- Fremdüberwachung der BGK
- Grundwasserschutzgebiete ⁵⁾
(geeignet für WSZ III)



Die Einhaltung der jeweiligen Norm wird mit einem Häkchen ausgewiesen.

Warendeklaration der RAL-Gütesicherung¹⁾

Kennzeichnung

gemäß Düngemittelverordnung

Organischer NPK-Dünger flüssig
0,65-0,12-0,14
mit Spurennährstoffen
unter Verwendung von tierischen
Nebenprodukten

0,65 % N Gesamtstickstoff
0,43 % N verfügbarer Stickstoff
0,12 % P₂O₅ Gesamtphosphat
0,14 % K₂O Gesamtkaliumoxid
0,0007 % Zn Gesamtzink

Nettomasse und ggf. Volumen: siehe

Lieferschein

Inverkehrbringer:
Refood GmbH & Co. KG
Niederlassung Marl
Rennbachstr. 101
45768 Marl

Ausgangsstoffe:

Tierische Nebenprodukte(Küchen- und
Speiseabfall (Kat.3), ehem. Lebensmittel
(Kat.3)) (100%).

Nebenbestandteile:

0,43 % N Ammoniumstickstoff
0,03 % S Schwefel
0,02 % S wasserlöslicher Schwefel
2,08 % Organische Substanz
0,47 % Na Natrium
0,41 % Na wasserlösliches Natrium

Hinweise zur Lagerung:

Lagerung nur in geeigneten und zugelassenen
Behältern/Anlagen unter Berücksichtigung
anderer Rechtsbestimmungen. Vor der
Entnahme ausreichend durchmischen.

Hinweise zur Anwendung:

Hinweise zur sachgerechten Anwendung siehe
Anlage LW. Die Empfehlungen der amtlichen
Beratung sind vorrangig zu berücksichtigen.
Bei einer Aufbringung auf landwirtschaftlich
genutzten Flächen sind die Anwendungs- und
Mengenbeschränkungen aus abfallrechtlichen
Vorschriften (AbfKlärV, BioAbfV) zu beachten.

Anwendungsvorgaben:

Keine Anwendung auf Tabak- und Tomaten-
anbauflächen im Freiland und bei Gemüse-
und Zierpflanzenarten im geschützten Anbau.
Bei Anwendung dieses Düngemittels sind die
Sperrfristen der Düngerverordnung in den
Wintermonaten zu beachten. Organisches
Düngemittel unter Verwendung von tierischen
Nebenprodukten - Zugang für Nutztiere zu den
behandelten Flächen während eines
Zeitraumes von 21 Tagen nach der
Ausbringung verboten. Bei Lagerung,
Transport und Ausbringung sind notwendige
Vorkehrungen zu treffen, um die Aufnahme
durch Nutztiere zu vermeiden. Keine Mischung
mit Futtermitteln.

Eigenschaften und Inhaltsstoffe in der Frischmasse

	kg/t	kg/m ³
Stickstoff gesamt (N)	6,53	6,53
Stickstoff löslich (N)	4,33	4,33
Stickstoff anrechenbar (N) ²⁾	4,44	4,44
Phosphat gesamt (P ₂ O ₅)	1,25	1,25
Kaliumoxid gesamt (K ₂ O)	1,49	1,49
Magnesiumoxid ges. (MgO)	0,09	0,09
Schwefel gesamt (S)	0,35	0,35
Basisch wirksame Stoffe (CaO)	0,63	0,63

pH-Wert	8,6
Salzgehalt	20,38 g/l
Organische Substanz	20,8 kg/t
Humus-C	4 kg/t

Hygienisierend und biologisch stabilisierend
behandelt gem. §2 BioAbfV
Frei von keimfähigen Samen und austriebfähigen
Pflanzenteilen

Rohdichte	1000 kg/m ³
Trockenmasse	3,2 %
Düngewert ³⁾	6,10 €/t
Humuswert ⁴⁾	0,62 €/t

Stickstoff aus Wirtschaftsdünger
tierischer Herkunft

0,0 kg/t FM

Das Erzeugnis unterliegt der
RAL-Gütesicherung (RAL-GZ 245). Dieses
Zeugnis wurde elektronisch erstellt. Es gilt ohne
Unterschrift.



Bundesgütegemeinschaft
Kompost e.V.
Träger der regelmäßigen
Güteüberwachung gemäß §11 Abs. 3 BioAbfV.

Köln, den 23.08.2015

¹⁾ bei der Abgabe des Erzeugnisses verbindliche Warendeklaration der RAL-Gütesicherung. ²⁾ Im Anwendungsjahr angenommener anrechenbarer Stickstoff bei erstmaliger Anwendung (N-Höchst zzgl. 5% von N-organisch). ³⁾ Gemäß aktuellem Marktwert, ermittelt über äquivalente Kosten mineralischer Düngung nach Landhandelspreisen (Jan.-März 2015) ohne MwSt. (0,93 €/kg N-anrechenbar, 0,75 €/kg P₂O₅, 0,66 €/kg K₂O, 0,07 €/kg CaO). ⁴⁾ Der Wert von Humus-C beträgt 0,17 €/kg Humus-C (kalkuliert auf Basis eines Strohpreises von 72,50 Euro/t). ⁵⁾ Weitere Vorgaben hinsichtlich der Anwendung in Wasserschutzzonen (WSZ) sind zu beachten (siehe DVGW-BGK-Information vom 19.6.2013)



Untersuchungsbericht

PZ-Nr.: 8593-1506-004

DynAgro Qualitätsdünger

Marl
(BGK-Nr.: 8593)
Seite 2 von 3

Behälter: 2015/Mai
Gärprodukt-Lagerbehälter
Probenahme am 02.06.2015
Tgb.-Nr.:535435
Prüflabor BGK-Nr.: 71

Allgemeine Angaben

Auftraggeber / -in: Refood GmbH & Co. KG
Niederlassung Marl

Probenehmer / -in: Herr Ismail Ölcer
(BGK-Nr.: 814) Tauw GmbH

Prüflabor: AGROLAB Labor GmbH
(BGK-Nr.: 71) 84079 Bruckberg, OT Edlkofen
Laborverantwortlicher: Dr. Erdmann-Schiessling

Probenahmedatum: 02.06.2015
Probeneingang im Labor: 03.06.2015

Beprobtes Erzeugnis: Gärprodukt flüssig

Produktionsmonat:
Behälter:: 2015/Mai Gärprodukt-Lagerbehälter

Prozessüberwachung geprüft, nicht beanstandet

Ausgangsstoffe¹⁾

Anteil Bezeichnung
70% B2 Küchen- und Kantinenabfälle (Gew. Speiseabfall)
30% B8 Oberl. Lebens-, Genuss u. Futtermittel (mit tier. Anteilen)

Hilfsstoffe

¹⁾ Ausgangsstoffe gemäß Liste zulässiger Ausgangsstoffe für die Herstellung gütegesicherter Komposte und Gärprodukte der BGK

Bemerkung Probenehmer / -in:

Bemerkung Prüflabor:

Die Probenahme und Untersuchung wurde gemäß dem Methodenbuch der BGK e.V. durchgeführt.

Bruckberg, OT Edlkofen, den 23.06.2015

Analysenergebnisse

Parameter	Wert	Einheit
<u>Pflanzennährstoffe</u>		
Stickstoff, gesamt (N)	20,4	% TM
Phosphat, gesamt (P ₂ O ₅)	3,91	% TM
Kaliumoxid, gesamt (K ₂ O)	4,67	% TM
Magnesiumoxid, gesamt (MgO)	0,27	% TM
Schwefel (S)	1,09	% TM
Ammonium löslich (NH ₄ -N)	4330	mg/l FM
Nitrat löslich (NO ₃ -N)	1	mg/l FM
<u>Bodenverbesserung</u>		
Organische Substanz (GV 450°C)	65,1	% TM
Basisch wirks. Bestandteile (CaO)	1,96	% TM
<u>Physikalische Parameter</u>		
Rohdichte	1000	g/l
Trockenmasse	3,20	% FM
Salzgehalt (Extr. 1:5)	20,4	g/l FM
pH-Wert (H ₂ O)	8,6	
Vergärungsgrad (Organische Säuren)	940	mg/l FM
Fremdstoffe > 2mm gesamt	0,00	% TM
Verunreinigungsgrad (Flächensumme)	n.u.	cm ² /l
Steine >10mm	0,00	% TM
<u>Biologische Parameter/Hygiene</u>		
Keimfähige Samen / keimf. Pflanzenteile	0	je l FM
Salmonellen	nicht nachweisbar	
Geruchsbonitur	artypisch unauffällig	
<u>Schwermetalle</u>		
Blei (Pb)	<3,00	mg/kg TM
Cadmium (Cd)	0,50	mg/kg TM
Chrom (Cr)	16,6	mg/kg TM
Kupfer (Cu)	41,0	mg/kg TM
Nickel (Ni)	13,9	mg/kg TM
Quecksilber (Hg)	0,07	mg/kg TM
Zink (Zn)	237	mg/kg TM
<u>Zusätzliche Parameter</u>		

Tabelle 1: Daten zur Düngeberechnung
(Angaben in der Frischmasse)

Inhaltsstoff	%	kg/t	kg/m ³
Stickstoff gesamt (N)	0,65	6,53	6,53
Stickstoff löslich (N)	0,43	4,33	4,33
Stickstoff anrechenbar (N)			
- bei erstmaliger Anwendung ¹⁾	0,44	4,44	4,44
- bei regelmäßiger Anwendung ²⁾	0,49	4,88	4,88
Phosphat gesamt (P ₂ O ₅)	0,13	1,25	1,25
Kaliumoxid (K ₂ O)	0,15	1,49	1,49
Magnesiumoxid (MgO)	0,01	0,09	0,09
Bas. wirks. Bestandteile (CaO)	0,06	0,63	0,63
Organische Substanz	2,08	20,8	20,8
Humus-C	0,36	3,62	3,62

Tabelle 2: Kalkulationswerte für Aufwandmengen
(hier: Orientierung am Bedarf an N¹⁾, Angaben gerundet)

N ¹⁾ kg/ha	Aufwand- menge	Damit verbundene Mengen an		
		P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	CaO (kg/ha)
10	2,3 t/ha 2,3 m ³ /ha	2,8	3,4	1,4
30	6,8 t/ha 6,8 m ³ /ha	8,5	10	4,2
50	11 t/ha 11 m ³ /ha	14	17	7,1

Die Tabelle weist aus, welche Menge Gärprodukt erforderlich ist, um 10, 30 bzw. 50 kg N¹⁾ auszubringen. Spalten 3 bis 6 zeigen damit verbundene Mengen an anderen Pflanzennährstoffen.

Umrechnungsfaktoren Aufwandmenge
Der Umrechnungsfaktor von Frischmasse (FM) in Trockenmasse (TM) beträgt 0,03 und von TM in FM 31,25. Der Umrechnungsfaktor von Volumen (m³) in Masse (t) beträgt 1 und von t in m³ FM 1.

Tabelle 3: Mittlere Aufwandmengen und Düngewert
(am Beispiel einer dreigliedrigen Fruchtfolge)

	Aufwandmenge (FM)		Düngewert ³⁾		Humuswert ⁴⁾ €/ha
	t/ha	m ³ /ha	€/ha ¹⁾	€/ha ²⁾	
jährlich	27	27	165	176	17
in drei Jahren	81	81	494	528	50

Die Tabelle zeigt ein Beispiel für Aufwandmengen zur Versorgung einer dreigliedrigen Fruchtfolge. Dem Beispiel liegt eine mittlere Versorgungsstufe des Bodens und ein jährlicher Bedarf von 120 kg/ha N¹⁾ zugrunde. Im vorliegenden Fall ist Stickstoff limitierend. Der Bedarf der Fruchtfolge (120 kg/ha N¹⁾) kann mit 81 t bzw. 81 m³/ha Gärprodukt gedeckt werden.

Anrechnung von Nährstoffen und Humus

Stickstoff liegt in mineralischer und in organisch gebundener Form vor. Tabelle 1 zeigt die Anrechenbarkeit bei erstmaliger¹⁾ und bei regelmäßiger²⁾ Anwendung.

Phosphat, Kaliumoxid, Magnesiumoxid sowie basisch wirksame Stoffe (Kalk) können auf den Pflanzenbedarf angerechnet werden. Bei Aufwandmengen nach Tabelle 3 kann die Grunddüngung (P, K) entsprechend reduziert werden. Humus-C ist der im Rahmen der Humusbilanz nach VDLUFA anrechenbare humusreproduktionswirksame Kohlenstoff (Humus-C).

Angaben nach Düngeverordnung

Nach Düngeverordnung (DüV) handelt es sich um einen Dünger

- mit wesentlichen Gehalten an Pflanzennährstoffen
(gemäß § 2, Nr. 10 DüV, >1,5 % N oder > 0,5 % P₂O₅ i.d. TM)

- mit wesentlichem Gehalt an verfügbarem Stickstoff
(gemäß § 2, Nr. 11 DüV; >1,5% N und davon mehr als 10% löslich)

Das Gärprodukt unterliegt der Sperrfrist in den Wintermonaten nach § 4 Abs. 5 DüV.

Beim Nährstoffvergleich nach § 5 DüV werden die Gesamtgehalte der Nährstoffe zugrunde gelegt.

Zeitpunkt und Menge der Düngung sind so zu wählen, dass verfügbare oder verfügbar werdende Nährstoffe den Pflanzen zeitnah und in einer dem Nährstoffbedarf der Pflanzen entsprechenden Menge zur Verfügung stehen.

Anwendungsvorgaben

Keine Anwendung auf Tabak- und Tomatenanbauflächen im Freiland sowie Gemüse und Zierpflanzenarten im geschützten Anbau. Zulässige Aufwandmengen sind nach guter fachlicher Praxis der Düngerverordnung zu bestimmen und dürfen gemäß Bioabfallverordnung 30 t Trockenmasse je Hektar in drei Jahren nicht überschreiten. Empfehlungen der amtlichen Beratung gelten vorrangig. Organisches Düngemittel unter Verwendung von tierischen Nebenprodukten - Zugang für Nutztiere zu den behandelten Flächen während eines Zeitraumes von 21 Tagen nach der Ausbringung verboten. Bei Lagerung, Transport und Ausbringung sind notwendige Vorkehrungen zu treffen, um die Aufnahme durch Nutztiere zu vermeiden. Die Ausbringung auf Grünland und mehrschichtigen Feldfutterflächen ist zulässig. Eine Anwendung bei Feldgemüse und Feldfutter darf nur vor dem Anbau mit anschließender Einarbeitung erfolgen. Eine Herbstdüngung darf auf Ackerland zur im gleichen Jahr angebauten Folgefrucht oder als Ausgleichsdüngung zu Stroh erfolgen, jedoch nicht mehr als 40 kg NH₄-N oder 80 kg N-gesamt je ha (§ 4 (6) DüV). Direkte Einbringung oder sofortiges Einarbeiten innerhalb von 4 Std. erforderlich. Keine Ausbringung auf wassergesättigten, überschwemmten, gefrorenen oder durchgängig höher als 5 cm Schnee bedeckten Flächen. Abstandregelungen zu Gewässern sind zu berücksichtigen (§ 3 Abs. 6 und 7 DüV). Im Zeitraum von 3 Jahren dürfen auf derselben Fläche Klärschlämme nicht zusätzlich aufgebracht werden. Bei der Aufbringung auf Feldgemüse- und Feldfutterflächen oberflächlich einarbeiten. Bei der Erstanwendung der Gärprodukte sind die Flächen durch den Bewirtschafter der zuständigen Behörde anzugeben (§ 9 Abs. 1 BioAbfV). Das Merkblatt "Dokumentations- und Meldepflichten des Bewirtschafters" enthält weitere Informationen⁵⁾.

1) Angenommener anrechenbarer Stickstoff bei erstmaliger Anwendung (N-löslich zzgl. 5% von N-organisch). 2) Angenommener anrechenbarer Stickstoff bei regelmäßiger Anwendung (N-löslich zzgl. 25% von N-organisch). 3) Gemäß aktuellem Marktwert, ermittelt über äquivalente Kosten mineralischer Düngung nach mittleren Landhandelspreisen (Jan.-März 2015) ohne MwSt. (0,93 €/kg N-anrechenbar, 0,75 €/kg P₂O₅, 0,66 €/kg K₂O, 0,07 €/kgCaO). 4) Der Wert von Humus-C beträgt 0,17 €/kg Humus-C (kalkuliert auf Basis eines Strohpreises von 72,50 Euro/t). 5) Abzurufen unter www.kompost.de im Downloadbereich der Gütesicherung.

	Einheit	Median	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5	Probe 6	Probe 7	Probe 8	Probe 9, Z*	Probe 10	Probe 11
Probenahmedatum			07.01.15	03.02.15	04.03.15	27.04.15	02.05.15	24.06.15	08.07.15	05.08.15	06.09.15	14.10.15	10.11.15
Berichtsdatum			26.01.15	06.03.15	26.03.15	21.05.15	23.06.15	16.07.15	03.08.15	26.08.15	26.09.15	17.11.15	04.12.15
Profilabo-Nr. / Probenahme-Nr.			71 / 614	71 / 614	71 / 607	71 / 614	71 / 614	71 / 614	71 / 614	71 / 614	71 / 614	71 / 614	71 / 614
Erzeugnis			GP-Rösig	GP-Rösig	GP-Rösig								
Hygiene													
Prozessabweichung (1)			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Feinstblige Samen	ml	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Salmonellen			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E.coli	NB/klg												
Fremdstoffe													
Gewinngehalt >2mm	% TM	0,00	0,01	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01	0,00	0,00
Füllschwamm	cm ³ /l FM												
Dicke > 10 mm	% TM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Parameter													
Vergärungsgrad	mg/l FM	930	1400	1690	980	800	940	850	720	930	970	1100	1500
Geschlechtsstruktur	Urea/Füllg												
Trockenmassegehalt	% FM	3,70	2,90	3,00	6,30	2,90	3,20	3,90	4,00	4,10	3,70	3,90	3,40
Gläserwert	% TM	85,1	82,0	87,8	89,7	89,9	86,1	86,3	86,4	86,3	86,5	86,7	84,9
C/N Verhältnis		1,86	1,89	3,36	3,36	1,97	1,84	2,44	2,39	2,81	2,94	2,14	2,07
Rohdichte	g/l FM	1000	990	1000	1000	1000	1000	1000	1100	1000	1000	1000	990
pH-Wert		8,4	8,4	8,6	8,3	8,4	8,6	8,2	8,4	8,4	8,7	8,5	8,5
Salzgehalt	g/l FM	22,5	22,8	21,8	19,6	18,4	20,4	22,0	23,6	23,5	23,6	22,5	24,2
Nährstoffe (gesamt)													
Stickstoff (N)	% TM	16,2	16,1	16,4	10,3	16,8	20,4	15,7	16,1	15,2	16,6	17,8	16,2
Phosphat (P ₂ O ₅)	% TM	4,28	4,28	4,57	6,86	3,52	3,91	4,43	4,19	4,24	4,51	3,90	4,70
Kaliumoxid (K ₂ O)	% TM	4,88	5,37	5,80	2,46	4,48	4,87	4,40	4,88	4,43	5,20	5,06	5,80
Magnesiumoxid (MgO)	% TM	0,28	0,28	0,32	1,00	0,36	0,27	0,38	0,28	0,28	0,31	0,24	0,28
Schwefel (S)	% TM	0,89	0,81	0,83	0,83	2,16	1,09	0,92	0,83	0,89	0,86	1,41	1,08
Bas. wirks. Stoffe (CaO)	% TM	2,84	2,13	1,83	6,22	2,06	1,96	3,30	3,06	2,84	3,14	2,81	3,13
Nährstoffe (löslich)													
Ammonium (NH ₄ -N)	mg/l FM	4950	4890	4890	5470	3790	4330	4620	4610	4610	5020	5360	5180
Nitrit (NO ₂ -N)	mg/l FM	1,36	2,62	0,78	1,28	<0,30	1,00	1,85	1,36	0,48	1,52	1,90	1,59
Schwefelwasserstoff													
Blei (Pb)	mg/kg TM	3,00	<3,00	<3,00	6,20	<3,00	<3,00	<3,00	3,01	3,15	3,00	<3,00	3,23
Cadmium (Cd)	mg/kg TM	0,40	0,38	0,40	0,72	0,46	0,50	0,39	0,40	0,39	0,36	0,39	0,40
Chrom (Cr)	mg/kg TM	17,0	9,17	12,1	26,5	29,8	16,6	18,3	15,9	16,4	17,9	17,0	14,9
Niob (Co)	mg/kg TM	39,5	38,4	40,0	84,6	87,8	41,0	36,2	37,4	36,5	37,6	34,0	42,2
Nickel (Ni)	mg/kg TM	13,9	11,8	14,0	12,4	27,2	13,9	14,6	12,8	16,3	14,4	13,2	13,4
Quecksilber (Hg)	mg/kg TM	0,08	0,08	0,08	0,11	0,08	0,07	0,10	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08
Zink (Zn)	mg/kg TM	237	242	250	480	217	237	218	226	233	254	237	280
Grenzwerte RAL-Gläserung eingehalten		Ja	Nicht	Ja	Ja	Ja							

(1) Prozessabweichung: 1=geprüft und nicht beanstandet, 2=geprüft und beanstandet, 3=nicht vorhanden, N* Es liegen Nachuntersuchungen vor, Z* - Es liegen Zusatzuntersuchungen vor.
 Angaben, die nicht den Vorgaben der Gläserung entsprechen, sind fett hervorgehoben und grau hinterlegt. Werte innerhalb der zulässigen Toleranz und unpublizierbare Werte sind fett hervorgehoben.