



Katrin Büscher (Herausgeber)  
Matthias Kühle-Weidemeier (Herausgeber)

**Waste-to-Resources 2017**

**7. Internationale Tagung MBA, Sortierung und Recycling.  
Rohstoffe und Energie aus Abfällen**

Matthias Kühle-Weidemeier, Katrin Büscher (Hrsg.)

**Waste-to-Resources 2017**  
**7. Internationale Tagung**  
**MBA, Sortierung und**  
**Recycling**

Rohstoffe und Energie aus Abfällen

Tagungsband  
(Originalsprachenausgabe)

16. - 18. Mai 2017

Veranstalter



Gold Sponsor

Silber Sponsor



Cuvillier Verlag Göttingen  
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/7532>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



## **Grußwort für den Tagungsband zur 7. Internationalen Tagung MBA, Sortierung und Recycling**

**(16.-18. Mai 2017 in Hannover)**

Sehr geehrte Teilnehmerinnen und Teilnehmer,

unsere Wirtschaft benötigt die kontinuierliche Versorgung mit Rohstoffen. Und das gilt nicht nur für uns, sondern für alle Länder. Gleichzeitig sehen wir uns natürlichen Grenzen für den weltweiten Ressourcenverbrauch gegenüber.

Die Umweltorganisation „Global Footprint Network“ berechnet seit dem Jahr 2006 jährlich den Tag, an dem die Weltbevölkerung so viele ökologische Ressourcen verbraucht hat, wie unser Planet in einem Jahr regeneriert. Im Jahr 2006 fiel dieser „Earth Overshoot Day“ auf den 24. August. Im letzten Jahr, also zehn Jahre später, war es bereits der 8. August.

Die weltweite Tendenz geht in die falsche Richtung, als ob wir die Ressourcen von zwei oder drei Erden zur Verfügung hätten. Es ist zweifellos eine Menschheitsaufgabe, für demnächst 8 oder 9 Milliarden Menschen und deren steigenden Bedarf an Ressourcen eine Lösung innerhalb der planetaren Grenzen zu finden.

Die gute Nachricht ist: Die Aufgabe ist lösbar. Die nötigen Instrumente sind vorhanden, wir müssen sie aber konsequent nutzen. Wir müssen den Einsatz von Ressourcen noch viel stärker von der wirtschaftlichen Entwicklung entkoppeln als bisher. Wir haben bereits mit dem Deutschen Ressourceneffizienzprogramm „ProgRess“ den Weg zu einer schonenden Nutzung unserer Ressourcen eingeschlagen – übrigens als einer der ersten Staaten der Welt!

Durch Recycling und die Kreislaufführung von Stoffen werden inzwischen rund 14 Prozent des Bedarfs an nicht energetischen Rohstoffen durch Sekundärrohstoffe gedeckt. Diesen Wert wollen wir weiter steigern.

Noch in dieser Legislaturperiode will die Bundesregierung deshalb zentrale Weichenstellungen im Bereich der Kreislaufwirtschaft vornehmen, etwa die Gewerbefallverordnung, das Verpackungsgesetz sowie die Klärschlamm-Verordnung.



Auf europäischer Ebene setzen wir uns für ehrgeizige Ziele im Rahmen des Paketes zur Kreislaufwirtschaft ein. Es lohnt sich: Die EU-Kommission beziffert die erzielbaren Vorteile des Paketes auf EU-weit rund 24,5 Milliarden Euro. Erwartet wird darüber hinaus die Schaffung von 140.000 Arbeitsplätzen allein in der Abfallwirtschaft und eine Minderung der Treibhausgas- Emissionen um 500 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>- Äquivalente.

Die 7. Internationale Tagung MBA, Sortierung und Recycling widmet sich innerhalb ihres breit gefächerten Themenfeldes wichtigen Fragen des Ressourcenschutzes. Sie bietet den in- und ausländischen Gästen sowie den Unternehmen, die die Tagung mit einer Fachausstellung begleiten, eine ausgezeichnete Plattform zum Wissens- und Techniktransfer.

Als Schirmherrin wünsche ich Ihnen interessante Diskussionen und der Tagung einen erfolgreichen Verlauf.

Ihre

Barbara Hendricks

Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit



# **Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e.V. Wenn Worten Taten folgen**

**Yvonne Busch**

Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e. V., Iserlohn, Germany

## **Climate protection through recycling (circular economy) e.V. Turn words into deeds**

### **Abstract**

Die Brancheninitiative „Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e.V.“ ist ein Zusammenschluss aller maßgeblichen Verbände der Abfall- und Recyclingwirtschaft sowie größerer und kleinerer privater und kommunaler Entsorgungsunternehmen und anderer Akteure aus NRW. Die Entsorgungswirtschaft in NRW hat sich mit der Gründung des Vereins zum Ziel gesetzt, die klimarelevanten Innovationen und Technologien, Dienstleistungen, Projekte und Ziele der Branche unter diesem Dach gemeinsam weiterzuentwickeln und damit gleichzeitig auch das Dekaden-Projekt „KlimaExpo.NRW“ der nordrhein-westfälischen Landesregierung nachhaltig zu unterstützen. Damit soll der erfolgreiche Transformationsprozess der Entsorgungswirtschaft fortgeführt und die bisherigen und signifikanten Beiträge der Kreislaufwirtschaft zum Klimaschutz gesichert und weiter ausgebaut werden.

### **Inhaltsangabe**

Der vorliegende Text befasst sich zunächst mit den Branchenmerkmalen in NRW. Dabei wird aufgezeigt, was die Abfall- und Recyclingbranche in den letzten Jahren verändert und vorangetrieben hat. Daraus hat sich der Verein Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e.V. mit dem Ziel, technologische Entwicklungen und Leistungen im Klimaschutz für ein breites nationales sowie internationales Publikum sichtbar zu machen, gebildet. Durch den Verein soll auch der Austausch zwischen den Unternehmen, Verbänden und weiteren Akteuren der Abfall- und Recyclingwirtschaft, die sich aktiv mit dem Klimaschutz befassen, gefördert werden. Die Veränderungen der Branche sowie die Vereinsgründung machen deutlich, warum der Klimaschutz durch die Kreislaufwirtschaft wichtig geworden ist. In Verbindung mit der KlimaExpo.NRW wird die Kreislaufwirtschaft zum Expo-fähigen Format, mit dem erfolgreiche Projekte einem breiten Publikum bis hin zur internationalen Ebene verständlich und erfahrbar gemacht und zusätzliches Engagement für den Klimaschutz erzeugt werden soll.

Im zweiten Abschnitt wird die „Route der Kreislaufwirtschaft“ vorgestellt. Diese wurde vom Verein entwickelt, um zum einen Wissen über die Zusammenhänge zwischen Kreislaufwirtschaft und Klimaschutz zu vermitteln und zum anderen, um neue Technologien oder Projekte aus der Branche einer breiten Öffentlichkeit vorzustellen. Die einzelnen inhaltlichen Schwerpunkte der Route gliedern sich thematisch entlang der Wertschöpfungskette der Kreislaufwirtschaft.



## Keywords

Klimaschutz, Kreislaufwirtschaft, Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft, Abfall- und Recyclingbranche, CO<sub>2</sub>-Minderung, Klimaschonende Technologien, Klima- und Ressourcenschutz, KlimaExpo.NRW

# 1 Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft

## 1.1 Der Wandel der Abfall- und Recyclingbranche

Die deutsche Abfall- und Recyclingbranche hat in den letzten 25 Jahren durch den Transformationsprozess von der Deponie- zur Kreislaufwirtschaft Treibhausgase in Höhe von rund 60 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>-Äq) eingespart. Während die Abfallwirtschaft im Jahr 1990 noch fast 40 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äq emittierte, hat die Kreislaufwirtschaft im Jahr 2006 bereits rund 18 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äq. Vermieden (VGL. BDE, ITAD, VDMA, 2016). Diesen Wandel hat die Branche auf drei Wegen erreicht:

**Vermeidung von Treibhausgas-Emissionen:** Schließung von Deponien

**Verminderung von Treibhausgas-Emissionen:** Energie- und ressourceneffiziente Produktion sowie umfassendes und hochwertiges Recycling

**Energiegewinnung aus Abfällen:** Thermische Abfallverwertung, Ersatzbrennstoff- sowie Biomasse-Kraftwerke und Vergärung von biologischen Abfällen

## 1.2 Gründung des Vereins Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e.V.

Der Verein Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e.V. möchte in erster Linie aufzeigen, was die Kreislaufwirtschaft in Nordrhein-Westfalen zur Minderung von Klimagasen beiträgt. Vereinsmitglieder sind Akteure der Branche, die mit innovativen Technologien entlang des Wertstoffkreislaufs den Klimaschutz voranbringen wollen. Die Branche hat in den letzten 25 Jahren gezeigt, wie Klimaschutz zum Fortschrittmotor werden kann. Mit einem erfolgreichen Transformationsprozess hat die Kreislaufwirtschaft dazu beigetragen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland seit 1990 um 20 Prozent zu reduzieren (VGL. BDE, ITAD, VDMA, 2016). Der damit verbundene Aufbau hochqualifizierter Systeme zur stofflichen und energetischen Abfallverwertung hat nicht nur wichtige Beiträge zur Energie- und Ressourceneinsparung gebracht, sondern auch dazu geführt, dass die Branche sich spezialisiert sowie überdurchschnittliche Wachstumsraten erreicht hat und mit 62.000 Beschäftigten heute eine der wichtigsten Branchen der Umweltwirtschaft in NRW ist (VGL. MKULNV, 2015).



### 1.3 Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft

Die Kreislaufwirtschaft in Nordrhein-Westfalen zeichnet sich durch Wirtschaftskraft, Innovationsfähigkeit und eine flächendeckende Präsenz der Unternehmen aus. Eine gute Voraussetzung, um das „Gesamtsystem Kreislaufwirtschaft“ projektbezogen zu präsentieren. Die Kreislaufwirtschaft präsentiert sich dabei als Partner der KlimaExpo.NRW: Die Initiative der Landesregierung macht sowohl erfolgreiche Klimaschutzprojekte und -akteure einem breiten Publikum bis hin zur internationalen Ebene verständlich als auch erfahrbar und fördert dadurch zusätzliches Engagement für den Klimaschutz.

Die KlimaExpo.NRW und der Verein „Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e.V.“ sind offizielle Partner und entwickeln gemeinsam Kommunikationsmaßnahmen im Klimaschutz. Zur Unterstützung der Ziele der KlimaExpo.NRW plant die Brancheninitiative Veranstaltungen und umweltpädagogische Maßnahmen, regt Unternehmen zum Engagement für die KlimaExpo.NRW an und konzipiert Themenrouten zu Wertschöpfungsstufen und Verfahren der Kreislaufwirtschaft in Nordrhein-Westfalen.

## 2 Themenroute der Kreislaufwirtschaft - die Kreislaufwirtschaft „erlebbar“ und „begehbar“ machen

Die Konzeption und Realisierung von Themenrouten gehört zu den zentralen Wirkungsbereichen der KlimaExpo.NRW. In Anlehnung an die guten Erfahrungen des Landes NRW mit der internationalen Bauausstellung Emscher Park, welche ebenfalls als Dekaden-Projekt angelegt war, sollen thematisch zusammenhängende Projekte und Standorte in NRW zu Routen zusammengefasst werden, die von interessierten Besuchern gezielt ausgewählt und angesteuert werden können. Vergleichbare Themenrouten werden von der "Klimametropole ruhr 2022" durch die "Routen der Innovationen" und die "Route der Energie" in die KlimaExpo.NRW eingebracht.

Diese Grundidee wird von der Brancheninitiative "Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e. V." übernommen. Das Ziel der "Route der Kreislaufwirtschaft" besteht darin, am Beispiel verschiedener innovativer Projekte, Anlagen oder auch Standorte, die jeweils stellvertretend für einzelne Schritte der Kreislaufwirtschaft stehen, deutlich zu machen, wie eine moderne Kreislaufwirtschaft funktioniert und welche Klimaschutz-Potentiale in einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft realisiert werden können. Im Folgenden werden die insgesamt sechs Themenschwerpunkte der Route entlang der Wertschöpfungskette erläutert. In den nachfolgenden Abbildungen wird zum einen unsere Landkarte mit einer ersten Reihe von verorteten Projekten unserer „Themenroute der Kreislaufwirtschaft“ abgebildet (1) und zum anderen die Wertschöpfungskette der Kreislaufwirtschaft mit unseren sechs Themenschwerpunkten, die grafisch hervorgehoben sind (2).

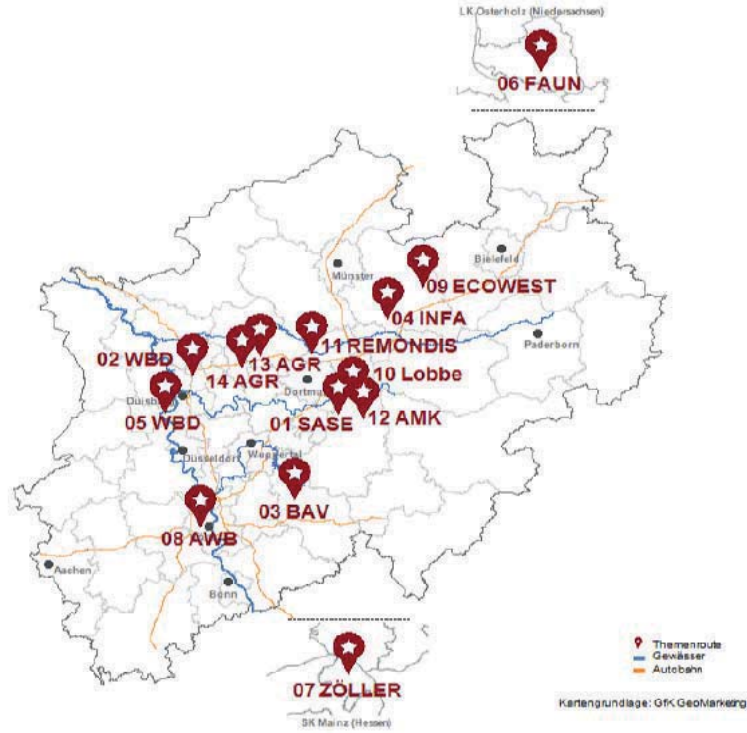


Abbildung 1 Themenroute der Kreislaufwirtschaft

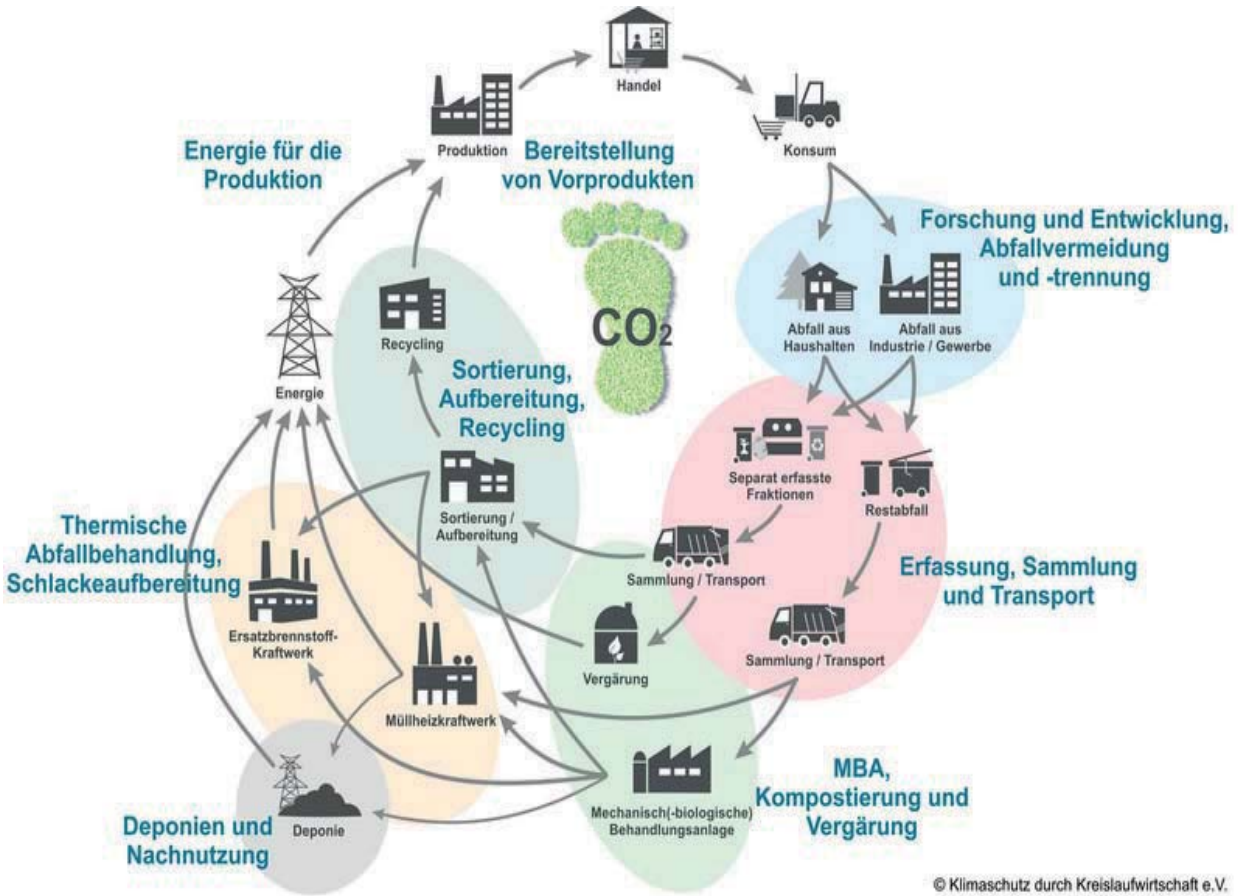


Abbildung 2 Wertschöpfungskette der Kreislaufwirtschaft



## 2.1 Schwerpunkt 1:

### **Forschung und Entwicklung, Abfallvermeidung und -trennung**

Die "Route der Kreislaufwirtschaft" beginnt zunächst mit der Geschichte der geordneten und umweltgerechten Abfallentsorgung. Dabei werden in anschaulicher Weise die Wechselwirkungen zwischen der Entwicklung unserer Siedlungsstrukturen und den daraus immer wieder resultierenden organisatorischen und technologischen Veränderungen der Abfallentsorgung im Zeitverlauf vorgestellt. Wie in der heutigen Zeit Abfall vermieden und richtig getrennt werden kann, soll in so genannten "außerschulischen Lernorten" praxisnah erfahrbar werden. Ziel ist es dabei Schülern und anderen Besuchergruppen nachhaltiges Verhalten im Bereich Abfallvermeidung und sortenreine Abfalltrennung zu vermitteln. Zudem ist in den letzten Jahren auch eine Lernlandschaft entstanden, in der Kindergartenkinder, Schüler, Jugendliche und Erwachsene die Möglichkeit haben, alles Wissenswerte rund um die Themen Abfallvermeidung, Klimaschutz und Recycling zu erfahren. Wichtig für die Kreislaufwirtschaft ist neben der Wissensvermittlung auch die Erzeugung von Wissen, also die Forschung über die "richtigen" Wege des Abfalls.

## 2.2 Schwerpunkt 2:

### **Erfassung, Sammlung und Transport von Abfällen**

Der Weg vom Abfall zum Produkt beginnt mit dem Wurf in die Mülltonne. Im Gegensatz zu der klassischen und mobilen Variante führen bspw. Unterflurcontainer, die in der Route vorgestellt werden, zu einer CO<sub>2</sub>-Einsparung durch eine verbesserte Mülltrennung und eine optimierte Logistik. Ist die Mülltonne oder der Unterflurcontainer befüllt, steht der Transport der Abfälle an. Zur Reduzierung der hier anfallenden Emissionen trägt das weltweit erste Hybrid-Entsorgungsfahrzeug bei, welches in der Route benannt wird, da es während der Müllsammlung mit Bremsenergie betrieben wird. Diese Fahrzeuggeneration schaltet beim Sammeln den Fahrgestellmotor vollständig ab und wird dann elektrisch angetrieben und gebremst. Eine weitere energiesparende Option, die in der Route veranschaulicht wird, ist ein Abfallsammelfahrzeug bei dem die Batterie während der Nacht über das Stromnetz aufgeladen wird. Der Motor wird nur im Fahrbetrieb verwendet, daher erfolgt im Sammelbetrieb ein völlig lautloser und emissionsfreier Betrieb. Durch intelligente Logistikkonzepte können zudem weite Transportwege mit dem LKW vermieden werden. Ein Konzept, das in der Route dargestellt wird, ist die Restmüllverlagerung auf die Schiene. Dies spart nicht nur den Einsatz von Müllfahrzeugen, sondern reduziert auch den Dieserverbrauch pro Jahr. Nach dem Transport stehen für die weitere Behandlung des Hausmülls grundsätzlich zwei Optionen zur Verfügung:





- Die mechanisch-biologische Behandlung mit dem Ziel, Wertstoffe auszusortieren und über den biologischen Teil eine deponiefähige Restfraktion zu erhalten
- Die thermische Abfallbehandlung mit dem Ziel, Strom und Wärme zu gewinnen und die in den Schlacken enthaltenen Metalle wiederaufzubereiten

## 2.3 Schwerpunkt 3:

### **Mechanisch-biologische Behandlung, Kompostierung und Vergärung**

Seit Mitte des Jahres 2005 dürfen in Deutschland keine unvorbehandelten Abfälle mehr auf Deponien abgelagert werden. Für die Vorbehandlung von Abfällen aus Haushalten und Gewerbe stehen mit der thermischen Abfallbehandlung in Müllverbrennungsanlagen und der mechanisch-biologischen Behandlung von Abfällen zwei unterschiedliche Verfahren zur Verfügung. Bei der ausgereiften Technik der mechanisch-biologischen Behandlung wird der Restmüll zu Ersatzbrennstoff aufgearbeitet, die nicht mehr weiter verwertbaren Reste werden dann in einer Müllverbrennungsanlage (MVA) thermisch verwertet. Durch den Anlagenbetrieb, der in der Route dargestellt wird, werden durch die energetische Verwertung der aufbereiteten Ersatzbrennstoffe und die aussortierten Metalle fast 36.000 Mg CO<sub>2</sub>-Äquivalent/Jahr vermieden.

## 2.4 Schwerpunkt 4:

### **Sortierung, Aufbereitung und Recycling**

Für die Kreislaufwirtschaft und den damit verbundenen Klima- und Ressourcenschutz ist die Sortierung, Aufbereitung und das Recycling von Wertstoffen wie Kunststoff, Glas, Papier oder Metall ein wichtiger Schritt, um die Materialien entweder in die jeweiligen Stoffkreisläufe zu integrieren oder um die enthaltene Energie zu nutzen.

In der modernsten Wertstoffaufbereitungsanlage (WAA) Europas, die in der Route abgebildet wird, werden derzeit rund 95.000 Tonnen Leichtverpackungen (LVP) aus Privathaushalten sortiert. Rund die Hälfte davon (43.000 t) kann stofflich verwertet werden, der Rest (52.000 t) geht als Brennstoff in die Wärmeproduktion - in Müllverbrennungsanlagen oder Ersatzbrennstoffkraftwerke. Aus der Aufbereitung der Leichtverpackungen resultiert eine jährliche Einsparung von 73.000 t CO<sub>2</sub>-äq./a.

Am Industriestandort Lippewerk sorgen drei Schlüsselkompetenzbereiche dafür, dass Ressourcen geschont und CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden werden können. In zahlreichen Anlagen auf dem Werksgelände werden unterschiedliche Abfälle aufbereitet und für eine weitere Nutzung vorbereitet, so werden bspw. Kunststoffe zu Granulaten, Schlacken zu Metall und Abfälle sowie Reststoffe in Kraftstoffe umgewandelt. Aus industriell-



len Abfällen und Haushaltsabfällen entstehen Vorprodukte für die Industrie und nicht zuletzt wird auch Biomasse aufbereitet und als Energieträger für Biomassekraftwerke genutzt. In diesen technologischen Kompetenzbereichen werden im Lippewerk jährlich rund 416.000 Tonnen Treibhausgase eingespart.

## **2.5 Schwerpunkt 5:**

### **Thermische Abfallbehandlung und Schlackeaufbereitung**

Die thermische Behandlung von Abfällen umfasst sowohl die thermische Vorbehandlung von Abfällen aus Haushalten, Gewerbe und Sortierresten als auch die Verwertung von Ersatzbrennstoffen in speziell dafür ausgelegten, meist industriellen Ersatzbrennstoffkraftwerken. Des Weiteren umfasst die thermische Abfallbehandlung auch die Mitverbrennung von besonders heizwertreichen Fraktionen (Sekundärbrennstoffen) in Zement- und Kohlekraftwerken. Damit übernehmen die thermischen Abfallbehandlungsanlagen drei wichtige Aufgaben: Die Vorbehandlung von Siedlungsabfällen, die Verwertung von heizwertreichen Fraktionen aus der Wertstoffsartierung und die Aufgabe als Schadstoffsенke für Sortierreste aus dem Recyclingprozess. Die Metalle, die mit den Restabfällen in den Verbrennungsprozess gelangen, können im Rahmen des nachfolgenden Prozesses der Schlackeaufbereitung wiedergewonnen werden. Verbrennung in Abfallkraftwerken mit angeschlossener Energiegewinnung ist heute ein hochentwickeltes Abfallverwertungsverfahren: Es zerstört organische Schadstoffe und schleust anorganische Schadstoffe für die sichere Ablagerung aus. Im Zuge des thermischen Recyclings werden wertvolle Sekundärrohstoffe, wie Metalle und Baustoffe gesichert. So ist Abfallverbrennung im Abfallkraftwerk ein vollwertiges Verwertungsverfahren, das in der Bilanz oftmals sogar mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen einspart als es erzeugt.

## **2.6 Schwerpunkt 6:**

### **Deponien und Nachnutzung**

Deponien stehen heute für eine dauerhafte und umweltsichere Ablagerung inerter (nicht reaktionsfähiger) mineralischer Abfälle. Bis zum Verbot der Ablagerung unvorbehandelter Abfälle im Jahr 2005 wurde in Deutschland ein Großteil der Abfälle inklusive der organischen Anteile deponiert, insbesondere das hier entstehende Methan sorgte für eine erhebliche Belastung des Klimas. Heute wird das in den Deponiekörpern entstehende Methan erfasst und in Blockheizkraftwerken in Strom und Wärme umgewandelt. Ferner dienen die stillgelegten Deponieflächen zunehmend auch als Standorte für Photovoltaik- und Windkraftanlagen.



### 3 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammengefasst bildet die vom Verein entwickelte „Route der Kreislaufwirtschaft“ thematisch zusammenhängende Projekte und Standorte aus der Vereinsmitgliedschaft in NRW ab, die von interessierten Fachleuten und der Öffentlichkeit gezielt ausgewählt und besucht werden können, um dadurch CO<sub>2</sub>-mindernde Projekte zu fördern und öffentlichkeitswirksam darzustellen.

Der Verein möchte sich mit der Gestaltung der ersten „Themenroute der Kreislaufwirtschaft“ aktiv an dem Dekaden-Projekt „KlimaExpo.NRW“ einbringen. Die vom Verein entwickelte Route wird in Zukunft auch auf einer interaktiven Homepage der „KlimaExpo.NRW“ öffentlichkeitswirksam vorgestellt. Dadurch können sich die Besucher zukünftig auch interaktiv über die einzelnen Klimaschutzprojekte in der „Route der Kreislaufwirtschaft“ informieren. Zudem befindet sich die Route in einem flexiblen Entwicklungsprozess und wird dahingehend stetig erweitert und zukünftig noch weiter ausgebaut.

### 4 Literatur

- |  |      |   |
|--|------|---|
| BDE - Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser-, und Rohstoffwirtschaft e.V. (Hrsg.)/ ITAD - Interessengemeinschaft der thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V. (Hrsg.)/ VDMA - Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (Hrsg.); | 2016 | Branchenbild der deutschen Kreislaufwirtschaft. Kompetent • Leistungsstark • Zukunftsorientiert |
| Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.);  | 2016 | Land der Umweltwirtschaft. Masterplan für Nordrhein-Westfalen.                                  |
| Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) (Hrsg.);   | 2016 | Umweltbericht. Nordrhein-Westfalen 2016. MKULNV NRW   |
| Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) (Hrsg.);   | 2015 | Umweltwirtschaftsbericht. Nordrhein-Westfalen 2015. MKULNV NRW                                  |

Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e.V.: Themenroute der Kreislaufwirtschaft (2017): <http://www.klima-kreislaufwirtschaft.de/themenroute-derkreislaufwirtschaft/routenvorschau/>



## 5 Anhang: Fotos



Auftaktveranstaltung 2015

Quelle: Ralf Breer



Auszeichnung der TOP 10. Platzierung bei den GreenTec Awards 2017



NRW Gemeinschaftsstand auf der IFAT 2016

Quelle: Ralf Breer

### Anschrift der Verfasser

M.Sc. Yvonne Busch  
Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e.V.  
Max-Planck-Str. 9  
D-58638 Iserlohn  
Telephone: +49 2371 965 732 5

Waste-to-Resources 2017

[www.waste-to-resources.eu](http://www.waste-to-resources.eu)



# Dekarbonisation und Energie-Erzeugung geht gleichzeitig. Die Zukunft ist klimapositiv!

Martin Schmid<sup>1</sup>; Rolf Fröhlich<sup>2</sup>; Robert Stucki<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ökozentrum, Langenbruck; <sup>2</sup>Compag AG, Kreuzlingen; <sup>3</sup>MPT GmbH, Würenlingen  
Schweiz

**Decarbonization and energy production goes simultaneously.  
The future is climate positive!**

## Abstract

Biochar will change the world! The soils on this planet contain more than twice the carbon than the atmosphere. The biggest "speziess" is "Carbon of pyrolytic origin" (Biochar) from forest or grassland fires. Not because there is so often fire, but because it is the most stable and long lasting form to store carbon. The effect of these forms of carbon is what we summarize with "fertility" – it is a combination of: increased water holding capacity while preventing water logging, increased cation exchange capacity and increased catalytic surface, increased pH-value and being reductive (anti-oxidizing). Biochar can be produced from any organic residues, and yet with state-of-the-art technology with an exothermal process, producing heat and power, while being much cleaner than any other solid fuel combustion process, without exhaust treatment. If the produced biochar is finally built into soils, after being used as feed additive, bedding material or just being mixed with urine, the carbon footprint of every Kilowatt-hour of energy generated would be "minus 500g CO<sub>2</sub>" – or climate positive. The soils worldwide are degrading – now we have a powerful tool to reverse this – and the worldwide potential of not otherwise used harvest residues is in the right magnitude, that pyrolysis and biochar could stop or reverse climate change!

## Zusammenfassung

Die Pflanzenkohle und deren Herstellung durch Pyrolyse birgt das Potential, den gesamten vom Menschen verursachten Anstieg des Kohlenstoffs in der Atmosphäre zu kompensieren oder gar rückgängig zu machen. Die fruchtbarsten Böden der Welt heissen „Schwarzerden“ (russisch „Tschernosem“, portugiesisch „Terra Preta“) und enthalten Pflanzenkohle, die entweder durch natürliche Ereignisse wie Steppenbrände (Ukraine, Russland) oder durch Menschen-Hand (Amazonasbecken, Westafrika) in den Humusboden gelangt ist. Gemäss den Funden zeigt sich die Kohle nachweislich über mehrere Tausend oder mehrere Zehntausend Jahre stabil, unabhängig von der Bodenzusammensetzung. Die Verkohlung von Ernterückständen auf jedem Quadratmeter Ackerland dieses Planeten zu 200 Gramm Pflanzenkohle und deren Rückführung in den Humusboden würde sämtliche menschengemachten Klimagas-Emissionen kompensieren. Diese Massnahme würde aber nicht nur global dem Klima nützen, sondern auch lokal die Bodenfruchtbarkeit und die Toleranz gegenüber Dürre und Staunässe der Böden erhöhen, sowie den Nährstoffrückhalt verbessern und damit auch gleichzeitig Gerüche und weitere Klimagas-Emissionen wie Lachgas und Methan reduzieren.

Der am Ökozentrum weiterentwickelte Pyrolyseprozess stellt die sauberste Form der Verbrennung dar, bringt also auch Verbesserungen in der Lufthygiene bei der Biomassenutzung. Die Abgase dieser WKKK- (Wärme-Kraft-Kohle-Kopplung) sind nach bishe-



rigen Messungen auch bei aschreicher Biomasse frei von Partikel-Emissionen und weisen geringste Kohlenmonoxid-Emissionen auf. Durch die gleichzeitige stoffliche und energetische Nutzung von bisher schlecht nutzbarer Biomasse-Sortimente (Beispiele: Landschafts-pflegeschnitt, Wurzelstock- und Schwemmholz mit Sandgehalt, Siebüberkorn aus Kompostierung und Kompogas mit Störstoffen (Plastikfolie, Karton, Mineralstoffe), Getreidespelzen, Fruchtkerne, Nussschalen, Klärschlamm, Papierschlamm, Stroh) erzeugt einen lokalen Nutzen von 300 bis 500 CHF pro Tonne abgeschiedenes CO<sub>2</sub>. Dies ist somit nicht nur die sicherste sondern auch die einzige finanziell kostenlose „Carbon-Capture&Storage“- (CCS-) Strategie, die zudem den ländlichen Raum weltweit nachhaltig stärken wird.

### Keywords

Biochar, Pflanzenkohle, Klimapositiv, Carbon-negative, stoffliche UND energetische in Wert-Setzung von Reststoffen.

## 1 Ausgangslage

Die Landwirtschaft trägt massiv zum Ausstoss von Klimagasen bei, in Form von Oxidation von gepflügten Böden, anderen Formen von Humusverlust (Erosion), sowie Methan-, Lachgas- und Ammoniak-Emissionen durch die Düngerproduktion, sowie dem Handling des Hofdüngers (Jauche anstatt Mist, etc.) [1]. Sie hat aber auch das Potential, selber zur Reduktion des Klimagas-Ausstosses beizutragen. Die dortigen Potential-schätzungen reichen bis hin zur vollständigen Kompensation des menschengemachten Ausstosses und zusätzlicher Reduktion des Kohlenstoff-Gehaltes der Atmosphäre auf Vorindustrielle Werte [2]. Das Interessante an den Massnahmen den Klimaschutz-Möglichkeiten der Landwirtschaft ist ihr lokaler Zusatznutzen (Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, Erhöhung der Toleranz gegenüber extremen Wetter-Situationen, Reduktion von Düngerverlust und Geruchsbelästigungen, Erhöhung der Stallhygiene, entsprechende Reduktion der Fremdkosten für Dünger, Bewässerung und Veterinärmedizinische Behandlung) welcher mitunter oder sogar meistens die Kosten der Massnahmen überschreitet, sodass der globale Nutzen des Klimaschutzes kostenlos wird [3].

Eine dieser Massnahmen reicht weit über die Grenzen der Landwirtschaft hinaus und auch hinein in die urbane Energieerzeugung und das Stoffrecycling: die Pyrolyse von Biomasse-basierten Reststoffen zu Pflanzenkohle (engl. Biochar). Pyrolyse ist die thermische Zerlegung von Kohlenwasserstoff-haltigen Stoffen unter Luftabschluss. Dabei entsteht eine wasserstoff-reiche Gasmischung, sowie ein Gemisch flüssiger Stoffe (unter Teere oder Pyrolyseöl zusammengefasst) und Koks oder Aktivkohle, je nach Einsatzstoff auch Holzkohle oder eben Pflanzenkohle genannt. Werden sortenreine Kunststoffe eingesetzt, kann mit der Pyrolyse nach dem Hamburger Verfahren wieder Monomer und ein Anteil Energie erzeugt werden [4]. Da die Pyrolyse von Biomasse stark exotherm ist, wird gleichzeitig Energie frei und trotzdem auch ein gut nutzbarer Stoffstrom erzeugt.



Die fruchtbarsten Böden der Welt heissen Schwarzerde und enthalten Pflanzenkohle, die entweder natürlich entstanden ist, zum Beispiel durch Steppenbrände in der Ukraine und Westrussland [5] (Schwarzerde, Russisch *чернозем* [*Tschernosem*]) oder von Menschenhand zusammen mit Fäkalien und Kompost in den Boden eingebracht wurde, vor 3'000 bis 7'000 Jahren im Amazonas-Becken [6] (Schwarze Erde portugiesisch *Terra Preta*) oder in West-Afrika seit mindestens 700 Jahren praktiziert wird (Neuste Entdeckungen der Ethnologie in Sierra Leone, Ghana, Guinea und Liberia [7]). Es ist durch die Funde aber auch weiterführende Forschung mittlerweile erwiesen, dass der als Pflanzenkohle eingebrachte Kohlenstoff über Tausende Jahre stabil bleibt in allen untersuchten Bodenarten [8]. Gleichzeitig kann die Pflanzenkohle durch die grosse Oberfläche und den anfänglich hohen pH-Wert weitere Stoffe im Boden halten, sowie als Ionentauscher nützliche Umwandlungsprozesse unterstützen.

Gleichzeitig harren weltweit Milliarden Tonnen von schwer nutzbaren Stoffen einer sinnvollen Nutzung: Ernterückstände (Stroh, Spelzen, Schalen, Pulpe, Rinde, Kerne), Landschaftspflegeschnitt (Grünschnitt, Wurzelholz mit Sand), Ausgesiebtetes aus Kompostierung, Biogas- und Wasserkraft (Siebüberkorn, feste Gärreste, Schwemmholz), sowie bereits ausgefaulte oder schier vergärbare Schlämme (Klärschlamm, Papierschlamm).

Gerade in ländlichen Gebieten der Tropen ist der Zugang zu technischer Energie und Dünger oft schwierig, sowie die Böden oft humusarm.

Mit angepasster Technologie können nun für alle Einsatzstoffe, trocken oder feucht, für jede Betriebsgrösse oder gar familiäre Kleinstbauernbetriebe Lösungen basierend auf der Pyrolyse entwickelt werden, welche lokal oder zumindest regional Energie und Pflanzenkohle erzeugt. Dies kann der Pyro-Cook [9] sein, der in Haiti einer Kleinbauernfamilie ermöglicht, trockenes Gartenschnittgut anstatt Waldholz in Holzkohle und gleichzeitig ein rauchfreies Kochfeuer umzusetzen, oder eine PPP120-Anlage [10], welche in einem Kaffee-Verarbeitungszentrum für 30 Kleinbauern oder einem mittleren Betrieb aus der feuchten Kaffeepulpe Pflanzenkohle und Prozesswärme erzeugt, die den Rohkaffee gleichzeitig auf marktfähige Qualität trocknen lässt – oder aber – aus 4'000 Tonnen pro Jahr Siebreste aus der Kompostierung einer grossen Gärtnerei mit Gewächshäusern in der Schweiz 600 Tonnen Pflanzenkohle, 500 kW Heizwärme-Dauerleistung sowie 150 kW elektrische Dauerleistung zu erzeugen, was einer jährlichen Klimagas-Reduktion von fast 5'000 t CO<sub>2</sub> entspricht.

## 2 Vorgehen

Seit 1983 werden am Ökozentrum Biomasse-Energiesysteme entwickelt und getestet, seit 1994 die FLOX<sup>®</sup> (für Flammenlose Oxidation) weiterentwickelt, seit 2004 die daraus



abgeleitete Schwachgas-Verbrennungstechnik und deren industrielle Anwendung entwickelt. Für die gekoppelte Strom- und Wärmeproduktion aus Feststoffbiomasse wird seit 2006 die Heissluft-Turbinentechnik favorisiert [11] – und entsprechend ebenfalls geprüft und weiterentwickelt. Die angepassten Technologien werden sowohl hier in Mitteleuropa sowie in der Entwicklungszusammenarbeit auch weltweit mit den lokalen KMU's bis zur Serien-Produktion begleitet.

Kaffeepulpe ist ein umweltschädigender Reststoff, dessen Nutzung seit den 1960er-Jahren erfolglos erforscht wurde [12]. Das Ökozentrum untersuchte im Auftrag der Cleaner Production Center Initiative ab 2009 neue Lösungen [13] und schlug 2011 die Pyrolyse zu Pflanzenkohle vor und entwickelte einen vereinfachten Prozess, der im Labor 2013 erfolgreich umgesetzt und geprüft werden konnte. 2014 wurde daraufhin ein Full-scale Prototyp für einen peruanischen Maschinenhersteller für die Kaffee-Ernte-Verarbeitung gebaut und geprüft. Das Gerät verarbeitet bis zu 40 kg/h feuchte Kaffeepulpe mit bis zu 54% Wassergehalt und erzeugt daraus bis zu 70 kW Heizleistung und bis zu 6 kg/h Pflanzenkohle. 2015 fanden der erste Technologie-Transfer-Workshop statt [14] und Anfang 2016 sind erste Anlagen im Bau oder bereits in Betrieb in Peru und Vietnam. Die Verbreitung in Vietnam sowie ein Landwirtschafts-Forschungsprojekt mit einer Kleinbauernkooperative mit Unterstützung durch das Forschungsinstitut für Biolandbau FiBL wird zur Zeit begleitet.

Auf Grund der vielen Aktivitäten und Anfragen zu Pflanzenkohle in der Schweiz wurde im Herbst 2015 in Langenbruck BL ein Profi-Netzwerk gegründet unter dem Namen CharNet [15]. Dieses Netzwerk bündelt den Forschungsbedarf auf dem Gebiet der Pflanzenkohle und vernetzt intern wie extern. Es zählt bereits über 70 Mitglieder aus Forschung (Eawag, ZHAW, FiBL, Agroscope, Ithaka, Ökozentrum), Urban Farming, Landwirtschaft, Kompostierung, Gartenbau, Gewässerschutz, Bodenschutz, sowie Anlagenbauer für kleine und grosse Pyrolyse-Systeme. CharNet ist seit Juni als Verband Mitglied von Biomasse-Suisse.

Parallel dazu wird am Ökozentrum zusammen mit einem erfahrenen Schweizer Kompostierwerke- und Biogas-Anlagenbauer seit Oktober 2015 eine Anlage entwickelt die die erwähnte Schwachgas-Technik, die Heissluftturbinentechnik und die Pyrolyse zu einer robusten Einheit verbindet, die jegliche feste Biomasse-Reststoffe inklusive Störstoffe wie Sand, Steine und Plastikfolien zu Pflanzenkohle, Strom, Wärme, Klimaschutz sowie sehr sauberen Abgasen umsetzt.

Der neue abgewandelte Pyrolyse-Prozess, den wir vorerst PPP nennen (von Pulpa Pyro Peru, bzw. Pyro Power Plant) weist einige Vorteile auf: Er benötigt weniger bis gar keinen hitzebeständigen Stahl, da die Wärme nicht über die Reaktoroberfläche eingebracht wird, sondern durch Eindüsung von sauerstoffarmem Abgas direkt in den Reaktor geführt wird. Dadurch ist die Anlage auch unempfindlich gegen Überhitzung im Falle