

Christian Springer

Energie- und CO₂-Bilanz von Kompostierungsanlagen – die Basis für einen Effizienzpass

Manuskripte zur Abfallwirtschaft

Band 10

Herausgegeben von

**Prof. Dr.-Ing. habil. W. Bidlingmaier
Bauhaus-Universität Weimar**

**Prof. Dr.-Ing. Martin Kranert
Universität Stuttgart**

RHOMBOS-VERLAG

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet abrufbar über <http://dnb.d-nb.de>

RHOMBOS-VERLAG

Fachverlag für Forschung, Wissenschaft und Politik

Kurfürstenstr. 17

D-10785 Berlin

www.rhombos.de

verlag@rhombos.de

Verkehrsnummer: 13597



© 2011 RHOMBOS-VERLAG, Bernhard Reiser, Berlin

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, verboten.

Kein Teil dieses Werkes darf außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Druck: PRINT GROUP Sp. z o.o.

Printed in Poland

ISBN 978-3-941216-33-4

Zum Geleit

Minimierung des Ausstoßes von Schadstoffen und Minimierung der Kosten. Dies sind die zwei wichtigsten Zielkriterien für die Wahl eines Verwertungsverfahrens. Vergangenheit! Gleichrangig oder fast schon in der Bedeutungshierarchie höher gestuft ist heute die Frage nach dem Umgang mit Energie die nach der Kohlenstoffbilanz.

Für aerobe Verwertungsverfahren scheinen diese Kriterien eine negative Bewertung zu indizieren und die Praxis spiegelt dies wieder, wenn die schnelle Ausweitung der Anaerobtechnik betrachtet wird. Eine Ablösung der Kompostierung durch Vergasung oder Verbrennung zeichnet sich ab. Wirklich? Dieser Frage ist Herr Christian Springer in seiner Arbeit nachgegangen. Festgelegt wurde der Bilanzrahmen beginnend mit der getrennten Erfassung bis einschließlich der Verwertung der entstandenen Produkte.

Um auf der Basis von gerichteten Fakten zu diskutieren, wurden in einen ersten Schritt die Energieverbräuche von Kompostierungstechniken ermittelt. Ein schwieriges Unterfangen, da messtechnisch die Datenlage sehr gering ist. Dennoch gelang es für unterschiedliche Baugruppen und differierende Rottetechniken normierte Energieverbräuche zu definieren. Diesen wurde das Substitutionspotential von Konzept für unterschiedlichste Anwendungsfällen gegenüber gestellt.

Interessant ist hier vor allem die Tatsache, dass energetisch die Substitution von mineralischen Düngemitteln kaum zu einen positiven Bilanz führt, hingegen die Substitution von organischen Kohlenstoffträgern als Bodenverbesserer einen entscheidenden positiven Beitrag leistet. Dieser Tatsache kann nicht genug Bedeutung beigemessen werden vor dem Hintergrund, dass derzeit weltweit und auch in Deutschland fertile Böden verloren gehen. Dieser Vorgang wird durch den Anbau von Biomasse zwecks energetischer Verwertung und / oder als Rohstoff für Kunststoffe verstärkt.

Die hier vorgelegten Ergebnisse bieten damit eine gute Basis für eine Neubewertung von aeroben Verwertungsverfahren.

Im zweiten Teil dieser Arbeit wird ein Bewertungssystem für Energie- und CO₂ –Bilanzen von Kompostierungsanlagen präsentiert. Dieses bietet jedem Betreiber die Möglichkeit seine Anlage einzuordnen und Optimierungspotentiale zu schöpfen. Dies ist über ein internetbasiertes Programm möglich, das öffentlich zugänglich ist.

Aller Bewertung entzieht sich die Frage der Ressourcenschonung. Diese wird in der Arbeit diskutiert, fließt aber nicht in die Bewertungsmechanismen ein. Ein generelles Problem, für das auch in anderen Bereichen bisher keine Lösungsansätze etabliert werden konnten.

Es ist zu wünschen, dass diese Arbeit zu einer objektiven Bewertung aerober Verfahren führt, die Diskussion versachlicht und Betreibern Argumente an die Hand gibt sachgerecht zu agieren und die Energie- und Kohlendioxidbilanz ihrer Anlagen zu optimieren.

Vorwort

Die heutige Gesellschaft bezieht ihr Wachstum aus fossilen, endlichen Rohstoffen. Bereits mit langer Tradition warnen wachstumskritische Veröffentlichungen vor der Gefährlichkeit dieses Prozesses. So prognostizierte bereits 1865 William Stanley Jevons in *The Coal Question* eine Erschöpfung der Kohlevorkommen und formulierte das Jevon - Paradoxon: Technischer Fortschritt, der zu einer effizienteren Nutzung von Rohstoffen führt, kann dennoch zu einem Mehrverbrauch dieser Rohstoffe führen. Neben vielen Forderungen zur Beschränkung des Wachstums nennt das Standardwerk der Wachstumskritik *The Limits to Growth* das Schließen von Kreisläufen als Teil eines Auswegs.

Die Verwertung organischer Abfälle ist ein unverzichtbarer Bestandteil beim Aufbau einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft. Die Kompostierung ist dabei Bestandteil des menschlichen Versuchs natürlich ablaufende Prozesse des Aufbaus, des Umsetzens und des Abbaus organischer Materie zu kopieren und so eine dauerhafte Lebensbasis zu schaffen. Wenn also die effizientere Nutzung von Rohstoffen kein Ausweg ist, kann es vielleicht das effizientere Schließen von Kreisläufen sein.

Diese Arbeit wäre ohne die zahlreichen Antworten auf den Fragebogen in dieser Form nicht möglich gewesen. Ich danke allen, die sich die Zeit genommen haben mir Ihre Daten zur Verfügung zu stellen. Besonders danken möchte ich Dr. Maile, der mir die Türen für die Besuche auf den Kompostwerken Mechnich und Gescher - Estern öffnete. Auch den Betreibern dieser Anlagen, Herrn Nolden und Herrn Lenzen, möchte ich danken. Für den Besuch des Kompostwerkes Dortmund-Wambel ebnete mir Dr. Seier den Weg und Herr Schumackers beantwortete freundlich meine Fragen. Dafür danke ich. Ebenfalls danken möchte ich Herrn Stolle. Er ermöglichte mir den Besuch einiger Kompostwerke und gab mir viele Hinweise und Tipps für meine Arbeit. Für die Unterstützung meiner Arbeit danke ich auch der Bundesgütegemeinschaft Kompost, insbesondere Frau Thelen-Jüngling und Dr. Kehres.

Für ständiges Mitdenken und Hinterfragen bin ich André Eberwein verpflichtet. Dank gebührt Daniel Meyer für seine Arbeit an den heizwertreichen Fraktionen. Daniel Pachomow, Wolf Groß, Thomas Haupt und Professor Eckhard Kraft danke ich für Aufbauarbeit und Rat. Mein Dank geht auch an die Mitarbeiter der Professur Abfallwirtschaft und allen anderen, die durch Ihre Unterstützung zum Werden dieser Arbeit beigetragen haben.

Ich freue mich über die Bereitschaft von Professor Kranert und Professor Fricke die Arbeit zu begutachten. Auch hierfür danke ich.

Sehr herzlich möchte ich mich bei Dr. Reinhold bedanken, der sich viel Zeit für mich nahm und die Arbeit sehr positiv durch viele Ideen und fachliche Kritik vorwärts brachte.

Für die vertrauensvolle und freundliche Zusammenarbeit, die intensive Begleitung und fortwährende Unterstützung, sowie die Überlassung des Forschungsthemas gilt mein ganz besonderer Dank meinem Doktorvater Professor Bidlingmaier.

Ich danke meinen Eltern, dass sie immer noch für mich da sind und ganz besonders meiner Mutter für Ihre Korrekturen. Sie hat die Arbeit am häufigsten gelesen.

Meiner lieben Antje danke ich für Ihre Geduld und Ihre Unterstützung. Wichtig waren Verständnis und Entlastung, aber auch Ablenkung durch meine Familie, allen voran Antje, Mafalda und Svea, doch auch durch meine Eltern und Schwiegereltern.

Ich widme diese Arbeit meinen Kindern Mafalda und Svea.

Weimar, Juni 2010

Christian Springer

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Problemstellung	3
1.2	Zielsetzung.....	3
1.3	Bearbeitungsmethodik	4
2	Grundlagenermittlung	9
2.1	Kompost und Kompostierung.....	9
2.2	Kompostierung von Bio- und Grünabfällen	9
2.3	Pflanzenernährung – Nährstoffe, Düngung und Humus	10
2.3.1	Nährelemente.....	10
2.3.2	Böden und Bodenfruchtbarkeit.....	11
2.4	Organische Substanz im Boden.....	12
2.4.1	Humusbildung	12
2.4.2	Humusbilanzierung.....	13
2.4.3	Beeinflussung von Bodeneigenschaften durch Humus	13
2.5	Düngung	14
3	Mineralischer Dünger.....	19
3.1	Stickstoffdünger	20
3.2	Phosphatdüngemittel	22
3.3	Kalidünger.....	23
3.4	Kalkdünger und Kalkung, Calciumcarbonat und Magnesium.....	24
3.5	Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen bei der Herstellung mineralischer Dünger....	25
3.5.1	Stickstoffdünger	25
3.5.2	Phosphatdünger	27
3.5.3	Kalidünger	28
3.5.4	Calciumcarbonat - Kalkdünger	29
3.6	Umrechnung des Endenergieverbrauchs bei der Herstellung mineralischer Dünger auf Primärenergie	30
4	Kompost als organisches Düngemittel.....	33
4.1	Organische Düngemittel.....	33
4.2	Nährstoffe im Kompost.....	34
4.2.1	Hauptnährstoffe P und K	34
4.2.2	Hauptnährstoff Stickstoff N.....	35
4.2.3	Kalkung / basisch wirksamer Bestandteil	37
4.3	Nährstoffsubstituierungspotential von Kompost	39
5	Auswirkungen der Kompostanwendung auf Ertrag und Bodeneigenschaften	43
5.1	Beeinflussung des landwirtschaftlichen Ertrags durch Kompostanwendung.....	43
5.1.1	Humusbildungspotential von Kompost	43
5.1.2	Auswirkungen der Kompostdüngung bzw. der organischen Substanz auf den Ertrag ..	45
5.1.3	Auswirkungen der Kompostdüngung auf das Wasserhaltevermögen	46
5.1.4	Wirkung auf Bodenleben	47
5.2	Kompost als Strohsubstitut	47
5.3	Kompost als Torfsubstitut.....	49
5.3.1	Aktuelle Situation in Deutschland	49

5.3.2	Energie- und CO ₂ -Bilanz von Torf.....	49
5.3.3	Torfersatz durch Kompost.....	50
5.4	Energetische Nutzung der heizwertreichen Fraktion	51
5.4.1	Energetische Eigenschaften von Grün- und Bioabfällen.....	51
5.4.2	Auswirkungen stofflicher Eigenschaften auf den Heizwert.....	52
5.4.3	Definition der heizwertreichen Fraktion.....	53
5.5	CO ₂ - Bindung im Boden durch Kompostanwendung	54
6	Energieverbrauch Kompostierung	59
6.1	Datenerhebung Energieverbrauch Kompostierung.....	59
6.2	Untersuchungen und Datenerhebung an Kompostwerken	60
6.2.1	KW Mechernich.....	60
6.2.2	KW Dortmund	61
6.2.3	KW Gescher - Estern	61
6.2.4	KW Köln-Niehl.....	62
6.3	Datenerhebung durch Fragebogen.....	63
6.4	Auswertung der Daten zum Energieverbrauch Kompostierung	64
6.4.1	Einteilung der Kompostierungsverfahren in Gruppen	64
6.4.2	Vergleich der Verfahren mit Belüftungstechnik und der unbelüfteten Verfahren.....	65
6.4.3	Energieverbrauch bei unbelüfteten Verfahren der Kompostierung	66
6.4.4	Energieverbrauch bei Kompostierungsverfahren mit Lüftungstechnik	67
6.5	Umrechnung auf Primärenergie.....	72
6.6	Emission von Treibhausgasen beim Kompostierungsprozess.....	72
7	Bilanzierung.....	79
7.1	Systemdefinition	79
7.2	Zusammenstellung der Daten.....	81
7.2.1	Kompostierung.....	81
7.2.2	Kompostanwendung	81
7.2.3	Heizwertreiche Fraktion	83
7.2.4	Keine energetisch oder CO ₂ -eq wirksame Kompostanwendung	83
7.2.5	Transport.....	83
7.3	Energie und CO ₂ -Bilanz	85
7.3.1	Zuordnung Kompostverwendung zu Substitutionspotential	85
7.3.2	Szenarien.....	86
7.3.3	Standardszenarien.....	87
7.3.4	Kompostszenarien	90
7.4	Phosphor- und C _{org} Effizienz.....	91
7.4.1	Phosphoreffizienz	91
7.4.2	C _{org} -Effizienz	92
7.5	Diskussion der Bilanzierung.....	94
8	Effizienzpass für biologische Abfallbehandlungsanlagen – ein Entwurf.....	99
8.1	Ziele.....	99
8.2	Konzept	100
8.2.1	Erforderliche Eingabewerte.....	100
8.2.2	Online Datenbank und Auswertung	101
8.2.3	Berechnung und Einteilung der Grenzwerte für die Effizienzbewertung	102

8.2.4	Hilfestellung zur Effizienzsteigerung.....	104
8.2.5	Ergebnisdarstellung und Effizienzpass.....	105
8.2.6	Vergabe des Effizienzpasses	106
9	Diskussion und Ausblick	111
10	Zusammenfassung	115