

Steuerung von Kompostanlagen mit dem Ziel der Produktqualifizierung

Einleitung

Recycling soll der Rückführung von Wertstoffen in den anthropogenen Stoffkreislauf dienen. Dies gilt für alle Abfallarten, für Bauabfälle genauso wie für organische Abfälle. Die führende Technologie zur Umwandlung organischer Abfälle in ein Produkt, das dem Boden als Dünger wieder zugeführt werden kann, ist nach wie vor die Kompostierung. 1999 gab es in Deutschland ca. 600 Kompostierungsanlagen, die 8,4 Millionen Tonnen organische Abfälle behandelt haben. Im Jahr 2000 waren es schon 700 – 900 Anlagen. In diese Anlagen wurde eine Summe von rund 9 Mrd. DM investiert und rund 3000 Angestellte arbeiten dort. Im weiteren Umfeld hängen zusätzlich 7500 Arbeitsplätze von der Kompostierung organischer Abfälle ab. Damit stellt dieser Geschäftszweig einen nicht zu unterschätzenden Faktor in der Abfallwirtschaft dar.

Die Expansion der Kompostierung in Deutschland und Akzeptanzprobleme aufgrund von Diskussionen um die Schadstoffbelastung und die Hygiene, wie beispielsweise bezüglich BSE- und Schweinepesterregern, von Komposten, haben zu einem hart umkämpften Markt geführt. Zusätzlich wurden in der neuen Bioabfall-Verordnung engere Grenzen für die Anwendung von Komposten festgelegt. Diese Lage fordert von den Unternehmen eine ständige Verbesserung der Produktqualität, die im Sinne des Verbraucherschutzes nur begrüßt werden kann. Der Produktabsatz kann nur durch die mit einer hohen Qualität verbundenen Kundenzufriedenheit gewährleistet werden.

Derzeit sind in Deutschland ca. 400 Kompostierungsanlagen, die mit Techniken zur aktiven Prozeßbeeinflussung ausgerüstet sind, in Betrieb. Das Problem, das fast allen Anlagen gemeinsam ist, ist das Fehlen von Zielgrößen und einer geeigneten Modellgrundlage zur Steuerung des Prozesses. Deshalb fahren die meisten Anlagen trotz installierter Technik keinen automatischen Betrieb, sondern arbeiten mit dem Geschick des Anlagenbetreibers, der seine Erfahrung als eigentliche Steuergröße einsetzt. Dies führt in den meisten Fällen zu einem anwendbaren Produkt, jedoch hängt die Qualität eben im Wesentlichen von der Motivation des Betreibers ab und ist daher oftmals stark verbesserungsfähig.

Das Hauptproblem bei der Steuerung von Kompostierungsanlagen ist das Fehlen eines gemeinsamen eng definierten Optimums der wichtigsten Steuergrößen. Ist zum Beispiel die Sauerstoffversorgung im Optimum, steigt die Temperatur schnell in einen suboptimalen Bereich. Senkt man nun die Temperatur durch verstärkte Belüftung trocknet die Miete schnell aus, der Energieverbrauch steigt und die Sauerstoffversorgung ist überdimensioniert.

Für die Entwicklung einer exakten Prozeßsteuerung sind derzeit noch die Zusammenhänge zwischen den wichtigsten Steuergrößen (Sauerstoff, Kohlendioxid, Energieausstrag und Wasserhaushalt) zu wenig bekannt. Weiterhin sind die Kenntnisse zum Einsatz technischer Maßnahmen als Reaktion auf mikrobielle Vorgänge unzureichend.

Eine Steuerung der aeroben Abfallbehandlung bringt voraussichtlich die folgenden Vorteile:

- ✍ Optimierung der Behandlungszeit
- ✍ Reduzierung der für die Belüftung notwendigen Energie
- ✍ Sicherung der Kompostqualität
- ✍ Sicherung der Hygienisierung

Die Vorteile einer Automatisierung werden also für die Wirtschaftlichkeit und für die Qualitätssicherung bei der Kompostierung gesehen.

Ermittlung von Zielgrößen zur Automatisierung der Anlagensteuerung

In einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt unterstützten und an der Bauhaus-Universität Weimar durchgeführten Forschungsvorhaben, das von **Bidlingmaier et. al. (2000)** durchgeführt wurde, sollten Zielgrößen für die Automatisierung der Steuerung biologischer Abfallbehandlungsanlagen ermittelt werden.

Zu diesem Zweck wurden in einer aus drei Reaktoren mit je 0,17 m³ Inhalt bestehenden Laboranlage Bioabfälle von der Kompostierungsanlage Langewiesen bei Ilmenau kompostiert. Die für Kompostierungsvorgänge notwendige Zuluft wurde in Abhängigkeit der gemessenen Temperaturen und der Abgaszusammensetzung geregelt. Die Erkenntnisse aus diesen Versuchen wurden modifiziert und adaptiert in einem Versuchsprogramm in der Technikumsanlage der Firma Herhof in Reaktoren mit 2,8 m³ Fassungsvermögen umgesetzt.

Zunächst wurde der Zusammenhang zwischen den Parametern O₂, CO₂, Temperatur und Materialfeuchte aus Literaturdaten und eigenen Versuchen ermittelt.

Da der Atmung eine besondere Bedeutung zukommt, sollte diese in besonderem Umfang untersucht werden. Die Atmung charakterisiert den physiologischen Zustand bzw. die Aktivität der Mikroorganismen. Aus der Literatur ist bekannt, daß die Affinität der Mikroorganismen zum Sauerstoff sehr hoch ist. Dies ist eigentlich eine gute Voraussetzung dafür, daß die Sauerstoffversorgung auch bei relativ niedrigen Belüftungsraten ausreichend ist. In der Praxis wird aber meist wesentlich stärker belüftet als für die Sauerstoffversorgung notwendig wäre. So dienen häufig bis zu 95 % der Luftmenge für den Abtransport der Wärme und nur 5 % der Luft zur Versorgung mit Sauerstoff.

Zwischen der Theorie und der zur Zeit praktizierten Betriebsführung besteht also eine erhebliche Kluft mit dem entsprechenden Entwicklungspotential für eine Steuerung. Sinnvoll für eine Steuerung ist es, einen einfach zu bestimmenden Parameter online zu messen und als Zielgröße für den Prozeß einzusetzen. Ideale Parameter dafür sind die im Abluftstrom vorhandenen Gase CO₂ und O₂, für die bereits eine gute Meßtechnik existiert. Da die absolute Bestimmung der Einzelkomponenten allein für eine Steuerung nicht ausreicht, sollen diese über einen Quotienten miteinander verrechnet werden. Dazu wird der Respiratorische Quotient (RQ) bestimmt, der das Verhältnis von Kohlendioxidabgabe zu Sauerstoffaufnahme darstellt.

Als wesentliche Ergebnisse der Untersuchungen können die folgenden Punkte aufgeführt werden (**Bidlingmaier et. al. 2000**):

- ~~✎~~ Der maximale CO₂-Gehalt in der Reaktorabluft kann höher als bisher zugelassen werden. Eine Verschlechterung der Kompostqualität, gemessen am Rottegrad, trat nicht auf.
- ~~✎~~ Der erhöhte CO₂-Gehalt ermöglicht eine höhere Umluftrate bei geringerer Frischluftzufuhr und damit einer Minderung des Abluftstromes zum Biofilter. Damit würden die Kosten für die Abluftreinigung sinken.
- ~~✎~~ Der bisher vorgegebene Temperaturgrenzwert in der Abbauphase ist zu überdenken. Er kann möglicherweise überfahren werden, was zu einem homogenen Temperaturfeld im Reaktor und damit zu einem gleichmäßigeren Abbau führt.
- ~~✎~~ Der Respiratorische Quotient RQ ist für die Heißrottephase nicht als Zielgröße einer Steuerung der Kompostierung geeignet.

Deutlich ist die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen an großtechnischen Anlagen zu betonen, die für die Übertragung von Laborergebnissen auf die Praxis essentiell ist.

Modellierung des Kompostierungsprozesses

Aufbauend auf den im ersten Projekt gewonnenen Erkenntnissen und Daten soll nun in einem Projekt, das von der Bauhaus-Universität Weimar und der Konrad-Adenauer-Stiftung gefördert wird, als Grundlage für eine Prozeßsteuerung ein Modell des Kompostierungsprozesses erstellt werden und nachfolgend in eine geeignete Steuerung umgesetzt werden.

Die Problemstellung lag nun wesentlich in der Ermittlung und Beschreibung der noch fehlenden Zusammenhänge sowie der noch fehlenden bzw. unsicheren Material- und Prozeßparameter. Die Summe aller notwendigen Prozeßparameter und deren Wechselwirkungen werden in Abbildung 1 veranschaulicht.



Abbildung 2: Laboranlage

Aufgrund der oben beschriebenen vielfältigen Wechselwirkungen und der Schwankungsbreite der Werte der einzelnen Parameter wurde schnell klar, daß die biologischen und physikalischen Prozesse nicht mit der für ein deterministisches Modell notwendigen Schärfe ermittelt werden können und daher ein auf einem klar definierten Gleichungssystem beruhendes Prognosemodell zu keine verlässlichen Aussagen zuläßt. Nun war es notwendig, ein Modell zu finden, das unscharfe Datenmengen verarbeiten kann. Für einen derartigen Fall bietet nur die Fuzzy Logic bzw. hybride Modelle Lösungen an. Auf der Basis von unscharf beschriebenen Zusammenhängen und einer großen ermittelten Datengrundlage, die als „Erfahrungswerte“ bzw. „Expertenwissen“ zugrundegelegt werden, ist die Prognose von verlässlichen Prozeßergebnissen möglich.

Auf der breiten Datenbasis soll daher ein sogenanntes „Fuzzy Set“ erstellt werden, das den Zustand von verschiedenen Prozeßvariablen zu unterschiedlichsten Prozeßzuständen in Abhängigkeit vom Charakter der zu behandelnden Inputmaterialien enthält. Auf der Basis dieses Datenbestandes läßt sich dann eine Prozeßsteuerung aufbauen, die eine Verknüpfung der Vielzahl der o.g. Parameter ohne das Wissen um genaue mathematische Zusammenhänge zuläßt.

Literatur

Bidlingmaier, W.; Mönning, K.; Kuhne, M. (2000): Ermittlung von Zielgrößen zur Automatisierung der Steuerung biologischer Behandlungsanlagen und Entwicklung von Steuerungselementen; Abschlußbericht zum DBU-Vorhaben AZ 08837; Bauhaus-Universität Weimar

Den Autor des Beitrages erreichen Sie inzwischen unter:

Institut für Energetik und Umwelt gGmbH
Frank Scholwin, Fachleiter Biogas
Torgauer Str. 116
D-04347 Leipzig
Tel.: +49-(0)341-2434-0
e-mail: scholwin@ife-le.de