Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Arbeitskreis für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen e.V.

TU Braunschweig Abfall- und Ressourcenwirtschaft

K. Fricke
C.-G. Bergs
G. Kosak
R. Wallmann

Kosten- und Ressourceneffizienz in der Abfallwirtschaft

68. Informationsgespräch des ANS e.V.
Bonn, vom 05.,12 bis 06.12.2007

NEUE METHODEN ZUR PROZESSSTEUERUNG BEI DER KOMPOSTIERUNG – EFFIZIENZSTEIGERUNG DER BIOABFALLVERWERTUNG

Frank Scholwin, Gereon Stolle

ZUSAMMENFASSUNG

Die Erzeugung eines Produktes mit hoher und vor allem konstanter Qualität, mit nachweisbarer Hygienisierung und einem gesicherten Absatz ist das Hauptziel der gezielten Verrottung von Stoffgemischen mit organischem Anteil. Die stoffliche Verwertung biologischer Abfälle wird in Deutschland und Europa überwiegend als Kompostierung in unterschiedlichsten Anlagen durchgeführt. Qualitätsgesicherte Kompostprodukte sind ein wertvolles organisch/mineralisches Düngemittel, Torfersatz und Humusprodukt. Optimal geregelt ist Kompostierung somit nicht nur eine praxisgerechte Kreislaufwirtschaft und Ressourcenschutz, sondern auch aktiver Klimaschutz. Mit dem zunehmenden Preiskampf um Stoffe und falsch gelenkter Subventionen in einem begrenztem Markt mit hohem Wettbewerb ist die effiziente Produktion gleichbleibender Produktqualitäten, unter Berücksichtigung gesetzlicher Produktvorgaben und Qualitätsstandarts der entscheidende Wettbewerbsvorteil. Daher wurde eine modellbasierte produktorientierte Regelung - NaviRott® - für die aerobe biologische Abfallbehandlung zur Erreichung dieser Zielstellung entwickelt und ihre sichere Funktion praktisch nachgewiesen.

REGEL STATT STEUERN

Die optimale Prozesssteuerung ist der Baustein zur Effizienzsteigerung in der Bioabfallverwertung. Die in den Anlagen durchgeführte „Rottesteuerung" basiert in der Regel auf Erfahrungswerten, Literaturhinweisen, Abschätzungen und Temperaturmessung. Dabei wird die Temperaturmessung hauptsächlich aus Gründen des notwendigen Hygienisierungsnachweises durchgeführt. Selbst hier werden vielfach Zuordnungs- und Übertragungsfehler seitens der Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V. festgestellt und entsprechend sanktioniert.

Derzeit angewandte Prozesssteuerungen und Regelungen zeigen auf der Basis der Ergebnisse aktueller, wissenschaftlicher Arbeiten, als auch auf der Basis langjähriger, praktischer Erfahrungen, dass weder eine sichere Erreichung der gesetzlich geforderten Produktvorgaben noch eine über den Jahresverlauf gleichbleibende Produktqualität zu gewährleisten ist. Insbesondere die neuere Gesetzgebung auf Bundes- und Europaebene stellt immer höhere Anforderungen an die Hygienisierung bei der biologischen Behandlung der Abfälle.

Durch das EEG wurde die Verstromung von Biomasse so begünstigt, dass bestimmte Biomassen am Markt bereits knapp sind und importiert werden. Der Zustrom von Grünabfällen bleibt zunehmend aus oder wird als Teilstrom ausgeschleust und der energetischen Verwertung zugeführt. Dadurch fehlt dieser Anteil als Strukturgeber und Mischkomponente. Die Prozessführung der Kompostierung wird zunehmend

suboptimal. Gefragt ist hier ein Regelungs- und Steuerungssystem, das es ermöglicht, physikalische und chemische Daten des Rotteverlaufes schnell aufzunehmen und auszuwerten, um entsprechende Entscheidungen für einen optimalen Rotteprozess sicher zu treffen.

Da der Kostenrahmen der Kompostierung nicht erheblich mehr zusätzliche Technik in der Behandlungsanlage zulässt, müssen die Probleme mit rein rechentechnischen Mitteln im Bereich der Prozessregelung erschlossen werden. Aus der Forderung nach einem kontinuierlich qualitativ hochwertigen Endprodukt der Behandlung ergibt sich der Bedarf nach einer an Substrat, Abbauprozess und Endproduktqualität orientierten Regelung des Gesamtrotteprozesses.

Aus diesem Grund war es notwendig, ein Modell zu entwickeln, welches mit sehr wenigen, leicht erfassbaren Eingangsdaten in der Lage ist, den nichtlinearen Prozess des biologischen Abbaues von Abfällen mit ausreichender Präzision zu prognostizieren, um es als Basis für eine praxisgerechte Prozessregelung anwenden zu können.

Mit dem anlagenspezifischen aufbereiteten Eingangsmaterial werden zunächst im Technikum der Bauhaus-Universität Weimar die entsprechende Substratcharakteristik erfasst und Grunddaten für die Steuerkurve erarbeitet. Bisher sind die verwendeten Technologien zur Regelung des biologischen Abfallbehandlungsprozesses weder auf die Spezifika des zu behandelnden Abfalls noch auf ein bei der Behandlung zu erreichendes Produktziel eingegangen.

Im Gegensatz dazu werden bei der anlagenspezifischen Steuerkurve von **Kavikott®** bei der entsprechenden Regelungsanwendung die prozessentscheidenden Parameter

- Temperatur,
- Wassergehalt und Wasserkapazität,
- Sauerstoffkonzentration / Kohlendioxidkonzentration,
- Durchströmung,
- chemische Materialeigenschaften sowie
- physikalische Materialeigenschaften,

die den Verlauf des Prozesses mitbestimmen, berücksichtigt. Im Wesentlichen können jedoch nur Temperatur, Wassergehalt, Sauerstoffkonzentration und Kohlendioxidkonzentration aktiv beeinflusst werden.

Um einen realitätsnahen Prozessverlauf zu prognostizieren, wurde das entwickelte Modell angewendet, um Basisinformationen für die aufgesetzte Regelung bereitzustellen. Die Regelung bestimmt aus dem realen Prozessverlauf und dem modellierten erwarteten Prozessverlauf die notwendige Belüftungsintensität, die wiederum auf den nächsten Zeitschritt des Modells und die dann kalkulierten Größen rückkoppelt. Durch diesen Regelkreis werden sowohl die räumliche als auch die zeitliche Dimension der Prognose realisiert. Einfluss auf den Verlauf des modellierten Prozesses von außerhalb der Modellgrenze haben im Wesentlichen die Materialeigenschaften. Schlüsselgröße ist die als Parameter neu eingeführte Abbauaktivität unter Idealbedingungen. Die Struktur des Modells zeigt Abbildung 1.

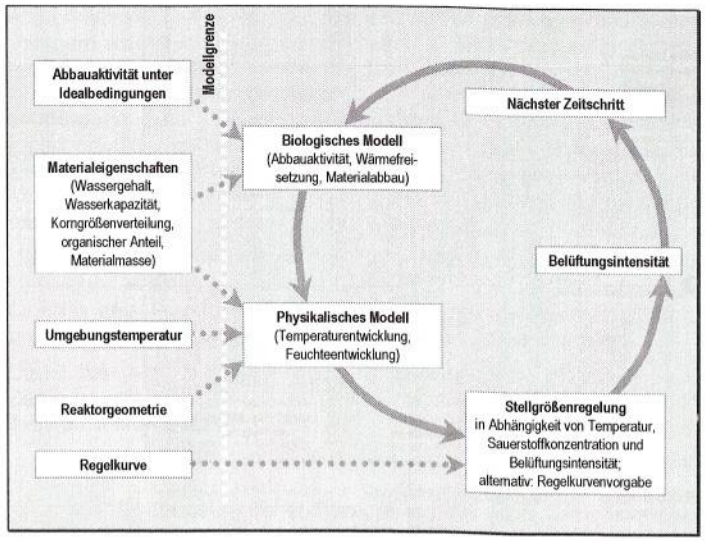

Abbildung 1: Struktur des Prozessmodells

Dabei besitzt der Parameter „biologische Aktivität unter Idealbedingungen" die höchste Bedeutung für die Prozessvoraussage. Er wurde aus der Analyse der Kohlendioxidfreisetzung realer Kompostierungsprozesse abgeleitet. Da die Abbauaktivität der Mikroorganismen sehr gut durch die spezifische Kohlendioxidfreisetzung abgebildet werden kann, wurden Daten der spezifischen Kohlendioxidfreisetzung zu verschiedenen Prozesszeitpunkten unter besonders günstigen Prozessbedingungen erhoben. Aus diesen gemessenen Daten wird die Abbauaktivität unter Idealbedingungen abgeleitet.

Eine wesentliche Verbesserung der Produktqualität und damit des Gesamtprozesses der biologischen Abfallbehandlung war nur durch die Kombination aus einer Prozessregelung mit einem Prozessmodell zu erreichen. Diese Kombination lässt sich am besten in einem operativen Regelungssystem mit Beratungseinrichtung realisieren. Die Struktur des Regelungssystems wird in Abbildung 2 veranschaulicht.

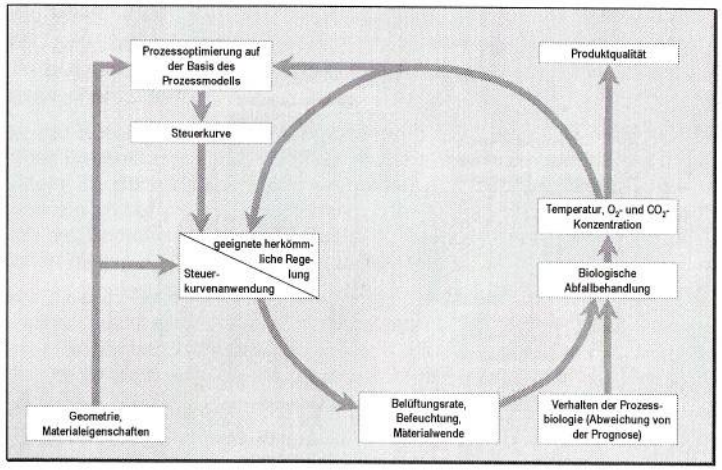

Abbildung 2: Struktur des Regelungssystems

Mit der modellbasierten Regelung NaviRott® ist es erstmalig gelungen, eine praxisgerechte, funktionssichere modellbasierte Regelung auf der Basis der Eingangsparameter der jeweiligen Anlage:

- Anlagensystem (Reaktorgeometrie) / Mietengeometrie,
- Umgebungstemperatur und Luftfeuchte,
- Gesamtmasse,
- organische Masse,
- Wassergehalt,
- Wasserkapazität,
- Korngrößenverteilung,
- Durchströmungsverteilung und
- Abbauaktivität unter Idealbedingungen.

für den Gesamtrotteprozess mit ausreichend hoher Genauigkeit dem Markt zur Verfügung zu stellen.

Praxisgerechte Umsetzung des zukunftsfesten Regelungs- und Steuerungskonzeptes

Mit dem dargestellten Regelungs- und Steuerungskonzept finden erstmals heterogene Verteilungen der Parameter Wassergehalt und Temperatur bei der Prozesssteuerung- und Kontrolle Berücksichtigung.

Mit Anwendung der neuen Güte- und Prüfbestimmungen der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. gewinnt die sichere Regelungs- und Steuerungstechnik zur

Ablaufkontrolle und Dokumentation des Rotteprozesses entscheidend an Bedeutung. Vor dem aktuellen Hintergrund verstärkt auftretender neuer Schaderreger wird der Nachweis, dass die Kompostierung als phytohygienische Maßnahme sicher wirksam ist, ein zukunftssichernder Baustein für bestehende und neue Anlagen sein. Insbesondere die sichere Abtötung meldepflichtiger Quarantäneschaderreger, wie Feuerbrand oder der verstärkt auftretende Cylindyocluadium buxicola. Hier kommt es in Zukunft darauf an, dass die zur sicheren Abtötung der Krankheitserreger notwendige Temperatur-/Zeiteinwirkung während des Rotteprozesses entsprechend chargengenau dokumentiert und damit nachgewiesen wird.

Das vorgestellte Regelungs- und Steuerungskonzept ist das zzt. einzig am Markt verfügbare welches auf eine anlagenspezifische, inputspezifische und eine auf die Qualität des jeweiligen Endproduktes der Anlage ausgerichteten, modellbasierten und im Betrieb kontinuierlich angepassten Steuerkurve basiert.

Damit hat jede Anlage „ihre eigene Steuerkurve" und somit ein Regelungs- und Steuerungskonzept der Gesamtrotte welches, wie in der Abbildung 3 dargestellt, individuell erarbeitet wird.

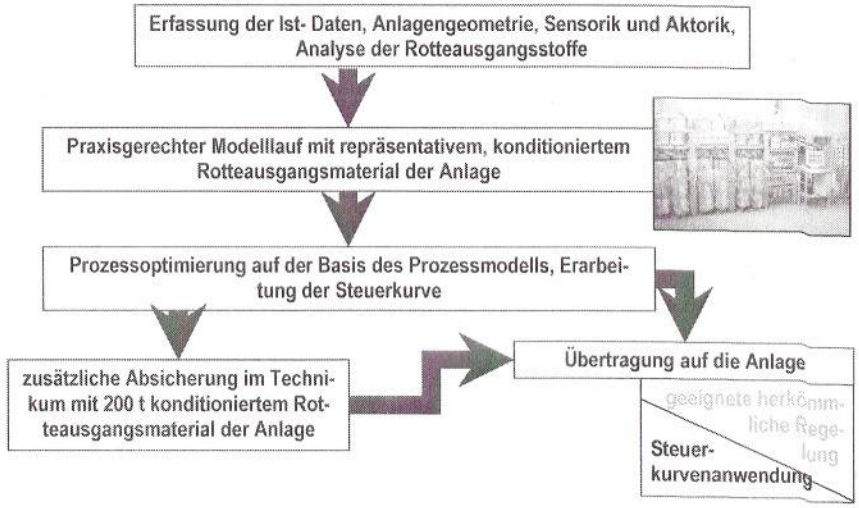

Abbildung 3: Praxisgerechte Umsetzung

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die modellbasierte Regelung wurde erfolgreich im Labormaßstab angewendet (Scholwin 2003, Scholwin 2005). Gemessen an der erreichten Produktqualität zeigt die modellbasierte Regelung im Vergleich zu herkömmlichen Regelungsmethoden ein höheres, stabiles Qualitätsniveau. Es konnten alle mit der Regelung verfolgten Prozessziele zur benötigten, sicheren Ablaufkontrolle, Dokumentation und Qualitätssicherung der jeweiligen Prozesse erreicht werden.

Mit dem Regelungs- und Steuerungskonzept ***N*avi*R*ott**© werden die folgenden Vorteile realisiert:

- verfahrensunabhängig für Neu- und Altanlagen
- kostensenkend
- klimaschützend

- gesicherte Erfüllung und Nachweisführung gesetzlicher Produktvorgaben,
- Hilfe zur Erreichung verschärfter Immissionsschutzanforderungen,
- Emissionsminderung,
- paralleler Aufbau der neuen Regelung neben der herkömmlichen Regelung,
- Sicherstellung einer gleichmäßigen Produktqualität,
- vorausschauende Leistungsoptimierung,
- Vermeidung ungünstiger Prozesszustände,
- Optimierung der Anlagenauslastung,
- Verminderung des Einsatzes von Strukturmaterial,
- erhöhte Energieeffizienz,
- Verbesserung der Gesamtwasserbilanz.

LITERATUR

Scholwin, F., Bidlingmaier, W. (2003): Fuzzyfying the composting process - A new model based control strategy as a device for achieving high grade and consistent product quality; In: Proceedings of the international conference ORBIT 2003; 29.4.2003-2.5.2003, Perth, Australia

Scholwin F. (2005): Ein modellbasiertes Regelungskonzept für biologische aerobe Abfallbehandlungsan-lagen auf der Grundlage von Fuzzy Logic, Ph.D. Thesis, Bauhaus-Universität Weimar, Lehrstuhl Abfallwirtschaft, Rhombos Verlag