

Modellierung der Endphasen-Deponiegasbildung aus Langzeitbeobachtungen



Johannes Tintner, Erwin Binner und Ena Smidt
 Institut für Abfallwirtschaft / Department für Wasser, Atmosphäre und Umwelt

Manfred Kühleitner und Norbert Brunner
 Institut für Mathematik / Department für Integrative Biologie



Universität für Bodenkultur Wien
 Department für Integrative Biologie

Deponiegas entsteht hauptsächlich durch den bakteriologischen und chemischen Abbau von organischen Inhaltsstoffen des Mülls. Die Zusammensetzung und die Menge an produziertem Gas hängen stark von der Art und der Menge der deponierten Materialien, der Art der Schüttung und dem Alter der Deponie ab. Die Hauptbestandteile von Deponiegas sind Methan und Kohlenstoffdioxid, welche maßgeblich zum Treibhauseffekt und damit zum Klimawandel beitragen. Eine naheliegende Frage ist daher, wie viel Gas auf *lange Sicht* in einer Deponie gebildet wird.

1. Das klassische Exponentialmodell. Das Standardmodell zur Berechnung der Gasmenge ist ein Exponentialmodell

$$s(t; A, m) = A \cdot (1 - \exp(-m \cdot t))$$

Dabei bezeichnet s die gesamte produzierte Gasmenge bis zum Tag t , A die maximale Gasmenge und m eine positive Zerfallskonstante.

2. Das Log-Normalverteilungsmodell. Am Institut für Abfallwirtschaft an der BOKU wurden zehn Proben aus verschiedenen Deponien mechanisch und biologisch vorbehandelt und die produzierte Gasmenge unter optimalen Abbaubedingungen *erstmalig* über lange Zeiträume gemessen.

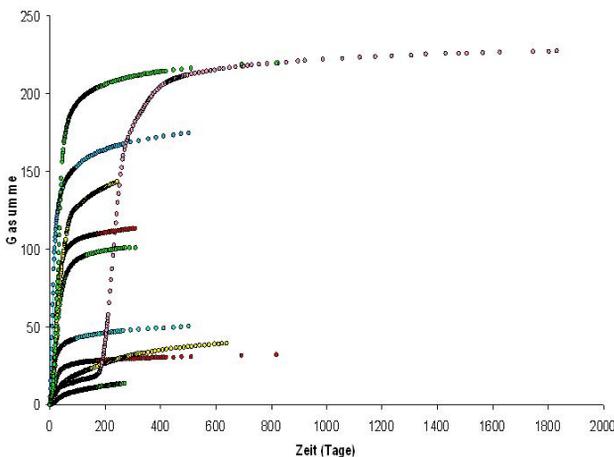


Abb.1. Kumulative Gasmenge von 10 Materialien.

Die so erhaltenen Kurven weisen vergleichbare Verläufe in der Endphase der Gasproduktion auf, während die gesamte produzierte Gasmenge und die Dauer bis zum Erreichen der Endphase stark variieren (Abb. 1).

Versucht man an die obigen Kurven die Gasentwicklung in der Schlussphase mit Hilfe eines Exponentialmodells vorherzusagen, so stellt man in allen zehn Fällen fest, dass dieses Modell die langfristige Gasentwicklung stark unterschätzt (Abb.2).

Als brauchbare neue Modellfunktion hat sich die *Log-Normalverteilung* erwiesen. Sind μ und σ der Mittelwert bzw. die Standardabweichung einer Normalverteilung, so berechnet man die bis zum Zeitpunkt t in der Endphase insgesamt produzierte Gasmenge mit der Formel

$$s(t; A, \mu, \sigma) = A \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{-\infty}^t \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) dx$$

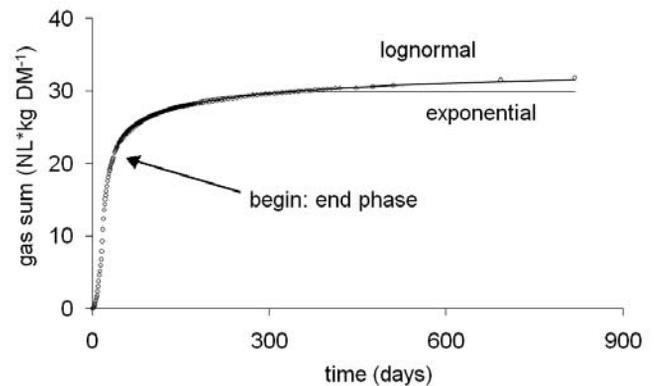


Abb.2. Kumulative Gasmenge in der Endphase

3. Datenauswertung mit MS Excel und dem Solver Add-in. Das Tabellenkalkulationsprogramm Excel ermöglicht dem Anwender die Anpassung der Log-Normalverteilung an konkrete empirische Daten mit Hilfe des Befehls

$$s(t; A, \mu, \sigma) = A \cdot \text{LOGNORMVERT}(t; \mu; \sigma)$$

Für die konkrete Berechnung sei N die Anzahl der Messpunkte (t_i, x_i) in der Endphase, mit $(1 \leq i \leq N)$. Dabei bezeichnet x_i die kumulative Gasproduktion bis zum Tag t_i . Der Beginn der Endphase wurde durch eine relative Gaszuwachsrate

$$r_i = \frac{1}{x_i} \frac{x_i - x_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}$$

von unter 1% festgelegt. Die Daten der Gasproduktion wurden zu Beginn auf Tagesbasis im späteren Verlauf auf Wochenbasis erhoben. Um die unterschiedlichen Zeitabstände auszugleichen wird die Abweichungsquadratsumme mit folgenden Gewichten versehen:

$$w_i = \frac{t_i - t_{i-1}}{t_N}$$

Die Parameter A , μ und σ werden anschließend aus den Daten mittels der gewichteten Abweichungsquadratsumme

$$\sum_{i=1}^N w_i \cdot (x_i - s(t_i; A, \mu, \sigma))^2 \rightarrow \text{Minimum}$$

und dem Solver berechnet.

4. Diskussion. Mit Hilfe von Langzeitmessungen an zehn unterschiedlichen Proben unter optimalen anaeroben Abbaubedingungen konnte das Standard-Exponentialmodell durch das verbesserte Log-Normalmodell ersetzt werden. Man kann davon ausgehen, dass eine einfache Reaktion 1. Ordnung ungeeignet ist um die Vorgänge beim Abbau biologischer Stoffe zu verstehen.

Für die Klimaforschung hat das folgende Konsequenz: Die auf dem Exponentialmodell beruhenden Abschätzungen unterschätzen das langfristige Potential zur Kohlenstoffspeicherung in Deponien.