



Irena Isabell Knappik (Autor)
**Charakterisierung der biologischen und chemischen
Reaktionsprozesse in Siedlungsabfällen**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/349>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

1 Einleitung und Zielsetzung

Laut der Technischen Anleitung Siedlungsabfall [87] ist seit dem 1. Juni 2005 das Ablagern unbehandelter Siedlungsabfälle in Deutschland verboten. Diese müssen künftig entweder mechanisch-biologisch vorbehandelt oder in Müllverbrennungsanlagen verbrannt werden. Die bis dahin errichteten Siedlungsabfalldeponien müssen weiterhin beobachtet werden, um die Gefahr entweichender Emissionen über den Gas- oder Sickerwasserpfad zu minimieren bzw. auszuschließen.

Aufgrund ihres Aufbaus wird die Deponie als Bauwerk eingeordnet. Eine Sicherstellung der Nutzungsfähigkeit einer Deponie umfasst dabei sowohl die Kontrolle der mechanischen Stabilität als auch die der auftretenden Emissionen in der Gas- und Sickerwasserphase. Die Beurteilung des Zustands einer Deponie erfordert den Einsatz eines geeigneten Monitorings, das auch als Instrument für die Vorhersage über das zukünftige Deponieverhalten genutzt werden kann.

Deponierte Siedlungsabfälle weisen aufgrund ihrer unterschiedlichen Zusammensetzung in Bezug auf Größe, Alter und Inhaltsstoffe eine starke Heterogenität auf. Auch die äußeren Einflussbedingungen, wie einfallende Niederschläge und Temperatur, variieren je nach Lage und Betriebsbedingungen der Deponie. Diese Situation erschwert oft eine Beurteilung und Vorhersage der zukünftigen Entwicklung der Abbauprozesse und Emissionen. Um die Aussagekraft experimenteller Untersuchungen zu verbessern, werden kontrolliert betriebene Deponiebioreaktoren eingesetzt. So lassen sich die Reaktionsprozesse

detaillierter untersuchen. Die hierüber erhaltenen Daten dienen auch als Grundlage für computergestützte Modelle, mit denen die Gasbildung und die Sickerwasserbelastung von Deponiebioreaktoren simuliert und die Übertragbarkeit auf reale Deponien überprüft werden kann.

Im Rahmen dieser Arbeit werden experimentelle Untersuchungen zu biologischen und chemischen Abbauprozessen in Reaktorsystemen unterschiedlicher Größe durchgeführt. In unter wassergesättigten Bedingungen (gradientfrei) betriebenen Reaktoren wird der Einfluss des pH-Wertes auf die Reaktionsprozesse unter anaeroben Bedingungen untersucht und in Titrationsversuchen die Säurepufferkapazität unterschiedlicher Abfälle bestimmt. In größeren, nicht wassergesättigten Reaktoren wird im Vergleich zu den gradientfreien Reaktoren der Einfluss von Transportprozessen innerhalb der Abfallschüttung berücksichtigt. Mit Hilfe von künstlichen neuronalen Netzen werden die Datensätze zweier unterschiedlich großer Reaktoren kombiniert und resultierende Gasemissionen simuliert.

Der sehr langsame Abbau von wasserunlöslichen organischen und damit schwer abbaubaren Feststoffen und das Wachstum von Biofilmen spielen in Bezug auf die zeitliche Veränderung von Transportkanälen innerhalb einer Abfallschüttung eine entscheidende Rolle. Das Zuwachsen von Transportkanälen durch Biofilme hat zur Folge, dass betroffene Bereiche des Abfallkörpers kaum noch von Sickerwasser durchströmt werden. Die dadurch sinkende mikrobielle Aktivität führt dann zu langfristigen Emissionen über die Gas- und Sickerwasserphase.

Anhand der Modellspezies Cellulose erfolgt die Parametrisierung des hydrolytischen Abbaus in Abhängigkeit von der Partikelgröße und des eingesetzten Inokulums. Der Abbau von Cellulose, das Biofilmwachstum und das freie Porenvolumen innerhalb einer Celluloseschüttung werden mit Hilfe der Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT) differenziert und quantifiziert.

2 Theorie

2.1 Biologische und chemische Reaktionsprozesse im Abfall

2.1.1 Entstehung von Deponiegas

Nach Farquhar und Rovers [18] lassen sich die Abbauprozesse in einer Deponie aufgrund der zeitlichen Änderung der Gasemissionen in vier Phasen unterteilen (**Abbildung 2-1**). Während der Ablagerung von Abfällen kommt es in den oberen Abfallschichten zu aeroben Abbauprozessen und der Produktion größerer Mengen CO_2 . Nach 5-15 Tagen ist der Sauerstoff in diesen Bereichen vollständig verbraucht [5]. Durch fortschreitende Ablagerung und mechanisches Verdichten des Abfalls nehmen die anaeroben Abbauprozesse zu. Polymere organische Verbindungen werden nun anaerob zu oligomeren und monomeren Einheiten (hauptsächlich leicht flüchtige organische Säuren) degradiert. Der Gehalt an CO_2 und H_2 erreicht am Ende der Phase der sauren Gärung ein Maximum, was je nach Einbautechnik zwischen mehreren Monaten und mehreren Jahren dauern kann [5, 41]. Nach der sogenannten sauren Gärung folgt die Methanphase. Während dieser werden Verbindungen wie Essigsäure, CO_2 und H_2 zu Methan umgesetzt. Der Methangehalt im Deponiegas steigt im Verlauf der instabilen Methanphase an. In der vierten Phase, der stabilen Methanphase, besteht das Deponiegas in der Regel

aus einem konstanten Verhältnis von ca. 55% Methan und 45% Kohlendioxid [50].

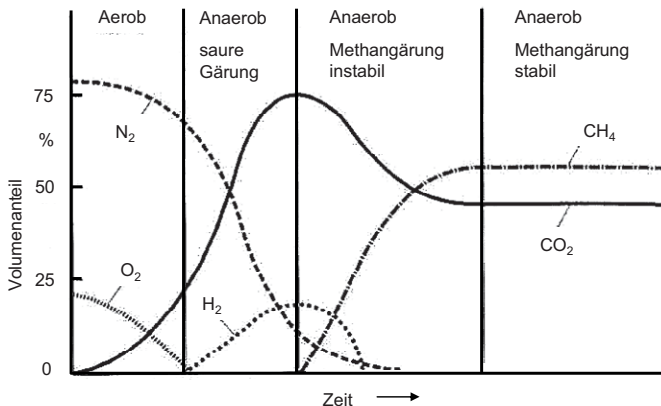


Abbildung 2-1: Zusammensetzung des Deponiegases in Abhängigkeit vom Deponierungszeitraum [5]

2.1.2 Anaerobe Abbauprozesse

Die anaeroben Abbauprozesse von Siedlungsabfällen lassen sich in vier Stufen unterteilen (**Abbildung 2-2**). In einem ersten Schritt, der Hydrolyse, werden wasserunlösliche Makromoleküle wie Fette, Proteine und Kohlenhydrate durch eine Reaktion mit Wasser gespalten. Dies geschieht durch fakultativ anaerobe und obligat anaerobe Mikroorganismen mit Hilfe extrazellulärer Enzyme. Die Makromoleküle werden in einfachere, wasserlösliche Stoffe wie Glucose, Aminosäuren und Fettsäuren zerlegt und dadurch für den weiteren Abbau durch Mikroorganismen verfügbar gemacht [2]. In der anschließenden Acidogenese werden diese Verbindungen weiter zu Acetat, organischen Säuren und Alkoholen abgebaut. Diese Abbaureaktionen verlaufen ohne Sauerstoff durch

fakultativ anaerobe Mikroorganismen [49]. Im folgenden Schritt, der Acetogenese, werden die Produkte der Acidogenese durch acetogene Bakterien zu einfachen Kohlenstoffverbindungen, Acetat und Wasserstoff umgesetzt. Die acetogenen Bakterien benötigen für diese Reaktion einen geringen Wasserstoffpartialdruck ($<10^{-4}$ atm) und leben daher eng vergesellschaftet mit Organismen zusammen, die Wasserstoff verbrauchen („interspecies hydrogen transfer“). Dazu gehören z.B. die methanogenen Bakterien, die während der Methanogenese die gebildeten Kohlenstoffverbindungen wie CO_2 und Acetat mit Wasserstoff zu Methan, CO_2 und Wasser umsetzen [2].

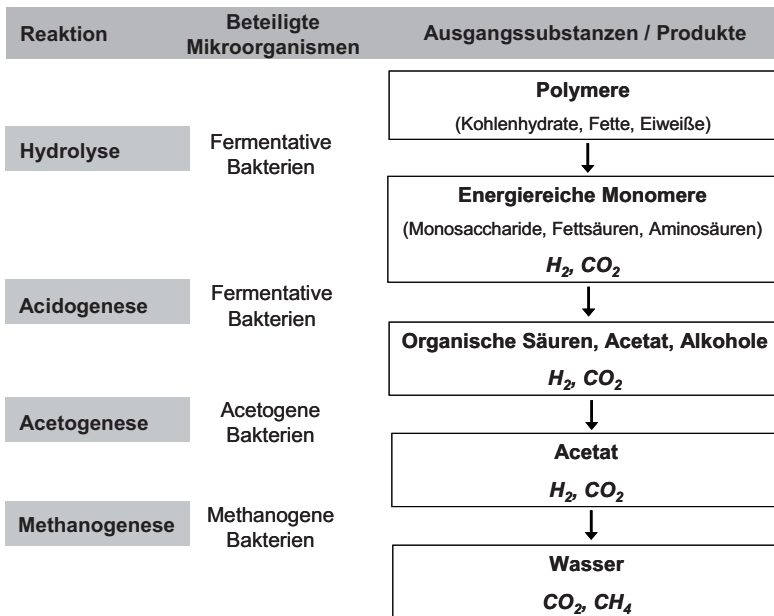


Abbildung 2-2: Schematische Darstellung des vierstufigen anaeroben Abbaus

Andere wasserstoffverbrauchende Bakterienspezies sind anaerobe Sulfat- bzw. Nitratreduzierer. Wie die methanogenen Bakterien benötigen sie organische Verbindungen oder Wasserstoff als Elektronendonator, sind