

Diss. ETH Nr. 10025

# **Biologische Abluftreinigung mit Biofilm- Wirbelschicht Reaktoren**

Abhandlung

zur Erlangung des Titels  
Doktor der Technischen Wissenschaften  
der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE (ETH)  
ZÜRICH

vorgelegt von  
Dirk Niemann  
Dipl.-Ing. Univ.  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Deutschland  
geboren am 13. April 1964 in Hamburg  
Deutscher Staatsbürger

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. J.R. Bourne, Referent  
Prof. Dr. G. Hamer, Korreferent  
PD Dr. I.J. Dunn, Korreferent

Zürich 1993

# Zusammenfassung

Gegenstand dieser Arbeit war die Charakterisierung eines neuen Prozesses zur biologischen Abluftreinigung mit Biofilm-Wirbelschichtreaktoren. Als geeigneter Modellschadstoff wurde ein biologisch abbaubarer und weit verbreiteter Chlor-Kohlenwasserstoff (CKW) - Dichlormethan (DCM) - gewählt.

In einem ersten Schritt wurde der biologische DCM Abbau in einem 2-Phasen Wirbelschichtreaktor mit externer Belüftung charakterisiert. Es wurde, wie auch in den folgenden Untersuchungen, unter nicht sterilen Bedingungen gearbeitet. Die DCM abbauenden Biofilme siedelten sich auf dem als Träger eingesetzten feinen Sand an. Bei diesen Voruntersuchungen konnte sich auf frühere Arbeiten gestützt werden (Gälli, 1986), die bestätigt werden konnten.

Der nächste Schritt war der Betrieb eines 3-Phasen Biofilm-Wirbelschichtreaktors. Die Mikroorganismen siedelten sich auf Siran® Trägerpartikeln an, die durch einen Flüssigkeitsstrom fluidisiert wurden. Luft wurde direkt im Wirbelbett verteilt. DCM wurde dem Reaktor entweder in gelöster Form oder mit der Luft zugeführt, um die grundlegenden Einflußgrößen auf den biologischen DCM Abbau aus Gas- und Flüssigphase zu erfassen.

Mit einer Mischkultur wurde über einen Zeitraum von mehr als 2 Jahren stabiler DCM Abbau erzielt. Es konnte gezeigt werden, daß der Gas-Flüssig-Stofftransportwiderstand von DCM klein ist und keinen Einfluß auf die maximale Abbaurrate hat. Es wurde ein mathematisches Modell entwickelt, daß sowohl den gas-flüssig Stofftransport im 3-Phasen Wirbelschichtreaktor, wie auch den biologischen DCM Abbau mit Biofilmen beschreibt. Dieses Modell ermöglichte die Simulation der Reaktorleistung bei stationären und nicht stationären Betriebsbedingungen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden genutzt, um einen Airlift-Schlaufenreaktor mit suspendiertem Sand zu bauen. Dieser Reaktor vereinigte hohe spezifische Gasdurchsätze für eine hohe Abluftreinigungskapazität mit einem hohen Angebot an spezifischer Oberfläche zum Biomassewachstum (gleichbedeutend mit hoher Biomassekonzentration im Reaktor).

Mit dem Airlift-Reaktor konnte über mehrere Monate eine stabile Entfernung von DCM aus einem Luftstrom erzielt werden. Die maximale DCM Abbaurrate betrug 1,6 g/l h, und es konnte bei Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten von um die 5 cm/s gearbeitet werden.

# Abstract

The goal of this thesis was the characterization of a new process for biological waste gas treatment in fluidized bed biofilm reactors. Dichloromethane (DCM) was chosen to be the pollutant, as it is a widely used and typical chlorinated hydrocarbon.

In a first step the biological degradation of DCM was measured in a 2-phase fluidized bed reactor with external aeration. As in all other investigations the experiments were made under non-sterile conditions. The DCM degrading biofilms grew on fine sand used as a carrier. These preliminary investigations were based on earlier work (Gälli, 1986), which could be confirmed.

The next step was the operation of a 3-phase fluidized bed biofilm reactor. The microorganisms grew on Siran® carriers, which were fluidized by an upflowing liquid stream. Air was directly introduced into the fluidized bed. DCM was either fed in dissolved form or with the air to investigate the basic parameters of biological degradation of DCM from gas- and liquid phases.

Over a period of more than 2 years, stable DCM degradation was achieved with a mixed culture. It could be shown, that the gas-liquid mass transfer resistance of DCM was low and had no influence on the maximum degradation rate. A mathematical model was developed to describe the gas-liquid mass transfer in the 3-phase fluidized bed on the one hand, and the biological degradation of DCM with biofilms on the other. This model was capable of simulating the reactor performance under steady state and non-steady state conditions.

The results of these investigations were used to construct a 3-phase airlift loop reactor for sand carrier. This reactor operated with high specific gas flow rates and a high waste gas purification capacity. The high specific surface area for biofilm growth gave high biomass concentrations.

In this reactor a stable removal of DCM from an airstream was achieved over a period of several months. A maximum DCM degradation rate of 1.6 g/l h with superficial gas velocities of more than 5 cm/s was possible.