



Doctoral Thesis

## Beitrag zur Charakterisierung der dynamischen Adsorption als verfahrenstechnische Grundoperation

**Author(s):**

Kaufmann, Max Richard

**Publication Date:**

1971

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000085771> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. Nr. 4701

# Beitrag zur Charakterisierung der dynamischen Adsorption als verfahrenstechnische Grundoperation

Abhandlung  
zur Erlangung der Würde eines  
Doktors der technischen Wissenschaften

der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
ZÜRICH

vorgelegt von  
**Max Richard Kaufmann**  
Dipl. Ing. Chem. ETH  
geboren am 15. Juli 1943  
von Zürich und Möhlin/AG

Angenommen auf Antrag von  
Herrn Prof. Dr. A. Guyer, Referent  
Herrn PD Dr. B. Böhlen, Korreferent

1971 Zürich  
Offsetdruck P. Schmidberger

## 11. Zusammenfassung

1. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Grundlagenstudien auf dem Gebiet der isothermen dynamischen Adsorption durchgeführt.
2. Nach einer kurzen Einleitung wird ein allgemeiner Ueberblick über die bis heute bekannten theoretischen Grundlagen der Adsorption in ihren verschiedenen Aspekten gegeben. Aus der Vielzahl bestehender Theorien zur Berechnung der Durchbruchzeit und der Durchbruchisoplane werden sodann die Arbeiten von HOUGEN und MARSHALL, von ROSEN sowie von MICHAELS und von TREYBAL im Hinblick auf die spätere Versuchsauswertung ausführlicher dargestellt.
3. Die experimentellen Untersuchungen wurden mit Aktivkohle als Modelladsorbens sowie mit Benzol, Tetrachlorkohlenstoff und Aethylalkohol als Modellsorptive durchgeführt. Die den Untersuchungen zugrundegelegte Aktivkohle wurde bezüglich ihrer morphologischen und adsorptiven Eigenschaften charakterisiert.
4. Zur Ermittlung der Durchbruchcharakteristika der Lösungsmitteldämpfe diente eine teilweise automatisierte Apparatur. Sie gestattete es, unter isothermen Bedingungen die Einflüsse der Volumengeschwindigkeit, der Adsorptivkonzentration und der Schichtlänge auf den Verlauf der Durchbruchisoplanen zu untersuchen.
5. Aus den Isoplanen liessen sich verschiedene charakteristische Kenngrössen der dynamischen Adsorption wie Durchbruchzeit, Halbwertszeit, tote Schicht, Zonenzeit und Zonenhöhe ermitteln. Die Untersuchungen führten sodann zum Befund, dass unter den gegebenen Versuchsbedingungen eine stationäre Zonenwanderung vorliegt und damit die Zonengeschwindigkeit aus den Betriebsdaten berechnet werden kann.
6. Es zeigte sich weiter, dass sich die Zonenhöhe wie auch die Zonenzeit durch einfache Potenzfunktionen mit der Strömungsgeschwindigkeit und der Adsorptivkonzentration, aber auch mit der Zonengeschwindigkeit korrelieren lassen.

7. Die Isoplanen dienen im weitern zur Bestimmung verschiedener allgemeiner Stoffaustauschkenngrossen wie des Stoffübergangskoeffizienten  $k_G$ , des Stoffübergangsfaktors  $j_d$  sowie der Zahl und Höhe der Stoffübergangseinheiten  $H_{OG}$  und  $N_{OG}$ . Die Berechnung dieser Grössen erforderte eine Masszahl für das mittlere treibende Konzentrationsgefälle. Dieses charakteristische Stoffaustauschmerkmal konnte aufgrund der idealen und realen Konzentrationsverteilung in Gas- und Festphase bestimmt werden.
8. Die Stoffaustauschkenngrossen konnten analog zu den Kenngrössen der dynamischen Adsorption durch Potenzfunktionen mit den hauptsächlichsten Betriebsvariablen korreliert werden. Diese Tatsache ermöglicht Aussagen über verschiedene natürliche Wechselbeziehungen zwischen Stoffaustausch- und Adsorptionskenngrossen.
9. Als wesentliche Befunde haben weiter folgende Feststellungen zu gelten:
  - Der Stoffübergangsfaktor  $j_d$  weist entgegen den bisherigen Annahmen eine merkbliche Konzentrationsabhängigkeit auf, was auf die Nicht-linearität der Adsorptionsisotherme zurückzuführen ist.
  - Unter den gegebenen Versuchsbedingungen wird das mittlere treibende Konzentrationsgefälle kaum durch die Volumengeschwindigkeit beeinflusst.
  - Die Relaxationszeit als zeitliche Differenz zwischen idealer und realer Adsorptionszone stellt ein eindeutiges Mass für die Stoffübergangsgeschwindigkeit dar.
  - Die von HOUGEN und MARSHALL postulierte Potenzbeziehung zur Berechnung der  $H_{OG}$ -Werte besitzt keinesfalls eine so allgemeine Gültigkeit wie sie häufig vorausgesetzt wird.
10. Die angeführten Kenngrössen und Bestimmungsfunktionen wurden in der Folge der Berechnung von Durchbruchzeit und Durchbruchsisoplane zugrundegelegt. Mittels der Ansätze von HOUGEN und MARSHALL sowie von ROSEN resultierten erhebliche Abweichungen gegenüber den experimentellen Ergebnissen. Die Anwendung der Theorie von TREYBAL (bzw. von MICHAELS) lieferte demgegenüber eine annehmbare

Uebereinstimmung. Als geeignetste Methode erwies sich die auf dem Konzept der Formations- und Wanderungszeit basierende Berechnungsgrundlage. Sie ermöglicht, bei Kenntnis der Zonengeschwindigkeit sowie des funktionellen Zusammenhangs zwischen der Zonenhöhe und den Betriebsvariablen, die Durchbruchzeit und den Isoplanenverlauf mit ansprechender Genauigkeit wiederzugeben.