

Diss. ETH 4934

**Über Gleichgewicht und Dynamik bei der  
Mischadsorption und -desorption von Luftfeuchtigkeit  
und organischen Dämpfen an Aktivkohle**

ABHANDLUNG

zur Erlangung der Würde eines  
Doktors der technischen Wissenschaften  
der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN  
HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

UELI HUBER

Dipl. Ing. Chem. ETH  
geboren am 13. April 1945  
von Ganterschwil SG

Angenommen auf Antrag von  
Herrn Prof. Dr. J. R. Bourne, Referent  
Herrn PD Dr. B. Böhlen, Korreferent

aku-Fotodruck

Zürich

1972

## 16. Zusammenfassung

Der Einfluss der Luftfeuchtigkeit wurde bisher bei der Ermittlung und Berechnung von Ad- und Desorptionsdaten an Aktivkohle meist vernachlässigt. Die Grundlagenstudien im Rahmen der vorliegenden Arbeit geben Einblick in den Ablauf dynamischer Mischad- und -desorptionsvorgänge von Wasserdampf und organischen Adsorptiven bei Normaltemperatur und erlauben es, den Feuchtigkeitseinfluss auf die physikalischen Sorptionsprozesse an Aktivkohle abzuschätzen.

1. Es wurde eine Analysemethode entwickelt, die es ermöglichte, in einem Luftstrom nebeneinander die zeitliche Änderung der absoluten Feuchtigkeit sowie der Konzentration einer organischen Komponente zu bestimmen.
2. In dynamischen Adsorptionsversuchen an imprägnierter Aktivkohle mit Tetrachlorkohlenstoff bzw. Aethanol als Modellsubstanzen konnte gezeigt werden, dass sich die Feuchtigkeit im Trägergas und auf dem Adsorbens nicht so sehr auf das Adsorptionsgleichgewicht als vielmehr auf die Adsorptionskinetik für die organischen Adsorptive auswirkt.
3. Zwischen Kohle und Trägergas bildet sich ein Mischadsorptionsgleichgewicht mit organischen Adsorptiven und Wasser, wobei die Adsorbatzusammensetzung einerseits durch das Lösungsgleichgewicht (bei zumindest teilweise wasserlöslichen organischen Substanzen), andererseits von hydrophilen Imprägnierungsmitteln auf dem Adsorbens wesentlich mitbestimmt wird. Der Wassergehalt der Kohle liegt im Gleichgewicht mit apolaren organischen Adsorptiven bedeutend tiefer unter dem Wert der reinen Wasserisotherme als mit polaren Substanzen.
4. Die Durchbruchzeiten für die organischen Komponenten (massgebend für die Nutzkapazität der Kohle) sind umso kürzer, je mehr Wasser während des Adsorptionsprozesses gleichgewichtsbedingt desorbiert werden muss. Der Wassergehalt von Kohle und Trägergas wirkt sich als Folge der besonderen Isothermenform erst bei Werten der

relativen Luftfeuchtigkeit von über 40 % spürbar auf die Adsorptionsdynamik aus.

5. Der Feuchtigkeitseinfluss auf die Adsorption organischer Adsorptive wächst mit abnehmender Eintrittskonzentration und zunehmender Schichtlänge.
6. Sodann wurde festgestellt, dass sich die Adsorptionsisothermen von Tetrachlorkohlenstoff und Aethanol auch in Gegenwart von feuchtem Trägergas mit der einfachen Dubingleichung beschreiben lassen. Für den apolaren Tetrachlorkohlenstoff ergab sich dabei eine temperaturunabhängige lineare Beziehung zwischen der Dubininkonstanten  $B$  und der relativen Luftfeuchtigkeit.
7. Im weiteren wurden dynamische Desorptionsmessungen mit vollständig beladenen Kohleschichten durchgeführt. Es zeigte sich nur ein unbedeutender Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Desorptionsgeschwindigkeit.
8. Mit einer numerischen Methode konnte nachgewiesen werden, dass während der ganzen Desorptionsphase in jedem Punkt der Schicht praktisch das Gleichgewicht zwischen Adsorbat- und Gaskonzentration eingestellt ist.
9. Bei der Desorption von hydrophobem Tetrachlorkohlenstoff aus unvollständig beladenen Kohleschichten erwies sich demgegenüber der Feuchtigkeitseinfluss als wesentlich und sogar bedeutend stärker als bei der Adsorption. Die Ursachen dieser Erscheinung konnten weitgehend abgeklärt werden.
10. Sodann zeigten Temperaturmessungen in der Schicht, dass die Sorptionsvorgänge trotz thermostiertem Adsorptionsrohr praktisch adiabatisch verlaufen.
11. In Verbindung mit den experimentellen Ad- und Desorptionsisoplanen ergaben die in verschiedenen Schichttiefen gemessenen Temperaturverteilungskurven wertvolle Hinweise auf den Sorptionsablauf im Schichtinneren.

12. Eingehende Temperaturmessungen lieferten den Beweis dafür, dass die Adsorption von organischen Adsorptiven durch Feuchtigkeit dann behindert wird, wenn die durch das Gleichgewicht definierte Wassermenge nicht rechtzeitig abtransportiert werden kann.
13. Im weiteren wurde eine Möglichkeit zur Herabsetzung des Feuchtigkeitseinflusses auf die Sorptionsdynamik aufgezeigt. Dabei werden die unterschiedlichen Isothermenformen zwischen Wasser und organischen Adsorptiven ausgenützt, und zwar in dem Sinne, dass eine Erhöhung der Kohletemperatur den Wassergehalt des Adsorbens bedeutend mehr reduziert als die Adsorptionskapazität für die organischen Komponenten. Die Wahl der richtigen Adsorptionstemperatur bei vorgegebenen Konzentrationswerten ist eine Optimierungsfrage.