

Beitrag zur Kenntnis der Gasphasenadsorption an Kunstharz-Ionenaustauschern

Doctoral Thesis

Author(s):

Geiger, Kurt

Publication date:

1973

Permanent link:

<https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000133910>

Rights / license:

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

BEITRAG ZUR KENNTNIS DER GASPHASENADSORPTION AN KUNSTHARZ-IONENAUSTAUSCHERN

ABHANDLUNG

zur Erlangung

des Titels eines Doktors der technischen Wissenschaften
der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

KURT GEIGER

Dipl. Ing.-Chem. ETH

geboren am 24. Mai 1943

von Ermatingen (Kt. Thurgau)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. N. Ibl, Referent

PD Dr. B. Böhlen, Korreferent

aku-Fotodruck

Zürich

1973

ZUSAMMENFASSUNG

1. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Grundlagenstudien auf dem Gebiet der dynamischen Adsorption von Gasen an Ionenaustauscherharzen durchgeführt.
2. In einer Literaturübersicht werden vorerst die wenigen bisher durchgeführten diesbezüglichen Studien zusammengestellt und diskutiert.
3. Ein theoretischer Teil befasst sich einerseits mit dem Aufbau und den Eigenschaften von Ionenaustauscherharzen sowie mit den Methoden zur Charakterisierung ihres Sorptionsverhaltens. Andererseits werden die der Versuchsauswertung zugrunde gelegten Theorien zur Kennzeichnung des Stoffaustauschverhaltens besprochen.
4. Die experimentellen Untersuchungen wurden mit Chlorwasserstoff als Modellsorptiv sowie mit den Austauscherharzen Amberlite IRA-410, Amberlyst XN-1007 und Amberlyst A-21 durchgeführt. Die Sorbentien wurden hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften sowie bezüglich der Wasserdampf-Adsorptionsgleichgewichte charakterisiert. Es zeigte sich, dass die beiden erstgenannten Harze bis zu 30 - 40 % Wasser aufnehmen können. Beim plötzlichen Wechsel vom trockenen in den feuchten Zustand erwies sich das Harz Amberlite IRA-410 als physikalisch wenig stabil.
5. Es wurde eine teilweise automatisierte Apparatur aufgebaut, die es gestattet, sowohl Adsorptionsgleichgewichte als auch das dynamische Adsorptionsverhalten der Austauscherharze im Festbett wie in der Wirbelschicht für Gemische von feuchter Luft mit Chlorwasserstoff zu messen. Die reproduzierbare minimale Sorptivkonzentration lag bei 0,2 Vol%.

6. Als massgebende Kenngrössen der dynamischen Adsorption wurden Durchbruchzeit, Halbwertszeit und Zonenhöhe definiert. Die Bestimmung dieser Kenngrössen erfolgte mit Hilfe der Durchbruchisoplanen, die mit einer nach dem Leitfähigkeitsprinzip arbeitenden Messvorrichtung experimentell ermittelt wurden. Die Halbwertszeiten konnten durch eine lineare Beziehung, die Zonenhöhe durch eine Potenzfunktion mit der Strömungsgeschwindigkeit in Verbindung gebracht werden.
7. Das durch die erwähnten Kenngrössen charakterisierte Austauschverhalten wurde unter verschiedenen Betriebsbedingungen studiert, wobei insbesondere die Strömungsgeschwindigkeit, die Chlorwasserstoffkonzentration (0,2 - 4,0 Vol%) sowie der Feuchtigkeitsgehalt des Trägergases (0 - 20 % relative Feuchtigkeit) variiert wurden.
8. Es zeigte sich, dass die Adsorptionskapazität der Austauschharze für Chlorwasserstoff nur im Falle des Amberlite IRA-410 und des Amberlyst XN-1007 von der relativen Feuchtigkeit des Trägergasstromes abhängig ist. Dies bestätigt die Annahme, dass die Porenstruktur des makroretikularen Harzes Amberlyst A-21 schon im getrockneten Zustand voll ausgebildet ist.
9. Weitere Versuche zeigten, dass es im Gegensatz zu Systemen mit rein physikalischer Adsorption möglich ist, Chlorwasserstoff auch in einer Wirbelschicht mit hohem Wirkungsgrad abzuscheiden. Massgebend hiezu ist die grosse Adsorptionskapazität der verwendeten Harze bei geringen Chlorwasserstoffkonzentrationen. Die dabei resultierenden Durchbruchkurven weichen praktisch nicht von denjenigen aus Festbettversuchen ab.
10. Als Hauptvorteile der Wirbelschichttechnik erwiesen sich der trotz Quelleffekte praktisch konstante Druckabfall und die sehr geringen Temperaturgradienten zufolge der guten Mischverhältnisse. Nicht zuletzt ermöglichte die Wirbelschicht die Durchführung von Versu-

chen mit Chlorwasserstoff-Konzentrationen, die im Festbett zur Zersetzung des Adsorptionsmittels als Folge einer Ueberhitzung geführt hätten.

11. Zur Erzielung reproduzierbarer Messergebnisse war es notwendig, die Regenerierung und Vorbereitung der Harze mittels eines aufwendigen Nassverfahrens durchzuführen. Die thermische Regenerierung zeigte begrenzte Anwendbarkeit und eignete sich nur für den physikalisch gebundenen Anteil.
12. Schliesslich wurden aufgrund der Durchbruchisoplanen die Stoffübergangskoeffizienten k_g und die Overall-Stoffübergangskoeffizienten K_y bestimmt. Dazu war es notwendig, das mittlere treibende Konzentrationsgefälle Δc_m zu definieren. Zu dessen Berechnung wurde ein Verfahren entwickelt, das für jede Form von Durchbruchisoplanen und Adsorptionsisoplanen Gültigkeit hat. Es zeigte sich, dass dieser Wert ungefähr der halben Anfangskonzentration entspricht.

Der dimensionslose Stoffübergangsfaktor j_D liess sich erwartungsgemäss über eine Potenzfunktion mit Re' korrelieren, wobei sich wiederum die schon bei Zonenhöhe und Stoffübergangskoeffizienten aufgetretene Abhängigkeit von der Sorptivkonzentration ergab.