



Grundlagen zur Regeneration von Silicagel

Silicagele besitzen eine amorphe, ungeordnete Mikrostruktur und dadurch eine breite Porenradienverteilung.¹ Aufgrund seiner Polarität gehören Silicagele zu den hydrophilen Adsorbentien, was sich in der Affinität zu Dipolmolekülen, wie z.B. Wasser, ausdrückt. Da es sich bei der Adsorption durch Silicagel um eine Physisorption handelt, wird das Wasser durch die nicht sehr starken van der Waalschen Kräfte an der Oberfläche gebunden. Das adsorbierte Wasser bleibt dabei chemisch unverändert und kann leicht wieder gelöst werden.

Regeneration von Silicagelen

Die Regeneration von Silicagel kann durch die Erhöhung der Temperatur, Absenken der Stoffmengenkonzentration des Adsorptivs oder Absenken des Systemdruckes durchgeführt werden.² In der Praxis wird als häufigste Regenerationsmethode die Temperaturerhöhung angewendet. Bei der Desorption von Wasserdampf aus Silicagel muss die Temperatur oberhalb von 100°C liegen. Empfohlen wird eine Regenerationstemperatur zwischen 150°C und 175°C. Jedoch ist dabei zu berücksichtigen, dass ein auf dem Silicagel aufgetragener Farbindikator bei diesen Temperaturen beschädigt wird. Daher wird für Silicagel mit Farbindikator eine Regenerationstemperatur von 120°C angegeben und sollte nicht gross überschritten werden.

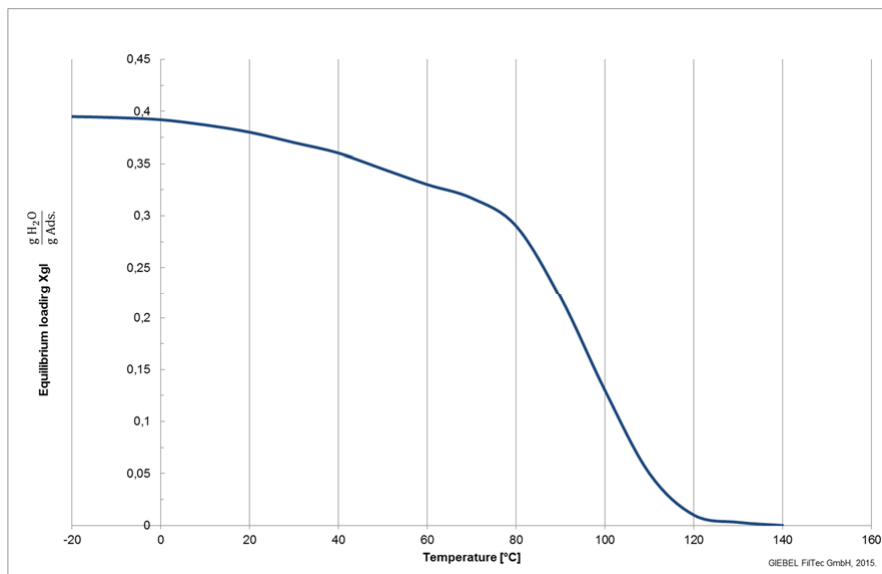


Abbildung 1: Gleichgewichtsbeladung von Silicagel in Abhängigkeit der Temperatur.

¹ L. Schnabel, „Experimentelle und numerische Untersuchung der Adsorptionskinetik von Wasser an Adsorbens-Metallverbundstrukturen,“ Berlin, 2009, S. 18.

² R. Goedecke, Fluidverfahrenstechnik: Grundlagen, Methodik, Technik, Praxis, Wiley-VCH, 2011.

³ D. Bathen und M. Breitenbach, Adsorptionstechnik, Springer, 2001, S. 141.

Farbwechsel von Silicagelen

Als Indikatoren werden pH-Indikatoren verwendet, welche zu den organischen Farbstoffen gehören. Diese besitzen den Charakter schwacher Säuren oder Basen. Dabei hat die Säure eine andere Farbe, als die korrespondierende Base. Für Silicagel bedeutet dies, dass sich mit steigendem Wassergehalt der pH-Wert erhöht und die Farbe von Orange nach Grün oder Weiß verändert. Dieser Vorgang ist reversibel, somit kann die ursprüngliche Farbe durch Veränderung des pH-Wertes wieder eingestellt werden, siehe Abbildung 2.



Abbildung 2: Farbänderung durch Adsorption und Regeneration.

Alterung durch Regeneration

Wird engporiges, farbloses Silicagel mit einer Temperatur von 150°C regeneriert, verringert sich die Gleichgewichtsbeladung nach 100 Zyklen um ca. 20% und der Halbwertsdiffusionskoeffizient um 32%, während das Trockengewicht um ca. 2% zunimmt. Interessant ist, dass bei etwa 100 Zyklen bei der Abnahme der Gleichgewichtsbeladung und des scheinbaren Diffusionskoeffizienten ein Grenzwert erreicht wird, der bis 500 Zyklen nicht mehr wesentlich unterschritten wird. Dies bedeutet, dass sich nach dem hundertsten Zyklus die Porenstruktur durch die thermische Behandlung nicht mehr wesentlich verändert (siehe Abbildung 3).⁴

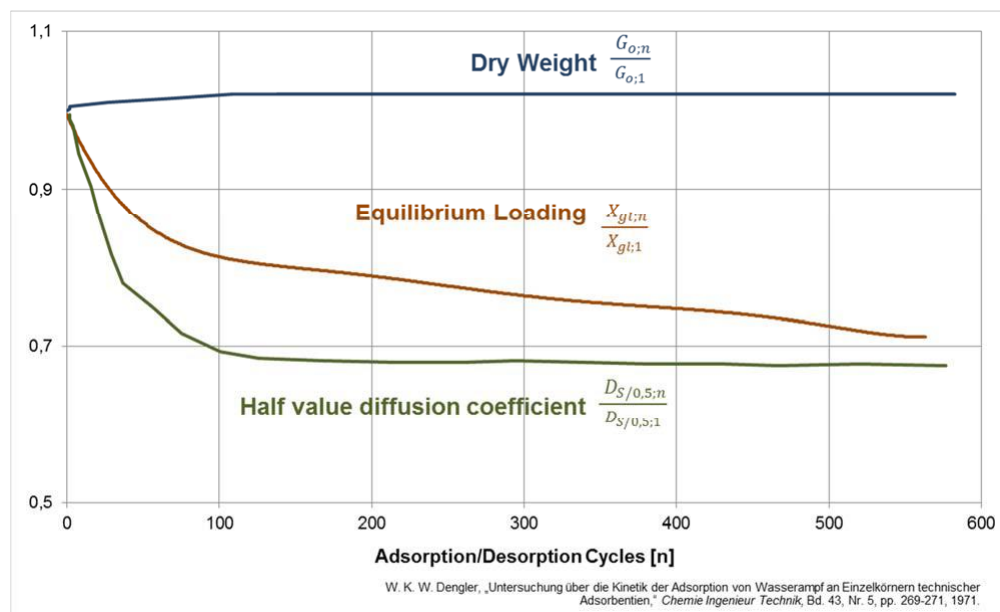


Abbildung 3: Gleichgewichts- und Halbwertsdiffusionskoeffizient in Abhängigkeit der Regenerationszyklen von Silicagel.

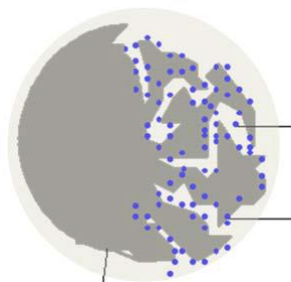
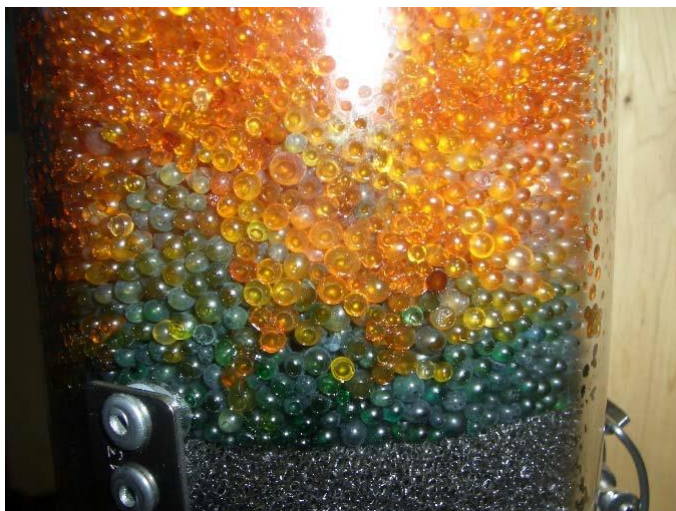
4

⁴ W. K. W. Dengler, „Untersuchung über die Kinetik der Adsorption von Wasserdampf an Einzelkörnern technischer Adsorbentien,“ *Chemie Ingenieur Technik*, Bd. 43, Nr. 5, pp. 269-271, 1971., S. 271.

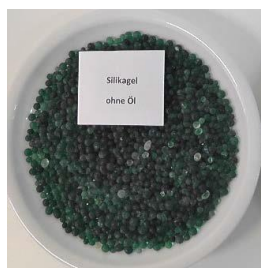
Einfluss von Ölaerosolen

Während des Betriebs eines Adsorbers auf Hydraulikaggregaten oder Getrieben, kommt es zu ausströmenden Önebeln. Diese Ölpartikel werden bei Atmungsrocknern von der Aktivkohle gebunden. Wird ein Adsorber ohne Aktivkohle eingesetzt oder diese bei Sättigung nicht gewechselt, kann das Silicagel nachhaltig geschädigt werden. Die Ölaerosole haften an der äußeren Oberfläche der Silicagel-Körner und verschließen die Poren. Es ist keine, bzw. nur eine stark

eingeschränkte Wasseraufnahme möglich. Bei der Regeneration von ölbeladenem Silicagel wird das Öl tiefer in die Poren gebracht und lagert sich dort ab. Somit wird die Wasseraufnahme des Silicagels in diesem Bereich komplett verhindert. Abhängig von der Ölmenge auf dem Silicagel ist dieses vor, aber besonders nach der Regeneration gut zu sehen. Hierbei besitzt das Silicagel zu Beginn eine eher glänzende Farbe. Nach der Regeneration lagert sich „verbranntes Öl“ ab. Ein mit Öl beladenes Silicagel ist irreversibel beschädigt und für den weiteren Einsatz nicht mehr geeignet (siehe Abbildung 4).



Silicagel ohne Öl



Silicagel mit Öl



Abbildung 4: Silicagel vor und nach der Regeneration. Links ohne Öl, rechts mit Öl.

Einsatz zu hoher Temperaturen

Wie bereits erwähnt tritt ab ca. 120°C eine annähernd vollständige Regeneration von beladenem Silicagel ein. Jedoch würde die Regeneration bei Temperatur von ca. 140-150°C wesentlich schneller stattfinden, stellt aber eine Gefahr für den vorhandenen Farbindikator dar. In Abbildung 5 sind mehrere Regenerationszyklen von Silicagel bei 250°C dargestellt. Es ist deutlich zu sehen, dass bereits nach der ersten Regeneration der Farbindikator „verbrannt“ ist. Eine Beschädigung des Farbindikators ist irreversibel und für den weiteren Einsatz nicht geeignet.

