# Untersuchungen zum Adsorptionsverhalten von Methylenblau mit dem EduKit Advanced/Aktivkohlefilter-Kit

Kerschensteinerschule

Florian Beck[a], Nicolaj Betz[a], Christopher Brown[a], Christopher Henken[b], Rebekka Schreiter[a], Tim Wagner[a], Bernd Regelmann

*AG Kerschis zur UNI* (Schuljahr 2014/2015) - fächer- und jahrgangsstufenübergreifender Unterricht am naturwissenschaftlich-technischen Gymnasium ([a]G1C und [b]G1U)

**Wasser ist ein im Alltag viel verwendeter „Stoff“. Süßwasser jedoch wird immer mehr zur „Mangelware“, deswegen ist die Aufbereitung heute essentiell. Die Wasseraufbereitung ist einer der Grundbausteine zur weltweiten Wasserversorgung. Ca. 10 % der Weltbevölkerung haben noch heute keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser, 34 % der Weltbevölkerung erleiden durch zu schlechtes Trinkwasser Krankheiten, die tödlich enden können. Adsorptionsvorgänge spielen bei der Wasseraufbereitung eine wichtige Rolle.**

## Adsorption an Festkörpern

Als Adsorptiv dient oft als Modellsubstanz Methylenblau (Abb. 2). Unter dem Begriff Adsorptiv versteht man die freien, noch nicht adsorbierten Anteile eines Stoffes (Abb. 1). Den adsorptionsaktiven Feststoff, an dem die Adsorption stattfindet, nennt man Adsorbens. Die adsorbierten Teile des Adsorptivs heißen Adsorpt, sie bilden zusammen mit der Oberfläche des Adsorbens das Adsorbat.

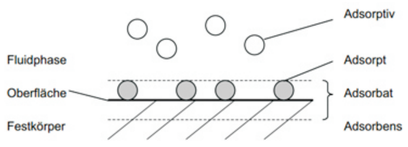


Abb.1: Grundbegriffe der Adsorption

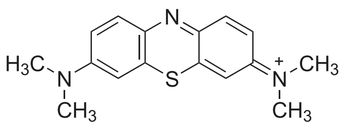


Abb. 2: Kationischer Farbstoff Methylenblau

Aktivkohle ist ein häufig verwendetes Adsorbens. Die Gesamtoberfläche setzt sich zusammen aus der äußeren geometrischen Oberfläche der Substanzkörner und der sog. inneren Oberfläche, die durch die Wände der Poren im Inneren der Körner gebildet wird. Die innere Oberfläche beträgt zwischen 300 bis 2000 $m^2/g$ Aktivkohle.

Abb. 3: Aktivkohle unter dem Elektronenmikroskop

Bei Adsorptionsphänomenen handelt es sich um reine Anlagerungen mit Wechselwirkungsenergien < 41,8 kJ/mol. Es wirken sog. van-der-Waals-Kräfte, wenn sich die Teilchen stark nähern. Voraussetzung für eine Adsorption ist eine große Oberfläche des Adsorbens.

Adsorptionskräfte sind temperaturabhängig. Es ist eine wichtige Erkenntnis, dass sich beim Erwärmen die Adsorptionskräfte vermindern. Durch Erwärmen lassen sich also adsorbierte Stoffe wieder vom Adsorbens ablösen.

Die Adsorption besteht in der Regel aus 3 Teilschritten:
1. Stofftransport zur Oberfläche des Adsorbens
2. Stofftransport in den Poren des Adsorbens
3. Adsorption (exotherme Anlagerung)

## Ein interdisziplinäres Lernprojekt

Das FESTO-EduKit PA Advanced kann mit dem Aktivkohlefilter-Kit um eine wichtige Funktionalität mit hohem Praxisbezug erweitert werden. So lassen sich Aufgabenstellungen aus Physik, Physikalischer Chemie, Umwelttechnik oder Automatisierungstechnik fachübergreifend bearbeiten. Schwerpunkt dieser Arbeit waren vor allem analytische Fragestellungen.

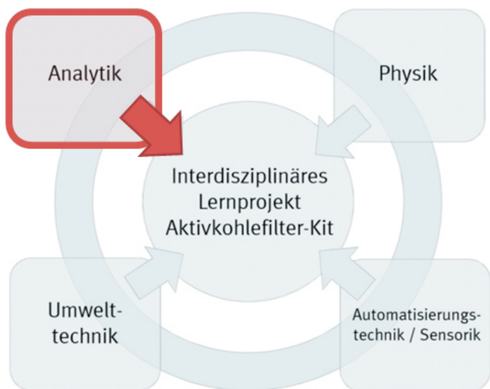


Abb. 4: Interdisziplinäres Lernprojekt Aktivkohlefilter-Kit
(Bild: ADIRO)

Abb. 5: EduKit Advanced mit Aktivkohlefilter-Kit
(Bild: ADIRO)

## Gehaltsbestimmung von Methylenblau in wässrigen Lösungen

**Die zentrale Aufgabe besteht darin, die nach der Adsorption an Aktivkohle noch in Lösung befindliche Farbstoffmenge zu bestimmen, um so den Adsorptionsprozess zu beurteilen:**

a) Dies kann im einfachsten Fall visuell erfolgen. In früheren Untersuchungen mit Versuchsanlagen (mit Prozess- und Regelungsfunktionalität) (Abb. 6) werden zu definierten Zeiten Proben entnommen und über Aktivkohle „gefiltert“. Die Methylenblaugehalte werden visuell im Sinne von „mehr oder weniger blau“ erfasst.

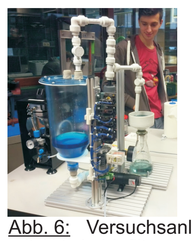

Abb. 6: Versuchsanlage mit Aktivkohlefilter

b) Einfache fotometrische Experimente lassen sich mittels Inline-Farberkennung durchführen: Ein optional erhältlicher Farbsensor (Abb. 7), der bei Unterschreitung eines vorgegebenen Grenzwertes anspricht, hat den Vorteil, dass keine Proben entnommen werden müssen. Der Sensor misst als Inline-Messgerät direkt während des Prozesses Exakte Gehaltsangaben sind mit dem Sensor nicht möglich.

Abb. 7: Inline Farberkennung mit Sensor
Bild: FESTO)

c) Präzise Gehaltsbestimmungen in wässrigen Phasen sind mit Hilfe der Fotometrie möglich. Im Rahmen dieser Arbeit sollen fotometrische Messeinheiten in das FESTO-EduKit integriert und am Beispiel der Adsorption von Methylenblau an Aktivkohle getestet werden.

Abb. 8: low-cost-Fotometer FM04 (links), SPEKOL 1200 (rechts)

### Fotometrische Gehaltsbestimmung von Methylenblau

a) Kalibrierung: Mit Hilfe externer Methylenblau-Standards werden Kalibrierlösungen unterschiedlicher Konzentrationen im Bereich von c = 0,000 - 0,045 mmol/L hergestellt und deren Extinktionen gemessen.
b) Fotometer: Die fotometrischen Messungen werden mit einem Low-Cost Fotometer (LowCost-FM04, AK Kappenberg) bzw. einem SPEKOL 1200 (Analytik Jena) durchgeführt.
Am Low-Cost Fotometer lassen sich bauartbedingt nur 5 Wellenlängen einstellen. Vorversuche haben gezeigt, dass zur fotometrischen Untersuchung von Methylenblau die Wellenlänge 605 nm (orangefarbene LED) gut geeignet ist.
Mit dem SPEKOL 1200 wird am Extinktionsmaximum bei λ = 660 nm gemessen (Abb. 9). Die Kalibriergeraden sind in Abb. 10 wiedergegeben.
c) Zeitabhängige Messungen: Bei Adsorptionsvorgängen spielt der Faktor Zeit eine wichtige Rolle. Um Extinktionen in Abhängigkeit von der Zeit messen zu können, werden zwei vom EduKit autonome Messsysteme getestet:
- **Low-cost-Fotometer mit Tauchsensor** (Abb. 11): Die Datenpunkte E(t) werden mit der Software AK Analytik 32.NET kontinuierlich erfasst, die Datenreihen mit Microsoft EXCEL ausgewertet.
- Verwendung einer **Durchflussmesszelle** (passend zum **SPEKOL 1200**) und einer 6 V-Miniaturpumpe. Die Messwerte E(t) werden zu definierten Zeiten am SPEKOL abgelesen und in eine EXCEL-Tabelle eingetragen und ausgewertet.

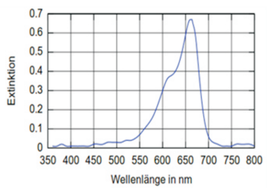


Abb. 9: Extinktionsspektrum von Methylenblau

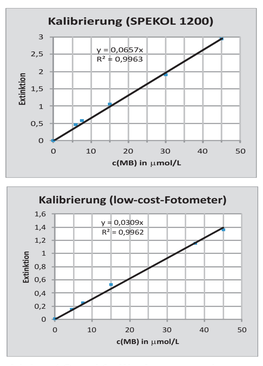


Abb. 10: Kalibriergeraden

Abb. 11: Tauschsensor

## Danksagung

Wir danken den Firmen FESTO und ADIRO und dem FONDS DER CHEMISCHEN INDUSTRIE für die freundliche Unterstützung.

FESTO

Automation - Robotic - Training
ADIRO
www.adiro.com
Kompetenz schafft Vertrauen

FCI FONDS DER CHEMISCHEN INDUSTRIE

## Kontakt

AG Kerschis zur UNI: Mathematik, Chemie & Physik
Dr. Bernd Regelmann (bernd.regelmann@kerschensteinerschule.de)

Kerschensteinerschule | Steiermärker Straße 72 | 70469 Stuttgart

Tel.: 0711 / 13549 6
Email: kerschensteinerschule@stuttgart.de
Web: www.kerschensteierschule.de