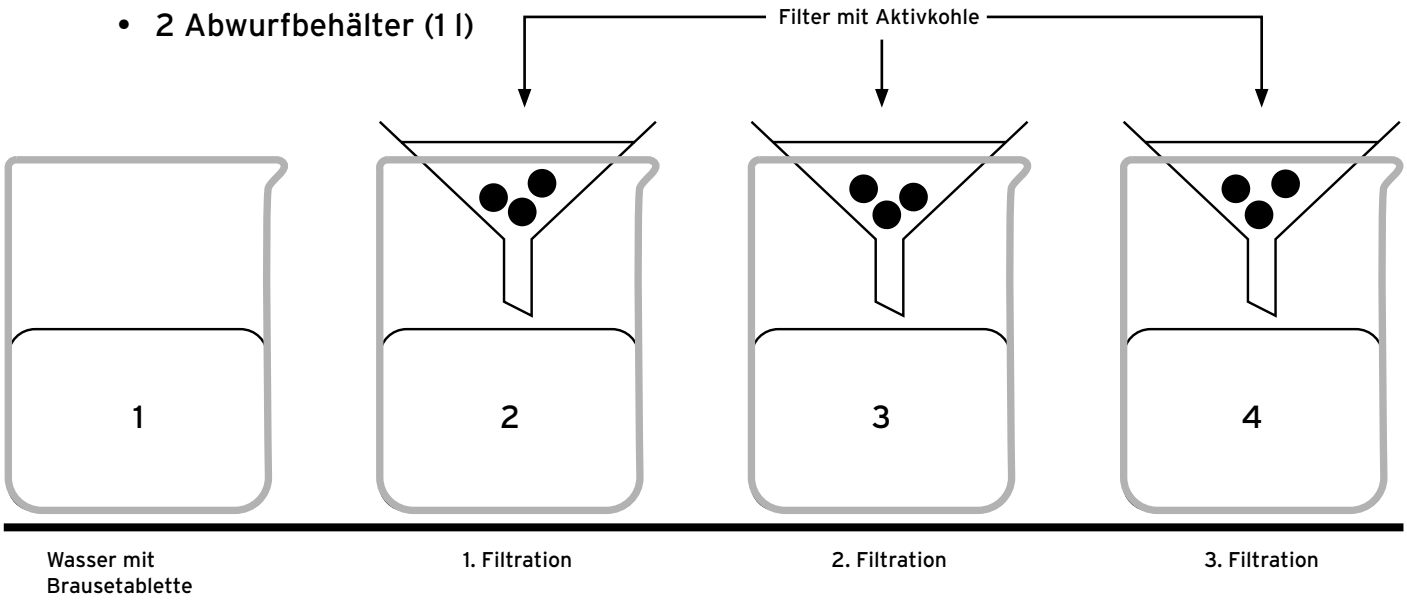
Station 6: Aktivkohle macht‘s sauber! – Ein Experiment

Material:

- 1 Calcium-Brausetablette
- 4 Bechergläser (100 ml)
- Wasser
- Teelöffel (TL)
- Esslöffel (EL)
- Aktivkohle
- 3 Filter
- 3 Trichter
- 2 Abwurfbehälter (1 l)



Durchführung:

1. Stelle auf drei Bechergläser je einen Trichter und fülle diese mit einem Filter. Fülle in jeden Trichter je einen Esslöffel Aktivkohle. (Vorsicht: Aktivkohle staubt!)
2. Fülle ein Becherglas mit 100 ml Wasser und gib eine Calcium-Brausetablette hinein. Rühre mit dem Teelöffel um, so dass sich die Tablette auflöst.
3. Gieße die Hälfte der Lösung durch den ersten Trichter mit Aktivkohle. Beobachte, was passiert. Gieße die Hälfte der so gefilterten Lösung aus Becherglas 2 durch den zweiten Trichter mit Aktivkohle. Gieße erneut die Hälfte der entstandenen Lösung aus Becherglas 3 durch den dritten Trichter.
4. Trage deine Beobachtungen in das Projektheft ein und erkläre das Ergebnis.

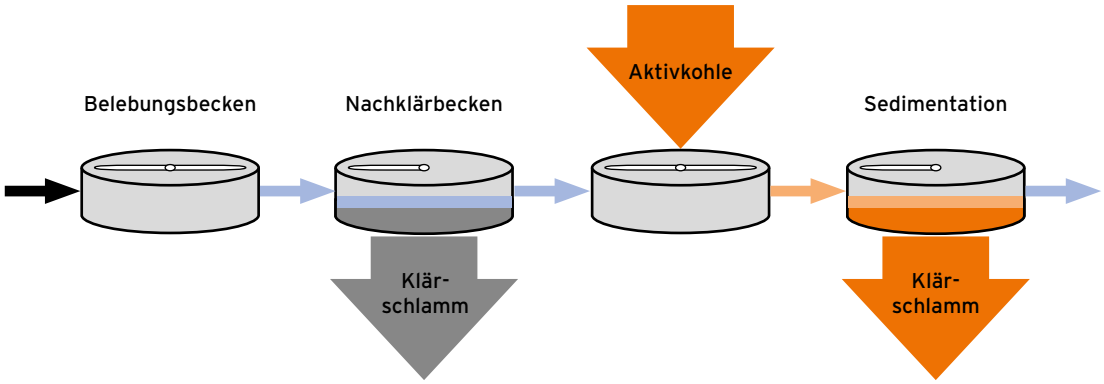
Station 6: Expertenwissen 1

Die **Aktivkohle** hat eine besondere Eigenschaft. Sie kann Stoffe, wie zum Beispiel Farbstoffe, **adsorbieren**. Das heißt, sie nimmt diese Stoffe auf. Das ist möglich, weil die Aktivkohleteilchen viele kleine **Poren** haben, in denen die in Wasser gelösten Stoffe hängen bleiben. Außerdem ist Aktivkohle **elektrisch geladen** und kann dadurch die in Wasser gelösten Teilchen anziehen - sie „hält sie fest". Auf diese Weise können mit Hilfe von Aktivkohle in Kläranlagen zum Beispiel Medikamente aus dem geklärten Abwasser entfernt werden.

Dabei wird Aktivkohle entweder als **Granulat** (GAC) oder als **Pulver** (PAC) verwendet. Als Pulver kann es direkt mit dem Abwasser vermischt werden. Dies geschieht entweder direkt im Belebungsbecken oder in einer separaten Stufe nach dem Nachklärbecken, wie in der Abbildung. So können zum Beispiel je nach Menge der eingesetzten Aktivkohle 60-90 % des Schmerzmittels Diclofenac aus dem Abwasser entfernt werden. Das gilt aber nicht für alle Stoffe. Das Röntgenkontrastmittel Iopamidol kann beispielsweise nur zu 20-75 % eliminiert werden.

Bei Verwendung von Aktivkohle in Form von GAC, werden die Poren der GAC durch Medikamentenrückstände belegt. Sobald alle Poren besetzt sind, wird das Granulat vom Hersteller zurückgenommen und für den erneuten Einsatz regeneriert (aufbereitet).

Bei Zugabe von Aktivkohlepulver (PAC) muss der **aktivkohlehaltige Schlamm** anschließend entsorgt werden, weil er wegen Schadstoffbelastung (z. B. mit Medikamentenrückständen) nicht mehr verwendet werden darf.



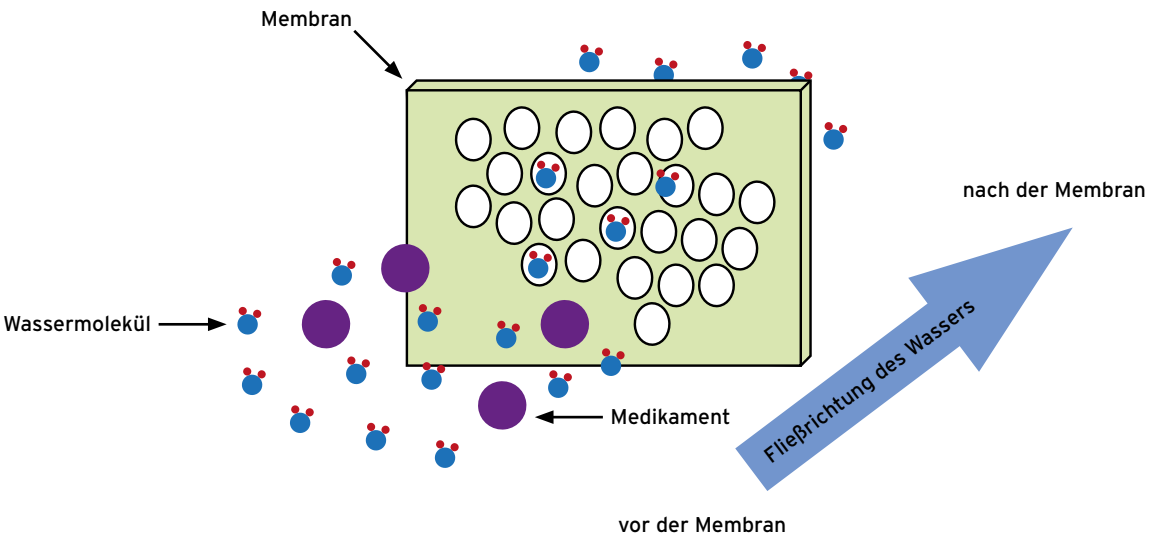
Quelle: Umweltbundesamt, 2016

Station 6: Expertenwissen 2

Neben Aktivkohle gibt es noch weitere Methoden, die als 4. Reinigungsstufe in Kläranlagen eingebaut werden können. So kann das Abwasser auch mit Ozon behandelt werden oder durch sehr feine Membranen gefiltert werden. Die Methoden wirken bei verschiedenen Stoffen unterschiedlich gut, so dass die Verfahren auch kombiniert eingesetzt werden können, um mehr Stoffe aus dem Wasser zu entfernen.

Abwasserreinigung mit Membranen

Membranen kann man sich als „Häutchen" vorstellen. Es sind also sehr dünne Schichten aus einem bestimmten Material, zum Beispiel Kunststoff oder Keramik. In diesen Schichten befinden sich sehr **feine Poren** mit einem Durchmesser von 0,2 bis 0,4 Mikrometern (ein Mikrometer sind 1:1000 Millimeter). Diese Poren beeinflussen den **Stofftransport** durch die Membran. Membranen funktionieren also wie ein Sieb, das die sehr kleinen Wassermoleküle (H_2O) hindurchlässt. Diese haben einen Durchmesser von 0,001 Mikrometern. Größere Bestandteile (zum Beispiel Medikamente) werden zurückgehalten (siehe Abbildung). Die Verwendung von Membranen in einer Kläranlage schließt sich an die herkömmlichen Reinigungsschritte des Abwassers an.



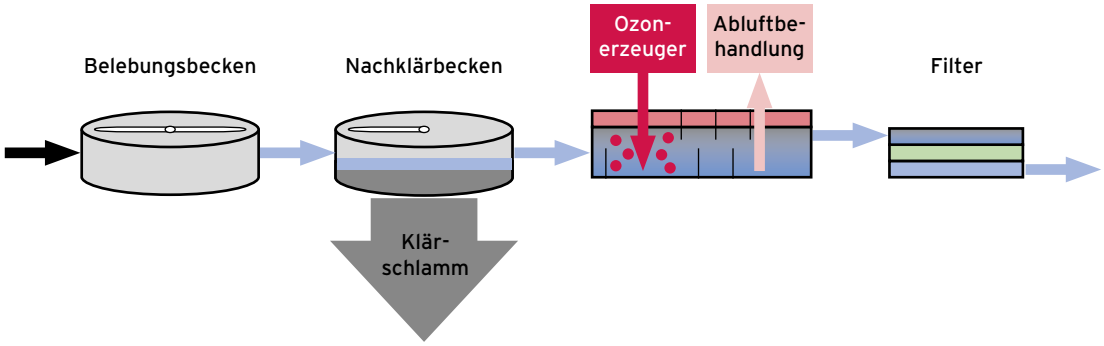
Quelle: Lyko, 2016; Rosenwinkel, Wagner, Nagy, 2000

Station 6: Expertenwissen 3

Abwasserreinigung mit Ozon

Ozon ist ein Gas, das aus Sauerstoffatomen besteht. Während der Sauerstoff in der Luft aus zwei Sauerstoffatomen besteht, sind es bei Ozon drei Atome. Diese Verbindung ist instabil. Dadurch ist Ozon **sehr reaktiv**, das heißt, es reagiert mit vielen anderen Stoffverbindungen.

Diese Eigenschaft wird zur Reinigung von Wasser genutzt. So können mittels Ozon zum Beispiel Bakterien und Viren eliminiert, aber auch andere Stoffe, wie Medikamente, abgebaut werden. Ozon wirkt dabei in zwei Varianten. Zum einen wirkt Ozon direkt auf verschiedene Stoffverbindungen, indem es deren **Bindungen zerstört**. Zum anderen kann es aber auch mit den Wassermolekülen (H_2O) reagieren, wodurch diese sich aufspalten und wiederum mit anderen Stoffverbindungen reagieren. Da Ozon mit vielen verschiedenen Stoffen reagiert, empfiehlt sich die Ozonierung des Abwassers nach der biologischen Reinigung (siehe Abbildung).



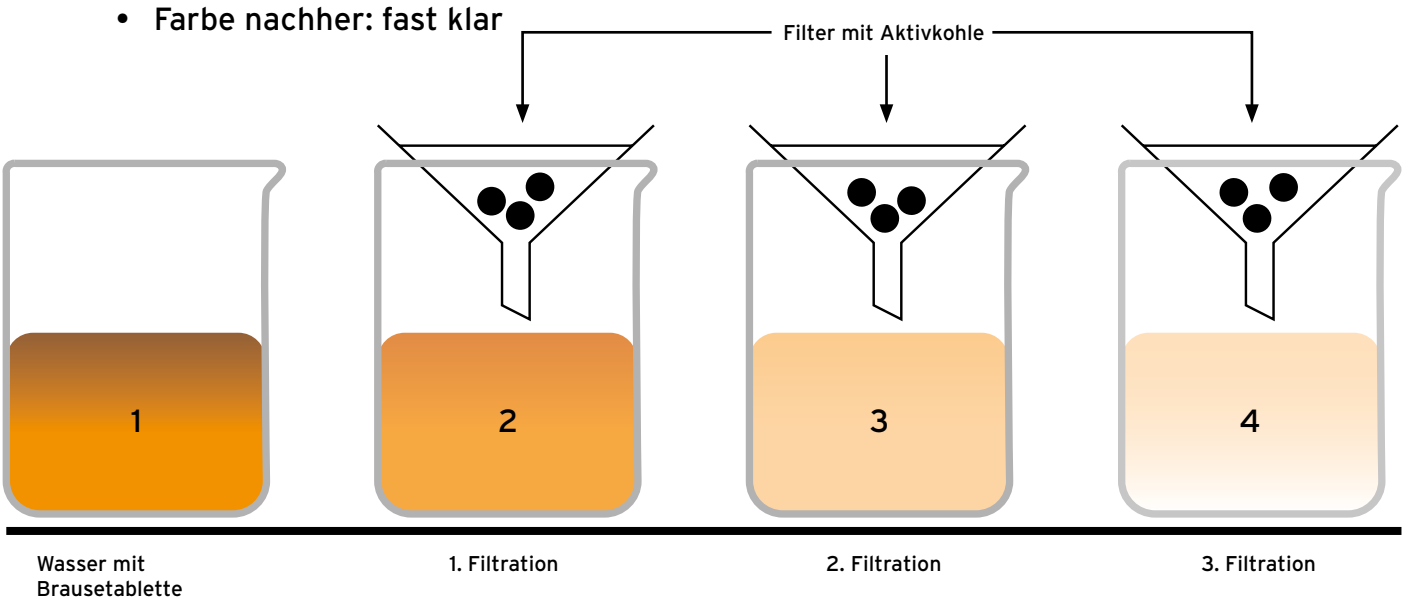
Mit einer hohen Ozondosis lassen sich Stoffe effizient entfernen. Um die Effizienz der Reinigung mit Ozon zu steigern, gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, so zum Beispiel die Bestrahlung mit ultraviolettem Licht (UV-Licht). So kann Diclofenac beispielsweise nahezu vollständig entfernt werden. Aber auch die Behandlung mit Ozon kann nicht alle Stoffe aus dem Wasser entfernen. Zudem fallen Abfallstoffe an, so dass verschiedene Verfahren nachgeschaltet werden, um diese aus dem Wasser zu entfernen (zum Beispiel Sandfiltration).

Quelle: Xylem, 2017

Station 6: Lösung

Beobachtung:

- Farbe vorher: gelborange
- Farbe nachher: fast klar



Erkläre das Ergebnis.

Das Wasser verfärbt sich durch die Farbstoffe der Calcium-Brausetablette. Aktivkohle besitzt sehr feine Poren. Durch diese kann die Aktivkohle die Farbstoffe aus dem Wasser entfernen, sie adsorbiert sie. Dadurch ist die Flüssigkeit im letzten Becherglas fast so klar wie Wasser.

Abwasserreinigung mit Membranen:

Membranen sind sehr dünne Schichten, die ganz feine Poren enthalten und als 4. Reinigungsstufe in Kläranlagen verwendet werden. Wassermoleküle können durch diese Poren hindurchfließen. Größere Stoffe (zum Beispiel Medikamente) werden an der Membran zurückgehalten und können so aus dem Wasser entfernt werden.

Abwasserreinigung mit Ozon:

Ozon ist ein sehr reaktives Gas aus drei Sauerstoffatomen. In Kläranlagen kann es als 4. Reinigungsstufe eingesetzt werden. Es zerstört Stoffverbindungen und kann so zum Beispiel das Medikament Diclofenac aus dem Wasser entfernen.