

## Einleitung

- Trotz der verstärkten Aufklärung über die schädigende Wirkung von Zigaretten konsumierten im Jahr 2020 laut **WHO** (Weltgesundheitsorganisation) 22,3 % der Weltbevölkerung Tabak.
- Nur ein Drittel der konsumierten Zigaretten wird ordnungsgemäß entsorgt [1].
- Laut **NABU** (Naturschutzbund Deutschland e.V.) machen Zigarettenstummel bei der Reinigung von Stränden und Gewässern die **größte Kategorie von Einzelabfällen** aus [2].
- Beim deutschlandweiten Küstenputztag 2016 machten Zigarettenstummel ein **Viertel** des gesammelten Mülls aus und sind damit das am **häufigsten** auftretende Abfallprodukt [2]

- Mehrheit der Filter besteht aus **Celluloseacetat**, einem nahezu **nichtabbaubaren, synthetischen Material** [3].
- Celluloseacetat-Filter zersetzen sich nach **10–15 Jahren** zu Mikroplastik [1].
- Der Filter nimmt während des Rauchens ca. 40–70 % der Schadstoffe auf, wodurch sich eine **hohe Konzentration** an toxischen Substanzen ansammelt.
- Zu den am häufigsten vorkommenden Schadstoffen zählen **Nikotin, Teer, Blausäure, Acetaldehyd, Formaldehyd und Schwermetalle** [4].
- Gelangen abgerauchte Zigarettenfilter in die Umwelt werden Chemikalien ausgewaschen und die im Filter gespeicherten Giftstoffe in die Natur abgegeben [2].

## Synthese von Cellulose-Acetat

### Durchführung [8]:

- **1. Aktivierung:** 6 g Filterpapierschnipsel werden mit Wasser zum Sieden gebracht, nach fünf Minuten abdekantiert und zwei- bis dreimal mit Eisessig gewaschen. Die Cellulose wird dann in einen Zweihalsrundkolben überführt, mit 20 ml Eisessig versetzt und in ein Wasserbad gehängt (**Abb. 1**). Unter stetigem Rühren wird bei konstanter Temperatur von 30 °C ein Gemisch aus 0,3 ml konzentrierter Schwefelsäure und 70 ml Eisessig hinzugegeben.
- **2. Acetylierung:** Nach 20 Minuten werden 30 ml Essigsäureanhydrid hinzugegeben und weitere 40 Minuten lang bei 40–45 °C gerührt.
- **3. Hydrolyse:** Eine Lösung aus 1 g Ammoniumacetat in 10 ml Wasser wird zum Cellulose-Gemisch hinzugegeben.
- **4. Fällung, Reinigung, Trocknung:** Zunächst wird das Reaktionsgemisch in 1,5 L dest. Wasser eingerührt. Die gallertartige Lösung wird mit einem Büchnertrichter abfiltriert und dabei mit einer Ammoniumacetat-Lösung weiter ausgewaschen. Zuletzt wird das Produkt im Exsikkator getrocknet (Wassergehalt etwa 1-5%).

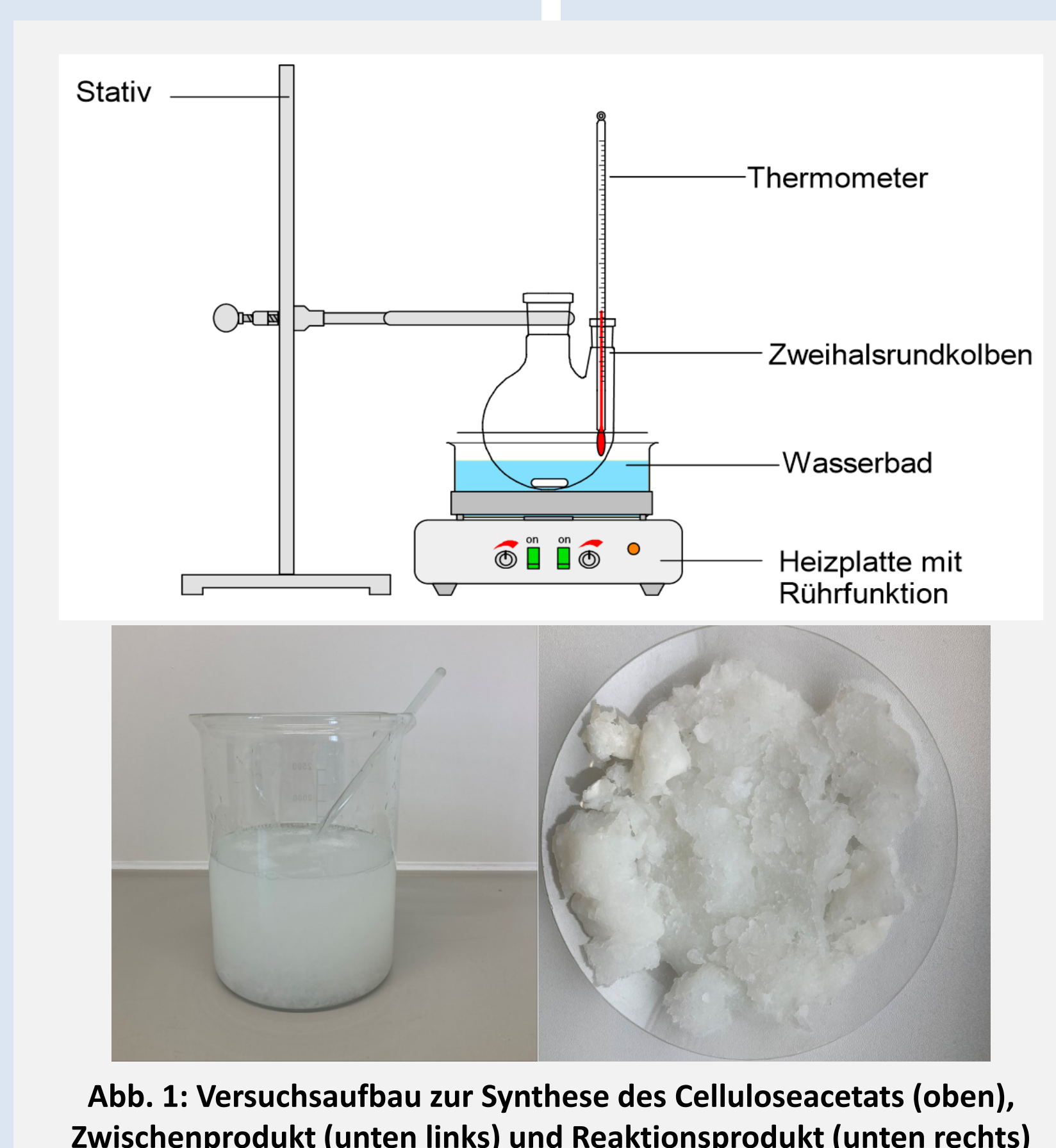


Abb. 1: Versuchsaufbau zur Synthese des Celluloseacetats (oben), Zwischenprodukt (unten links) und Reaktionsprodukt (unten rechts)

### Beobachtung und Auswertung:

- **1. Aktivierung:** Zur vollständigen Veresterung muss die Cellulose zunächst aktiviert werden. Durch die Quellung im siedenden Wasser und anschließend in Eisessig wird eine hohe Zugänglichkeit der Hydroxygruppen erreicht. Die Schwefelsäure dient als Katalysator.
- **2. Acetylierung:** Sobald Essigsäureanhydrid hinzugegeben wird, beginnt die exotherm verlaufende Veresterung.
- **3. Hydrolyse:** Sobald die Ammoniumacetat-Lösung hinzugegeben wird, beginnt die Hydrolyse. Dies ist ein säurekatalytischer Prozess, der durch Neutralisation des Katalysators gestoppt wird.
- **4. Fällung, Reinigung, Trocknung:** Indem das fertige Gemisch in 1,5 L dest. Wasser gegeben wird, erfolgt eine gallertartige Fällung des Celluloseacetats. Durch das Spülen mit Ammoniumacetat-Lösung wird das Celluloseacetat weiter gereinigt und stabilisiert. Nach dem Trocknen im Exsikkator wird ein weißer Feststoff erhalten.

## Untersuchung des Filtermaterials und Nachweis von Schadstoffen

### Vergleich von Zigarettenfiltern mit Cellulose und Celluloseacetat

- Nachweis mit **Iod-Zinkchlorid-Lösung** (Abb. 2)
- Zinkchlorid lässt die Cellulosefasern aufquellen
- Iod-Moleküle rufen bei positivem Nachweis eine dunkelviolette Färbung hervor [6]
- Bei negativem Nachweis erfolgt Gelbfärbung

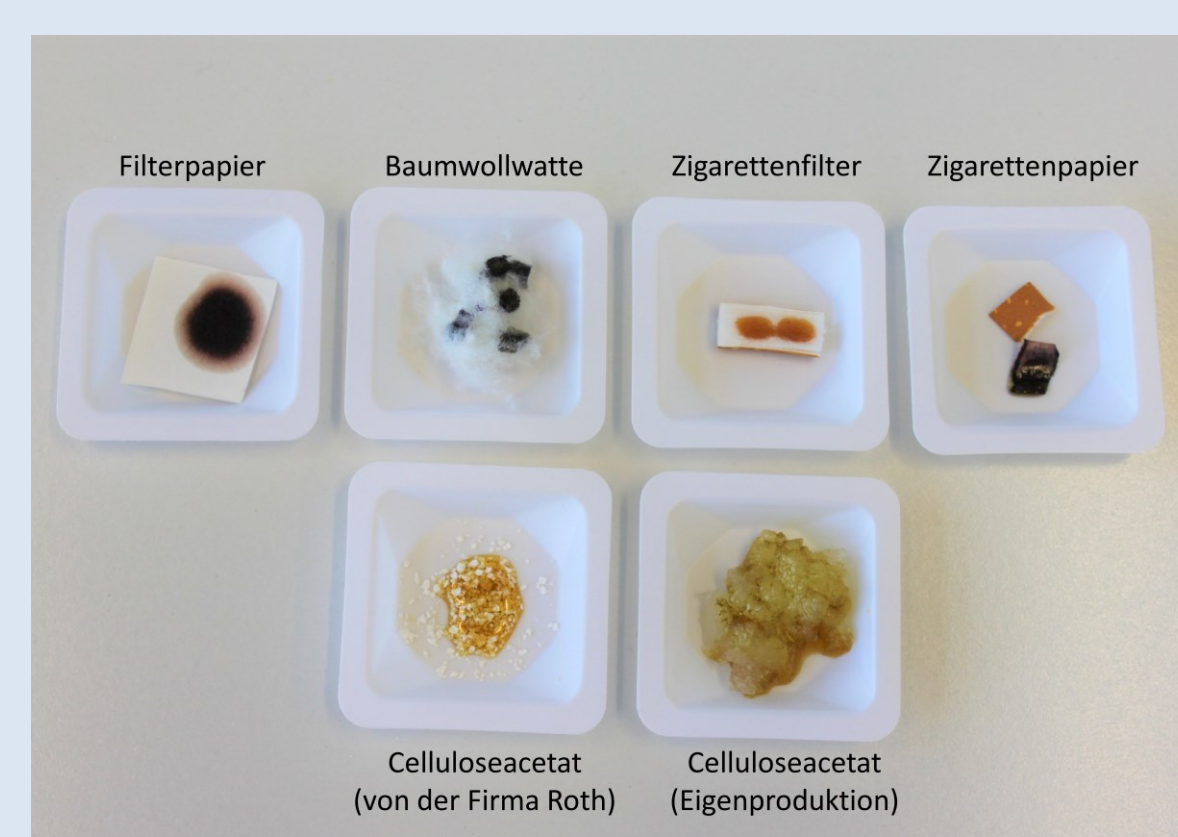


Abb. 2: Cellulose-Nachweis mit Iod-Zinkchlorid-Lösung

### Nachweis von Nikotin im Zigarettenstummel

- Zigarettenstummel: „gebrauchte“ Zigarettenfilter in Wasser
- Schneller und einfacher Nachweis auf Nikotin mit Hilfe von **Cotinin/Nikotin-Teststreifen** von der Firma: nal von minden® (Abb. 4)

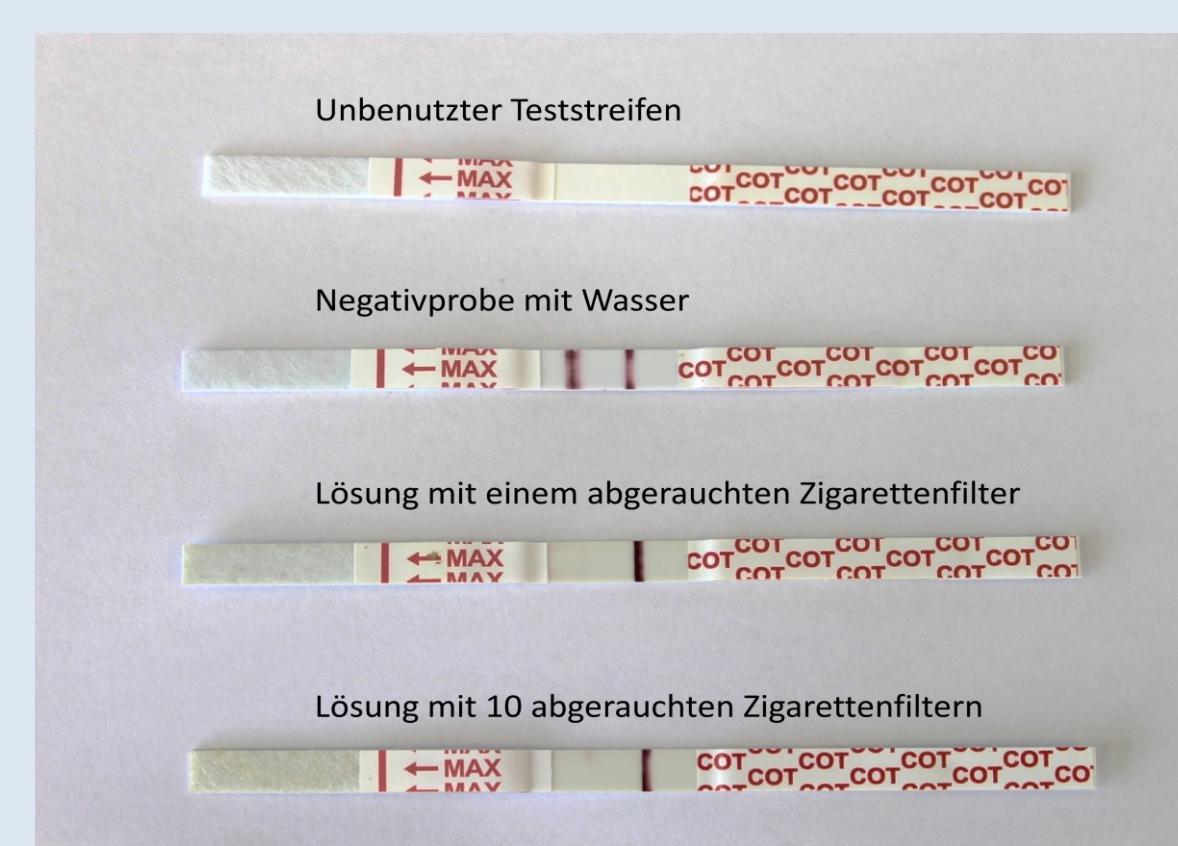
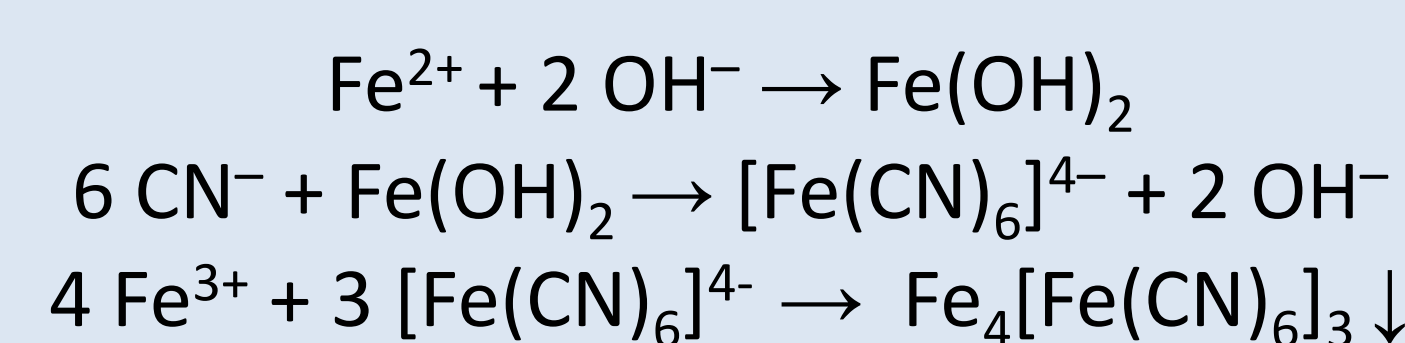


Abb. 4: Nikotin-Nachweis durch Cotinin-Teststreifen

### Nachweis von Cyanid-Ionen im Zigarettenstummel

- Nachweis auf Cyanid-Ionen durch Bildung von **Berliner Blau** [7] (Abb. 3):



- Außerdem positives Ergebnis auf Cyanid-Ionen in der **Tabakasche**

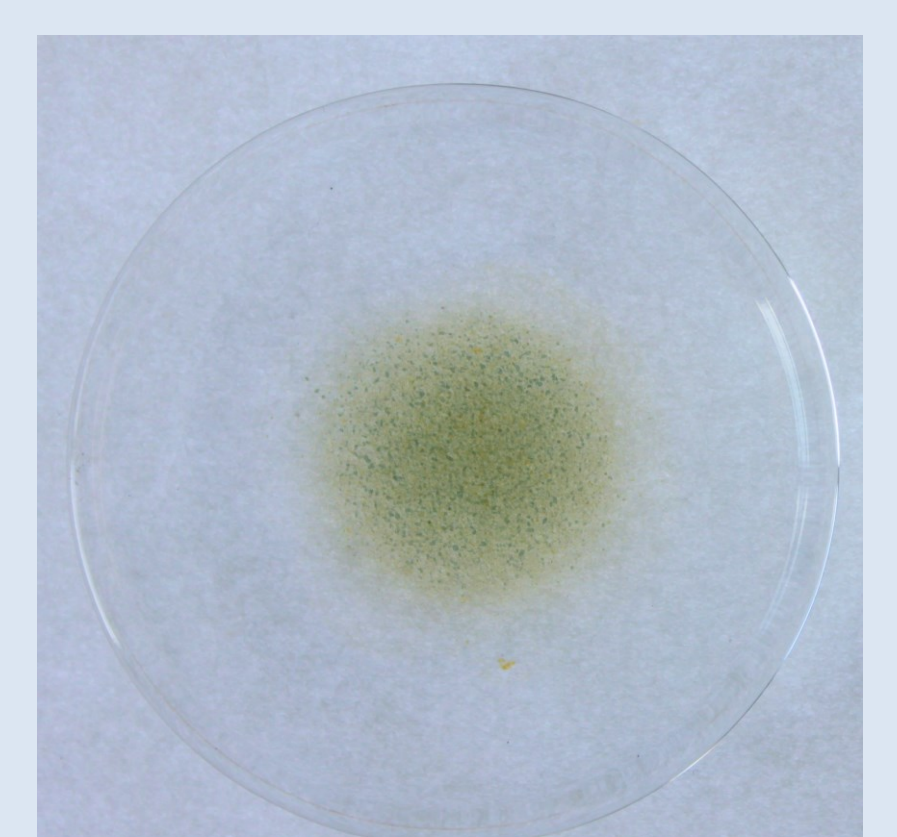


Abb. 3: Positiver Nachweis auf CN⁻-Ionen

### Nachweis auf Aldehyde im Zigarettenstummel

- Zigarettenstummel: „gebrauchte“ Zigarettenfilter in Wasser
- Nachweis auf Aldehyde mit Hilfe der **Fehling-Probe** oder dem **Benedict-Reagenz** (Abb. 5)

- Bei einem positiven Ergebnis auf Aldehyde fällt gelbes oder rotes Kupfer-(I)-oxid aus.

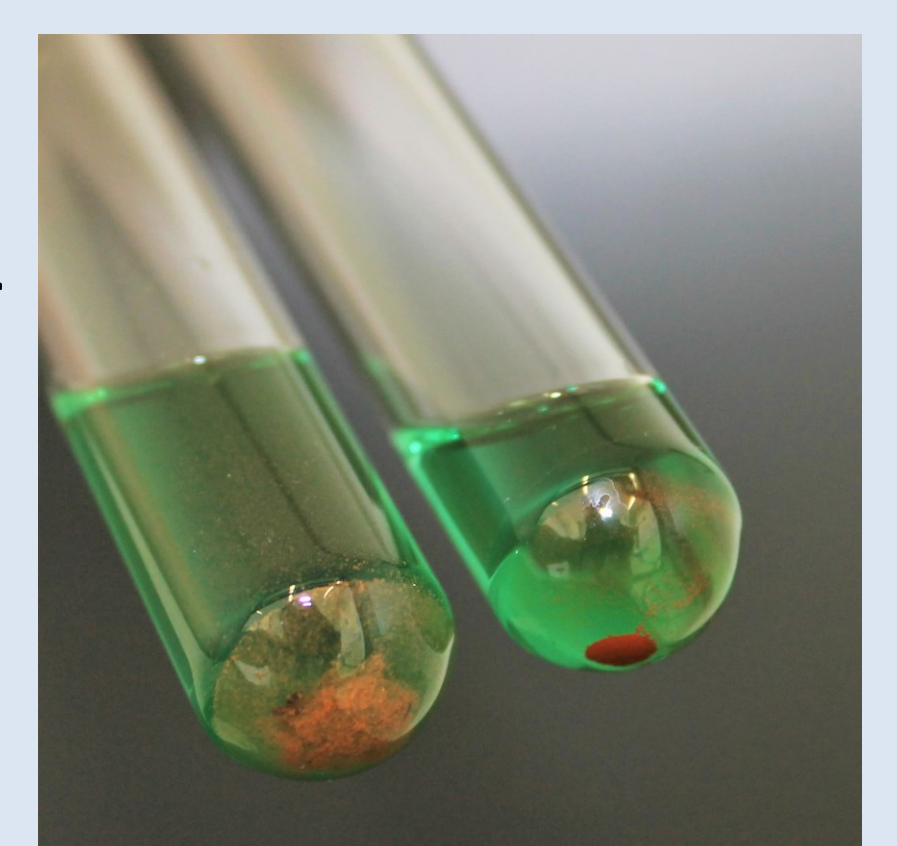


Abb. 5: Nachweis auf Aldehyde mit Benedict

## Zusammenfassung

- Die Untersuchungen konnten zeigen, dass Zigarettenfilter, welche in großen Mengen in der Umwelt entsorgt werden, nicht aus einem „harmlosen“ Naturprodukt bestehen.
- Ebenso zeigen Sie Experimente, dass die „gebrauchte“ Zigarettenfilter diverse Schadstoffe enthalten, die mit der Zeit in die Umwelt freigesetzt werden.
- Eine solche Untersuchung bietet im Chemieunterricht die Möglichkeit Schülerinnen und Schüler früh für die eigene Umwelt zu sensibilisieren und ihre Bewertungskompetenz zu schulen.
- Darüber hinaus eignet sich das Thema für einen fächerübergreifenden Unterricht an.