

## Schülerarbeitsblatt 3: Synthese und Untersuchung von antibakteriellem PVC

Übersetzt von Hildegard Kienzle-Pfeilsticker

Das Polymer Polyvinylchlorid (PVC) ist ein billiger und haltbarer Kunststoff, der für Röhren, Zeichen und Kleidung verwendet wird. Um es flexibler zu machen und um es leichter zu verarbeiten, werden oft Weichmacher zugesetzt. In dieser Aktivität wirst Du eine PVC-Membran herstellen, einmal mit und einmal ohne Weichmacher und dann wirst Du die physikalischen und chemischen Eigenschaften vergleichen.

Antimikrobielle Membranen werden in vielen medizinischen Technologien benutzt. Bei ihrer Produktion werden Nano- oder Mikropartikel aus Silber oder anderen Metallen in die Polymere eingebaut. In Gegenwart von Sauerstoff (aus der Luft) und Wasser reagieren elementare Silberpartikel zu Silberionen ( $\text{Ag}^{2+}$ ), die in manchen Bakterien, Viren, Algen und Pilzen die Zellmembranen aufbrechen, die Zellteilung hemmen und den Stoffwechsel stören können<sup>w3, w4</sup>.

### Materialien

Lösungsmittel: Oxolan (Tetrahydrofuran,  $(\text{CH}_2)_4\text{O}$ )

PVC-Puder

Decandisäuredibutylester oder ein anderer Weichmacher

Silbernitrat ( $\text{AgNO}_3$ )

Trinatriumcitrat ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ )

Nähragar

Bakterienkultur (z. B. *E. coli* in einer Nährlösung)

Eine Kochplatte

Ein Magnetrührer

75-ml-Bechergläser

Eine Glasunterlage (z.B. Becherglas, Uhrenglas oder Glasplättchen)

Ein graduierter Zylinder

Eine Pasteur-Pipette

Ein Spatel

Petrischalen

Impfösen

### Vorgehensweise

**Sicherheitshinweis:** Alle Schritte sollten unter dem Abzug ausgeführt werden. Tetrahydrofuran ist eine leicht entzündliche Flüssigkeit und das Gas kann ernsthafte Augenreizungen verursachen. Gehe vorsichtig damit um nur unter dem Abzug und trage Handschuhe beim Umgang damit.

---

Ergänzungsmaterial für:

Establish project (2011) Polymere in der Medizin. *Science in School* 21.  
[www.scienceinschool.org/2011/issue21/polymers/german](http://www.scienceinschool.org/2011/issue21/polymers/german)

### 1) PVC ohne Weichmacher herstellen

1. Erwärme 20 ml Lösung auf der Heizplatte mit einem Magnetrührer.
2. Gib langsam 1,5g PVC-Puder unter Rühren dazu.
3. Nach etwa 10 Minuten sollte die Lösung visköser werden. Entferne das Becherglas von der Heizplatte.
4. Entferne den Magnetrührer und bringe oder gieße einige Milliliter der PVC-Lösung in einer dünnen Schicht so gleichmäßig wie möglich auf die Glasunterlage (innerhalb oder außerhalb des Becherglases oder auf dem Glasplättchen oder dem Uhrglas). Drehe die Glasunterlage vorsichtig noch während die Lösung heiß ist, um eine dünne Schicht zu erzielen.
5. Lasse die Unterlage und das PVC unter dem Abzug, damit das Lösungsmittel abdampfen kann; das dauert etwa 15 Minuten. Die PVC-Membran kann dann leicht von der Glasunterlage entfernt werden.

### 2) PVC-Herstellung mit einem Weichmacher

Wiederhole die obigen Schritte, um vier weitere PVC-Membranen zu erstellen, von denen jede eine andere Menge an Weichmacher im erhitzten Lösungsmittel enthält (siehe Tabelle 4).

Probe Nr.	PVC (g)	Lösungsmittel (ml)	Decandisäuredibutylester (ml)
1	1.5	20	0.5
2	1.5	20	1
3	1.5	20	2
4	1.5	20	3

*Tabelle 4: Herstellung von PVC-Membranen mit unterschiedlichem Weichmachergehalt*

1. Vergleiche Deine fünf PVC-Membranproben. Welchen Effekt hat der Weichmacher auf den Kunststoff?
2. Was glaubst Du, passiert, wenn mehr Weichmacher zum Kunststoff gegeben wird?
3. War Deine Antwort auf Frage 2 korrekt, wenn Du die rastermikroskopischen Bilder (REM) einbeziehst?
4. Diese Membranen können in der vorherigen Aktivität ("Membranen mit unsichtbaren Löchern") benutzt werden, um die relative Größe der „Löcher“ zu untersuchen.

*PVC\_m001\_nr(unplasticised PVC), P05\_m001\_nr (PVC with 0.5Ml plasticiser), P20\_m007\_nr\_a(PVC with 2ml plasticiser): REM-Bilder von PVC a) ohne Weichmacher, b) mit 0,5ml Weichmacher und c) mit 2ml Weichmacher  
Mit freundlicher Genehmigung von the Establish project*

---

Ergänzungsmaterial für:

Establish project (2011) Polymere in der Medizin. *Science in School* 21.  
www.scienceinschool.org/2011/issue21/polymers/german

### 3) Herstellung von antibakteriellem PVC

Um PVC mit Silberpartikeln zu bestücken, ist eine Membran mit großen Löchern nötig, weshalb wir einen Weichmacher einsetzen. Das Silber wird als Silbernitrat zugegeben, das mit Natriumcitrat reduziert wird.

1. Erwärme 20 ml Lösung auf der Heizplatte mit einem Magnetrührer.
2. Gib 2,5 ml Weichmacher und dann langsam 1,5 g PVC-Puder zu.
3. Gib 2,5 ml 10 mM Silbernitrat zu und rühre 1-2 Minuten..
4. Teile die Lösung auf zwei 75-ml-Bechergläser auf. Rotiere jedes Becherglas schnell, um die Innenseite mit Lösung zu bedecken, so dass sich eine Membran in Form des Becherglases bildet. Stelle sicher, dass die Membran keine Löcher hat, denn sie muss Wasser zurückhalten können.
5. Lasse die Bechergläser unter dem Abzug stehen bis das Lösungsmittel abgedampft ist, entferne dann vorsichtig die Membranen. (Das ist ziemlich schwierig; wenn Du zwei Membranen machst, erhöhst Du die Erfolgchance.)
6. Stelle eine 5 mM Lösung von Natriumcitrat her und gieße sie vorsichtig in eine der Membranen mit Becherglasform. Sie sollte durch die Membran fließen (halte sie über ein Becherglas) und dabei mit dem Silbernitrat reagieren, so dass Silber-Nano- oder Mikropartikel entstehen.
7. Notiere die Farbänderung der Membran.
8. Lasse die Membran unter dem Abzug trocknen. Typische REM-Bilder (rechts) zeigen elementares Silber wie es in einer PVC-Membran verteilt ist.

*Fe10122\_m05((PVC membrane with silver particles): Silber-Mikro-und Nanopartikel in einer PVC-Membran*

*Mit freundlicher Genehmigung von des Establish-Projekts*

Als Nächstes kannst Du die antibakteriellen Eigenschaften der präparierten Membranen prüfen.

1. Präpariere eine Agar-Platte mit einer Bakterienkolonie: bringe etwa 100 µl Deiner Bakterienkultur (z.B. *E. coli* in Nährlösung) auf die Petrischale mit Nähragar und verteile sie mit einer Impföse gleichmäßig über die Platte.
2. Lege etwa 1 cm<sup>2</sup> Deiner Silber-impregnierten PVC-Membran auf die Platte.  
Lege alternativ drei Stücke PVC-Membran, von denen eines nicht mit Silber behandelt ist, auf die Platte. So bekommst Du einen Vergleich.
3. Inkubiere die Platte über Nacht bei 37 °C und miss dann die Hemmzone um jedes Membranstück.

**Sicherheitshinweis:** Bei allen mikrobiologischen Arbeiten sollten immer sterile Gerätschaften benutzt werden (entweder sterilisiert in einem Autoklaven oder Dampfkochtopf oder in Ethanol getaucht und abgeflammt). Das betrifft auch die Scheren, die Du zum Schneiden der Membran benutzt. Um Kreuz-Kontaminierungen zu vermeiden, müssen die Impfösen vor ihrer Verwendung mit antibakterieller Waschlösung gewaschen werden.

---

Ergänzungsmaterial für:

Establish project (2011) Polymere in der Medizin. *Science in School* 21.  
[www.scienceinschool.org/2011/issue21/polymers/german](http://www.scienceinschool.org/2011/issue21/polymers/german)

Wegen der antibakteriellen Eigenschaften dieser Membranen eignen sie sich für die Behandlung von Wunden und Verbrennungen sowie Infektionen mit Bakterien wie Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA) und *E. coli*.

1. Warum sind antibakterielle PVC-Membranen für die Behandlung von MRSA-Infektionen besonders nützlich?
2. Welche weiteren Anwendungen antibakterieller PVC-Membranen findest Du heraus?

---

Ergänzungsmaterial für:

Establish project (2011) Polymere in der Medizin. *Science in School* **21**.  
[www.scienceinschool.org/2011/issue21/polymers/german](http://www.scienceinschool.org/2011/issue21/polymers/german)