

Aufgabe 3

Biopolymere in der Medizintechnik

Schwerpunktthema: Kunststoffe

Biologisch abbaubare Polymere erfahren zunehmend größere Bedeutung in Forschung, Industrie, Medizin und Alltag. Dies basiert einerseits auf der Tatsache, dass mit der Zunahme der Entwicklung und Herstellung von Kunststoffprodukten sich das Entsorgungsproblem dramatisch verstärkt und andererseits, dass bislang zum größten Teil Erdöl als Rohstoff verwendet wird. Daher werden Alternativen für Rohstoffquellen sowie biopolymerbasierte Werkstoffe erforscht.

Der Einsatz von Polymilchsäure (PLA) und Polyglycolsäure (PGA) ist von besonderem Interesse, da sie als Ersatz für herkömmliche Kunststoffe wie Polypropen (PP) oder Polystyrol (PS) verwendet werden können.

Vielversprechende Einsatzmöglichkeiten für biologisch abbaubare Polymere gibt es auch in der Medizintechnik, hier liegt ein Hauptanwendungsgebiet bei Wundverschluss- und Nahtmaterialien, aber auch neuen Darreichungsformen von Medikamenten.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Abbildung 1: Chirurgisches Nahtmaterial

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Ausschnitt aus der Strukturformel von Polymilchsäure

Milchsäure kann zu Polymilchsäure (PLA) reagieren.

Material 1: Informationen zu Synthese und Strukturformel von Polymilchsäure

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Mithilfe des Schmelzspinnverfahrens können aus einer erhitzten PLA-Schmelze Fäden hergestellt werden. Beim Verstrecken verändern die Fasern durch die Einwirkung von Zugkräften ihre Molekülstruktur und Reißfestigkeit:

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Schematische Darstellung der Molekülstruktur einer unverstreckten (oben) und verstreckten Faser (unten).

Material 2: Schmelzspinnverfahren und Informationen zum Verstrecken von Kunststofffasern

<p>PLA und PLA-Mischungen sind seit Jahren als Spezialpolymere im medizinischen Bereich und in zunehmendem Maße als Verpackungs- und Faserwerkstoff etabliert.</p>	<p>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</p>
--	---

Material 3: Informationen zur Verwendung von PLA und der Stoffkreislauf der Polymilchsäure

Polyglycolsäure (PGA), ist ein weiterer Kunststoff, der in der Medizintechnik Anwendung findet, da seine Abbauprodukte bioresorbierbar sind.

Er besteht aus dem Monomer Glycolsäure: $\text{HOCH}_2\text{--COOH}$

Poly(lactid-co-glycolid) (PLGA) ist ein Copolymer aus den Monomeren Milchsäure und Glycolsäure, wobei das Verhältnis zwischen beiden Monomeren variieren kann. PLGA findet Anwendung bei Tablettenüberzügen von sogenannten Retard Arzneimitteln. Der Begriff Retard (engl. *to retard* – verzögern) bedeutet, dass sich die Tabletten verzögert auflösen.

Blutdruckregulierende Arzneimittel oder Hormone wären in hoher Konzentration für den menschlichen Körper gefährlich, daher werden sie oft als Retard Arzneimittel verabreicht. Für den Patienten hat dies zusätzlich den Vorteil, dass die Einnahme nur einmal am Tag erfolgt. Es ist allerdings nicht erlaubt, die Tabletten vor dem Einnehmen in der Mitte durch zu brechen.

Material 4: Informationen zu PGA und PLGA

Aufgaben

- 3.1 Erläutern Sie das Schmelzspinnverfahren zur Herstellung von Kunststofffasern. Begründen Sie, weshalb sich PLA für dieses Verfahren eignet. Entwickeln Sie eine Hypothese zu der unterschiedlichen Reißfestigkeit unverstreckter und verstreckter Fasern (Material 1 und Material 2). **(10 BE)**
- 3.2 Erläutern Sie den Begriff der Nachhaltigkeit am Beispiel des Einsatzes von PLA (Material 3). Erläutern Sie dabei den Begriff „biologisch abbaubar“. **(7 BE)**
- 3.3 Beschreiben Sie unter Angabe der Strukturformelgleichung die Verknüpfungsreaktion von drei Glycolsäure-Molekülen und benennen Sie die Polyreaktion. (Material 4) **(7 BE)**
- 3.4 Geben Sie einen möglichen Strukturformelausschnitt für PLGA an. Erläutern Sie seinen Einsatz bei Retard Arzneimitteln. (Material 1 und 4) **(6 BE)**

Aufgabe 3 Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
3.1	<p>Der Kunststoff erweicht und kann mithilfe der Spinnpumpe durch die Spinnrösten gepumpt werden. Bei der anschließenden Abkühlung werden die entstandenen Fäden mithilfe der sich erneut ausbildenden zwischenmolekularen Kräfte in ihrer Form stabilisiert. Durch die einwirkenden Zugkräfte beim Verstrecken werden die in den Fasern amorph vorliegenden Moleküle parallel ausgerichtet.</p> <p>PLA gehört zu den Thermoplasten. Beim Erwärmen werden die zwischenmolekularen Kräfte teilweise überwunden und die linearen Moleküle können aneinander vorbeigleiten.</p> <p>Verstreckte Fasern besitzen eine höhere Reißfestigkeit als unverstreckte Fasern. Durch die parallele Anordnung der linearen Moleküle ist die Wirksamkeit der zwischenmolekularen Kräfte in Zugrichtung der Faser größer als bei den unverstreckten Fasern, in denen ein höherer Anteil der Polymerketten amorph vorliegt.</p>	1	7	2
3.2	<p>PLA ist zum einen ein biobasierter Kunststoff, da das Monomer Milchsäure durch Fermentation von Getreide und Zucker hergestellt wird. PLA wird somit aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen. Milchsäure wird durch Polykondensation zu PLA umgesetzt, aus dem nun bspw. Verpackungsmaterialien hergestellt werden können. Nach Verbrauch kann PLA durch Enzyme wieder in Milchsäure aufgespalten werden. Die Milchsäure kann durch bakteriellen Abbau weiter zu Wasser und Kohlenstoffdioxid umgesetzt werden und ist damit biologisch abbaubar. Wasser und Kohlenstoffdioxid sind Ausgangsstoffe für die Photosynthese, die die erneute Produktion von Getreide ermöglichen. Es liegt ein Kreislaufsystem vor, bei dem kein Abfall entsteht. Daher ist die Verwendung von PLA nachhaltig.</p>	3	4	
3.3	<p>Es handelt sich um eine Polykondensation.</p> <p>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</p> <p>PGA ist ein Polyester. Glycolsäure enthält eine Carboxylgruppe und eine Hydroxylgruppe. Deshalb können Glycolsäure-Moleküle unter Bildung einer Esterbindung miteinander reagieren. Die Säuregruppe dient dabei als Katalysator.</p>	4	3	
3.4	<p>Mögliche Darstellung eines Strukturformelausschnitts für PLGA:</p> <p>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</p> <p>Es handelt sich um einen Kunststoff, der sich durch Hydrolyse im Körper langsam zersetzt, dadurch wird nicht sofort der gesamte Wirkstoff freigesetzt. Die Tablette löst sich langsam über einen längeren Zeitraum auf. Wenn man die Tablette zerbricht, wäre dieser Effekt aufgehoben, der gesamte Wirkstoff würde freigesetzt werden, was eine zu hohe Konzentration zur Folge hätte.</p>		3	3
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		8	17	5

Quellen:

Duvinage, Harmsen et. al., Von Mulchfolien bis zu Nahtmaterialien, PdN, 8/62, 2013, S. 41-49.
Vetter, Storsberg: Polymere in der Medizin, PdN, 5/63, S. 5-11.
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3834.pdf>, S. 4
(letzter Zugriff Januar 2018)
Chirurgisches Nahtmaterial: <https://sinorgmed.en.alibaba.com> (letzter Zugriff Januar 2018)