|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Zentralabitur 2024** | **Chemie** | **Material für Prüflinge** |
| **Aufgabe I** | **gA** | **Prüfungszeit\*: 250 min** |

\*einschließlich Auswahlzeit.

**Name:** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Klasse:** \_\_\_\_\_\_\_\_

#### Hilfsmittel

1. Taschenrechner

2. Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene Formelsammlung

3. Ggf. die Abbildung oder der Abdruck des Periodensystems

# Aufgabenstellung

## Die Tablette gegen Schmerzen (100 BE)

#### 1. Herstellung von Acetylsalicylsäure (ASS)

1.1 Beschreiben Sie die in **M1b** dargestellte großtechnische Synthese von Acetylsalicylsäure aus Salicylsäure und Essigsäureanhydrid (**M1a**) **[12 BE]**

1.2 Überprüfen Sie auf Basis des Prinzips von LE CHATELIER, ob Änderungen der Größen Druck, Temperatur und Konzentration zur Erhöhung der Ausbeute an ASS geeignet sind **(M1b)**. **[14 BE]**

#### 2. Analyse von Acetylsalicylsäure-Präparaten

2.1 Berechnen Sie den -Wert einer trinkfertigen Lösung (**M1a, M2**). **[10 BE]**

**Hinweis:** Gehen Sie vereinfacht davon aus, dass es sich bei ASS um eine schwache Säure handelt.

2.2 Erklären Sie die *pH*-Abhängigkeit der Wasserlöslichkeit von reiner ASS sowie die bessere Löslichkeit von Acetylsalicylsäure beim Anfertigen einer trinkfertigen Lösung aus ASS-Brausetabletten in Wasser, auch anhand von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen (**M1a, M3, M4**). **[19 BE]**

2.3 Berechnen Sie die Masse des Wirkstoffes ASS in der verwendeten Tablette aus **M5** (**M1a**). **[14 BE]**

#### 3. Erhöhung der Verträglichkeit von Acetylsalicylsäure-Präparaten

3.1 Stellen Sie die Reaktionsgleichungen in Strukturformeln für die Herstellung von PE und PLA aus ihren Monomeren auf (**M6**).

Nennen Sie die bei der Synthese von PE und PLA ablaufenden Reaktionstypen. Ordnen Sie diese Kunststoffe jeweils begründet einem Kunststofftyp zu (**M6**). **[16 BE]**

3.2 Beurteilen Sie die Eignung der drei Kunststoffe als Materialien für Überzüge von ASS-Tabletten (**M6**). **[15 BE]**

# Material

## M1 Allgemeine Informationen zu Acetylsalicylsäure (ASS)

Wer Schmerzen hat, greift heute vielfach zu einem Präparat mit Acetylsalicylsäure (ASS). ASS wurde 1899 erstmalig unter dem Markennamen Aspirin® auf den Markt gebracht und ist der heute weltweit am meisten produzierte Wirkstoff für Schmerzmittel. Erstmals hergestellt wurde ASS 1897 durch den Chemiker Felix Hoffmann. Als ein Edukt verwendete Hoffmann Salicylsäure (2-Hydroxybenzoesäure), die in Weidenrinde enthalten ist und den Menschen schon im Altertum zur Linderung von Schmerzen gedient hat. Salicylsäure hat allerdings einen sehr unangenehmen Geschmack und greift Mund- und Magenschleimhaut an. ASS zeigt diese negativen Eigenschaften nicht in dem Ausmaß, weshalb es verträglicher als Salicylsäure ist.

**Salicylsäure-Molekül**

H

H

O

O

O

**Acetylsalicylsäure-Molekül**  
S

H

O

O

O

O

#### Bildquelle verändert nach:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d1/Acetylsalicyls%C3%A4ure2neu.svg; letzter Zugriff: 14.11.2023

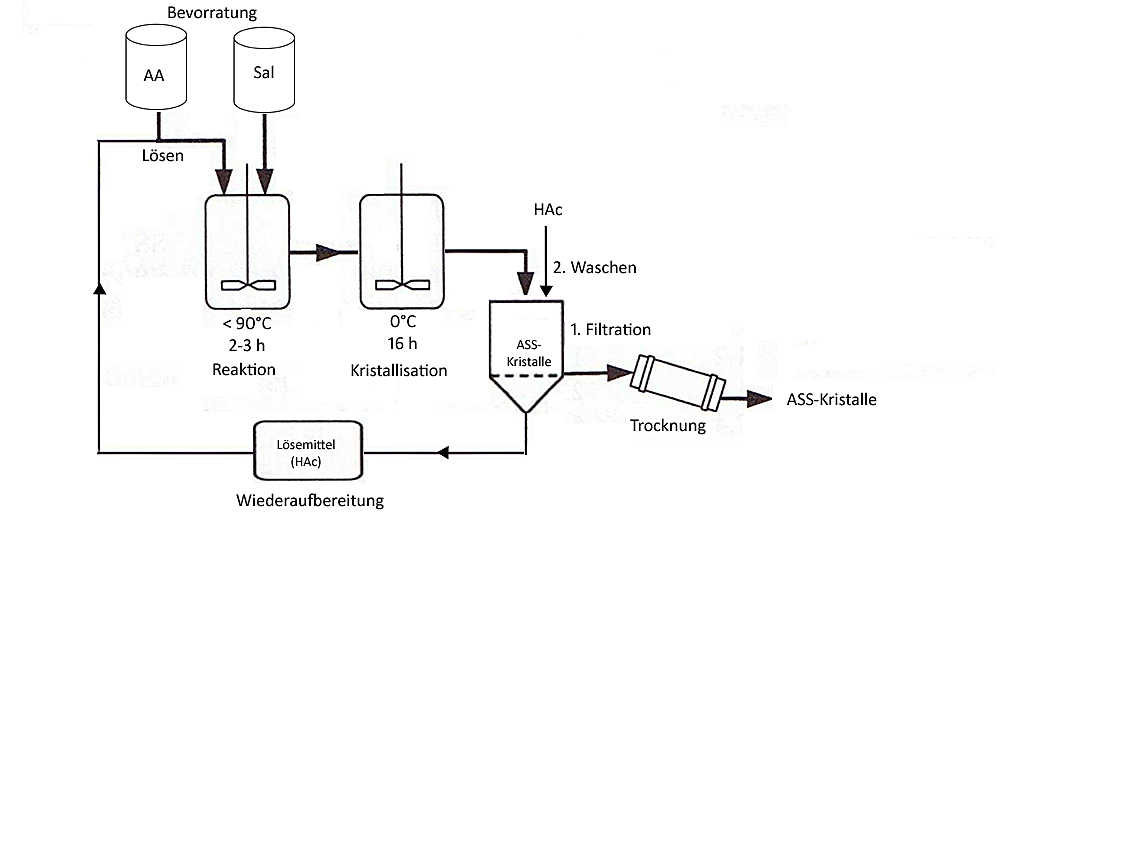
## M1b: Herstellung von Acetylsalicylsäure

ASS lässt sich herstellen, indem man Salicylsäure mit Essigsäureanhydrid unter Zugabe geringer Mengen konzentrierter Schwefelsäure als Katalysator umsetzt:

Salicylsäure + Essigsäureanhydrid Acetylsalicylsäure + Essigsäure;

(Sal) + (AA) (ASS) + (HAc)

Die folgende Abb. zeigt ein vereinfachtes Schema der großtechnischen Acetylsalicylsäure-Synthese:



**Bevorratung**

**AA**

**Sal**

**Lösen**

**< 90 °C  
2-3 h  
Reaktion**

**0 °C  
16 h  
Kristallisation**

**HAc**

**2. Waschen**

**1. Filtration**

**Trocknung**

**ASS-Kristalle**

**Lösemittel  
(HAc)**

**ASS-  
Kristalle**

**Wiederaufbereitung**

#### verändert und vereinfacht nach:

https://pdfs.semanticscholar.org/40cf/f6760624c4a6d5855750b9e0a83dffbaa6a1.pdf; letzter Zugriff: 28.11.2023

## M2: Herstellen einer trinkfertigen Lösung

ASS-Tabletten können als wässrige Lösung eingenommen werden. Hierzu werden aus einer ASS-Tablette durch Lösen in Wasser einer trinkfertigen Lösung hergestellt. In einer Tablette befinden sich laut Herstellerangabe des Wirkstoffes ASS. Das gewählte Präparat enthält keine weiteren Stoffe, die den -Wert der Lösung zusätzlich beeinflussen könnten.

## M3: Acetylsalicylsäure-Präparate

ASS löst sich mäßig gut in Wasser. Dabei entsteht eine stark saure Lösung. Es gibt jedoch auch ASS-haltige Brausetabletten, die neben der arzneilich wirksamen Acetylsalicylsäure Zusatzstoffe enthalten, die den *pH*-Wert beim Lösen der Tablette nahezu neutral halten. Der Wirkstoff ASS löst sich dadurch viel besser und gelangt so schneller durch den Magen in den Dünndarm, wo er in das Blut aufgenommen wird.

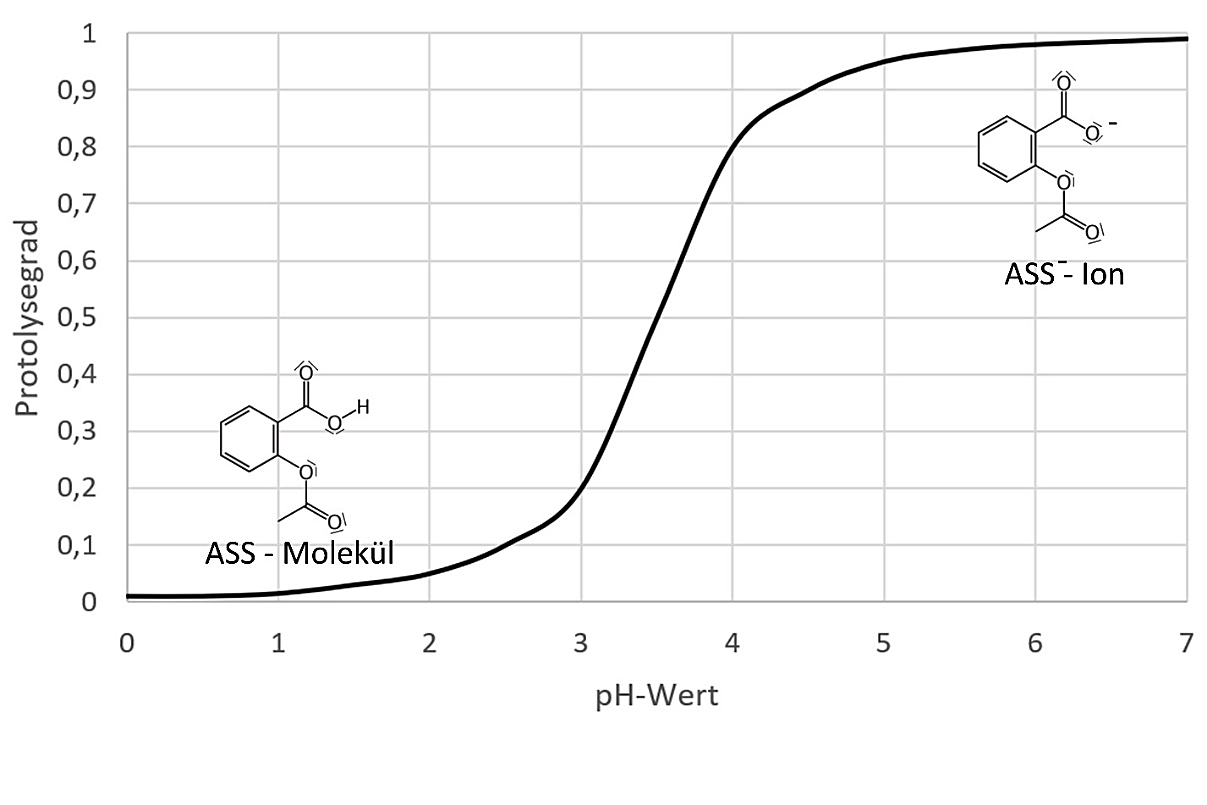
## M4: Abhängigkeit des Protolysegrads von ASS vom Wert

Der Protolysegrad gibt das Verhältnis der Konzentration der Base (hier: )) zur ursprünglich vorhandenen Ausgangskonzentration ihrer korrespondierenden Säure (hier: *)* in einer wässrigen Lösung an. Der Protolysegrad gibt damit an, welcher Anteil einer Säure protolysiert ist.

**Protolysegrad**

**pH-Wert**

Abhängigkeit des Protolysegrads von ASS vom pH-Wert



## M5: Überprüfung der Herstellerangaben

Zur Überprüfung der vom Hersteller angegebenen Masse des Wirkstoffes ASS in einer Tablette löst ein Laborant die Tablette zunächst in Natronlauge der Konzentration und erhitzt für eine Stunde auf . Durch diesen Vorgang wird die Tablette vollständig gelöst und der Wirkstoff wird gespalten. Dabei werden pro ASS-Molekül zwei Hydroxid-Ionen umgesetzt und es entstehen Acetat-Ionen und Salicylat-Ionen. Zur Bestimmung der dann in der Lösung noch vorhandenen Konzentration an Hydroxid-Ionen wird die so vorbehandelte Lösung nach dem Abkühlen mit molarer Salzsäure-Maßlösung titriert. Hierfür benötigt der Laborant der Salzsäure-Maßlösung.

## M6: Magensaftresistente Tablettenüberzüge

Eine Nebenwirkung von ASS ist die Reizung der Magenschleimhaut. Um ASS-Präparate verträglicher zu machen, werden ASS-Tabletten mit einem Schutzfilm überzogen, der dem sauren Milieu des Magens standhält, sodass die Tablette den Magen unbeschadet passieren kann. Im alkalischen Milieu des Darms wird der Schutzfilm zersetzt und der Wirkstoff damit erst am Ort der Resorption freigesetzt. Neben den genannten Eigenschaften muss ein Schutzfilm unbedenklich für die Gesundheit des Konsumenten sein, indem er zu unschädlichen Stoffen abgebaut oder unverdaut ausgeschieden wird. Zusätzlich sollten die ausgeschiedenen Stoffe ökologisch unbedenklich sein. Da bisherige Tablettenüberzüge relativ teuer sind, sucht man nach Alternativen. Es werden drei Kunststoffe in Betracht gezogen:

**Polymilchsäure (PLA)** basiert auf nachwachsenden Rohstoffen, da sich das zur Synthese benötigte Monomer 2-Hydroxypropansäure (Milchsäure) aus Zuckerrohr oder Mais gewinnen lässt. PLA bildet lange, lineare, unverzweigte Moleküle. Der Kunststoff lässt sich leicht als dünne Schicht auf Oberflächen aufbringen. Die Herstellung von PLA ist einfach und kostengünstig. Der Kunststoff ist bereits als Lebensmittelverpackung zugelassen und findet in der Medizin zum Beispiel als Nahtmaterial bei inneren Verletzungen Verwendung, welches im Körper ohne weitere Operation langsam in kürzere Fragmente zersetzt wird. PLA wird im menschlichen Körper nur unvollständig abgebaut und kleine Partikel werden als sogenanntes Mikroplastik ausgeschieden. Im alkalischen Milieu zerfällt PLA hingegen vergleichsweise schnell in seine Monomere. Durch Einfluss von Feuchtigkeit quillt der Kunststoff langsam auf und wird wasserdurchlässig. Es konnte nachgewiesen werden, dass PLA-Mikroplastik bei Miesmuscheln zu einer Proteinstoffwechselstörung führen kann, was wiederum weitreichende Folgen auf das Ökosystem haben könnte.

**Polyethylen (PE)** kann kostengünstig aus dem petrochemisch gewonnenen Ethen hergestellt werden. PE ist aufgrund seiner Beständigkeit gegenüber sauren und alkalischen Lösungen langlebig. Der Kunststoff quillt nicht in Wasser und ist praktisch wasserundurchlässig. Das Material ist nicht biologisch abbaubar. Tiere können es nicht von Nahrung unterscheiden und nehmen es daher auf und können dann verhungern, wenn es sich in ihrem Magen ansammelt. PE lässt sich sortenrein gut recyceln. Auch verbrennt PE nahezu rückstandsfrei zu Kohlenstoffdioxid und Wasser. PE ist ungiftig und lässt sich leicht zu dünnen und reißfesten Folien verarbeiten, was PE zu einem idealen Verpackungsmaterial macht.

**Polymilchsäureglycolsäure (PLGA)** ist ein Kunststoff, in dessen Makromolekülen 2-Hydroxypropansäure- und 2-Hydroxyethansäure-Einheiten miteinander verbunden sind. 2-Hydroxyethansäure wird seinerseits unter Verwendung von giftigem Chlor aus Chloressigsäure hergestellt. PLGA wird in der Medizin als biologisch abbaubares Nahtmaterial eingesetzt. Auch die Filmbildungseigenschaften sind bei PLGA ähnlich wie bei PLA. Durch Variation des Verhältnisses der beiden Monomer-Einheiten im Makromolekül lassen sich die Eigenschaften des Kunststoffes regulieren, sodass die Zersetzung des PLGA z. B. schnell im alkalischen Milieu, aber nur langsam im sauren Milieu erfolgt. Der Abbau von PLGA erfolgt schneller als der von PLA. Als Produkte entstehen beide Monomere, die ihrerseits im Stoffwechsel vollständig abgebaut werden. Das Synthese-Verfahren für PLGA ist aufwändig, weshalb PLGA in der Herstellung teurer ist als PLA. PLGA ist transparent, quellend bei Feuchtigkeit und hat einen unangenehmen Eigengeschmack.

#### verändert nach:

https://www.kunststoffe.de/a/grundlagenartikel/polylactid-pla-264462/; letzter Zugriff: 06.10.2023, verändert nach: https://www.nahtexpert.de/pga-weitere-informationen/; letzter Zugriff: 06.10.2023, verändert nach: https://specificpolymers.com/pga-pla-plga-functional-and-biodegradable-polymers/; letzter Zugriff: 09.09.2023

#### Gesamtergebnis

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Aufgabe** | **Mögliche Punkte** | **Erreichte Punkte** |
| **1.1** | **12 BE** |  |
| **1.2** | **14 BE** |  |
| **2.1** | **10 BE** |  |
| **2.2** | **19 BE** |  |
| **2.3** | **14 BE** |  |
| **3.1** | **16 BE** |  |
| **3.2** | **15 BE** |  |