|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Zentralabitur 2024** | **Chemie** | **Material für Prüflinge** |
| **Aufgabe I** | **eA** | **Prüfungszeit\*: 300 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

Inhaltsverzeichnis

[Aufgabenstellung 4](#_Toc162339271)

[Die Tablette gegen Schmerzen (100 BE) 4](#_Toc162339272)

[Material 9](#_Toc162339273)

[M1 Allgemeine Informationen zu Acetylsalicylsäure (ASS) 9](#_Toc162339274)

[M2: Synthese von Acetylsalicylsäure 12](#_Toc162339275)

[M3: Abhängigkeit des Protolysegrads von ASS vom pH-Wert 15](#_Toc162339276)

[M4: Herstellung einer ASS-Lösung 18](#_Toc162339277)

[M5: Auszug aus dem Beipackzettel von „Anti Brummschädel“ 18](#_Toc162339278)

[M6: Überprüfung der Herstellerangaben einer ASS-Tablette 20](#_Toc162339279)

[M7: Magensaftresistente Tablettenüberzüge 21](#_Toc162339280)

# Aufgabenstellung

## Die Tablette gegen Schmerzen (100 BE)

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

1.1 Stellen Sie den Reaktionsmechanismus der säurekatalysierten Acetylsalicylsäure-Synthese aus Salicylsäure und Essigsäure in Strukturformeln dar  
(**M1, M2**). Nennen Sie fachsprachlich geeignete Überschriften für die Schritte 1 bis 4 (**M2**). **[12 BE]**  
**Hinweis:** Das aromatische Ringsystem kann vereinfacht als R dargestellt werden.

1.2 Berechnen Sie die Gleichgewichtskonzentrationen für alle an der Reaktion beteiligten Teilchen sowie den prozentualen Umsatz an Salicylsäure (**M1, M2**).

Überprüfen Sie auf Basis des Prinzips von LE CHATELIER, welche Änderungen der Reaktionsbedingungen zur Erhöhung der Ausbeute an ASS geeignet sind  
(**M1, M2**). **[18 BE]**

#### 2. Analyse von Acetylsalicylsäure-Präparaten

2.1 Beschreiben Sie den in **M3** dargestellten Zusammenhang und erklären Sie daran die Ermittlung des -Wertes von ASS.

Berechnen Sie den -Wert der ASS-Lösung (**M1, M4**). **[18 BE]**

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

2.2 Erläutern Sie die Wirkung eines  
Puffers am Beispiel des im Medikament „Anti Brummschädel“ enthaltenen Puffersystems, auch unter Angabe  
von Reaktionsgleichungen (**M5**).

Begründen Sie die bessere  
Löslichkeit von ASS beim Lösen von  
„Anti Brummschädel“ in Wasser im Gegensatz zu reiner ASS (**M3, M5**).  
**[18 BE]**

2.3 Berechnen Sie den zu erwartenden Verbrauch an Salzsäure-Maßlösung (**M6**). **[8 BE]**

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

3.1 Stellen Sie die Monomere und Formelausschnitte von PLA und PE  
in Strukturformeln dar (**M7**).

Nennen Sie jeweils den Reaktionstyp  
für die Synthese von PLA und PE  
und ordnen Sie diese beiden Kunststoffe jeweils begründet einem Kunststofftyp  
zu (**M7**). **[10 BE]**

3.2 Beurteilen Sie die Eignung der vier Kunststoffe als Materialien für Überzüge von ASS-Tabletten (**M7**). **[16 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. ASS lässt sich herstellen, indem man feste Salicylsäure in Essigsäure löst und unter Zugabe geringer Mengen konzentrierter Schwefelsäure als Katalysator umsetzt. Die Reaktion verläuft exotherm. Durch anschließende Kühlung fällt ASS als Feststoff aus.

**Hinweis:** Die Strukturformel befindet sich  
auf der nächsten Seite.

**Salicylsäure-Molekül**  
pKS = 2,75

H

H

O

O

O

**Acetylsalicylsäure-Molekül**  
pKS = 3,5

H

O

O

O

O

#### Bildbeschreibung:

Die Abbildungen zeigen ein Salicylsäure- (pKs = 2,75) und Actylsalicylsäure-Molekül (pKs = 3,5) mit mehreren OH-Gruppen.

#### verändert nach:

https://de.wikipedia.org/wiki/Acetylsalicyls%C3%A4ure;  
letzter Zugriff: 09.09.2023

## M2: Synthese von Acetylsalicylsäure

Der Reaktionsmechanismus für die Herstellung von ASS aus Salicylsäure und Essigsäure kann in vier Schritte unterteilt werden, wobei alle Schritte Gleichgewichtsreaktionen sind:

1. Schritt: Ein Proton greift elektrophil am Carbonyl-Sauerstoff-Atom der Carboxy-Gruppe des Essigsäure-Moleküls an und  
es entsteht ein Carbenium-Ion, auch  
Carbo-Kation genannt.

2. Schritt: Das positiv geladene C-Atom  
des Carbenium-Ions tritt in Wechselwirkung mit der Hydroxy-Gruppe des Salicylsäure-Moleküls. Aus beiden Teilchen bildet sich  
ein Ion mit einer positiven Ladung am Sauerstoff-Atom.

3. Schritt: Nach einer Protonenumlagerung innerhalb des Moleküls kommt es zur Abspaltung eines Wasser-Moleküls.

4. Schritt: Durch Abspaltung eines Protons bildet sich ein Acetylsalicylsäure-Molekül.

Bei der Synthese von ASS handelt es sich  
um eine Gleichgewichtsreaktion. In einem beispielhaften Ansatz werden *1 mol* Salicylsäure und *4 mol* Essigsäure eingesetzt. Das Reaktionsgemisch hat ein Volumen von *230 mL* und bleibt während der Reaktion unverändert. Für die Gleichgewichtskonstante wird für die gewählten Bedingungen ein Wert von *K = 4* angenommen.

## M3: Abhängigkeit des Protolysegrads von ASS vom pH-Wert

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

#### Hinweis:

Der Graph befindet sich auf der übernächsten Seite.

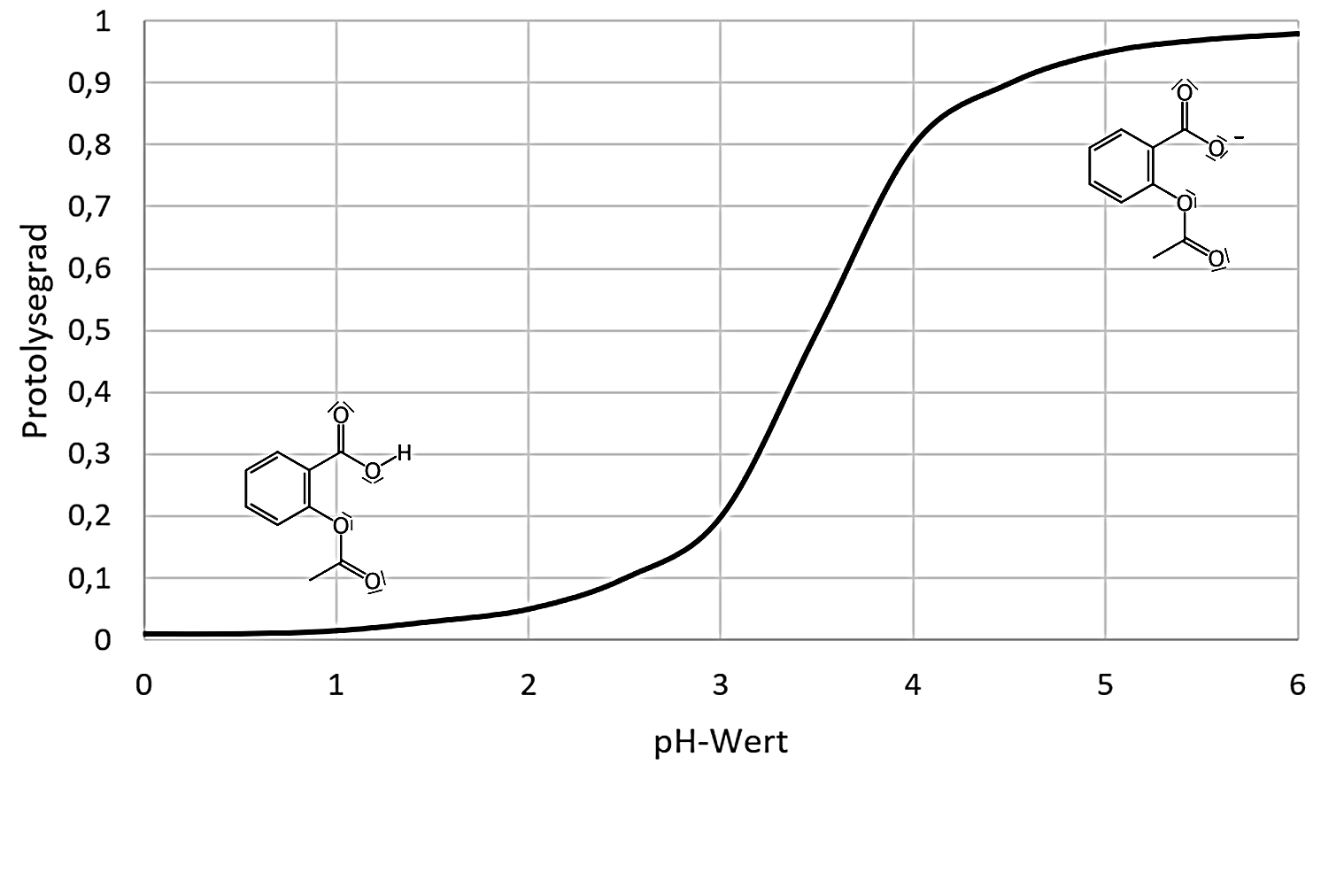
#### Bildbeschreibung:

Hinweis: Die Bildbeschreibung liefert keine exakten Werte.

Die x-Achse des Koordinatensystems beschreibt den pH-Wert von 0 bis 6.  
Der Protolysegrad der y-Achse reicht  
von 0 bis 1.

Der Graph startet im Achsenursprung, erlebt ab pH = 0,5 einen langsamen Anstieg in der Horizontalen bis 2, mit erhöhter Steigung auf 3 und einem extremen Zuwachs auf 4 und endet abflachend in 6.

Im Graphen sind zwei Strukturformeln abgebildet.



**pH-Wert**

Abhängigkeit des Protolysegrads von ASS vom *pH*-Wert

**Protolysegrad**

## M4: Herstellung einer ASS-Lösung

Im Labor werden *500 mg* ASS zur Analyse in destilliertem Wasser gelöst und die Lösung mit destilliertem Wasser auf *150 mL* aufgefüllt.

## M5: Auszug aus dem Beipackzettel von „Anti Brummschädel“

Eine Brausetablette *Anti Brummschädel* enthält *500 mg* arzneilich wirksame Acetylsalicylsäure. Die sonstigen  
Bestandteile sind Natriumcarbonat, Natriumhydrogencarbonat, Zitronenaroma  
und Zucker.

Fertigen Sie vor Gebrauch zunächst eine trinkfertige Lösung an, indem Sie eine Tablette in Wasser lösen.

Durch die einzigartige Rezeptur von *Anti Brummschädel* löst sich der Wirkstoff viel besser und gelangt so schneller durch den Magen in den Dünndarm, wo er in das Blut aufgenommen wird. So kann *Anti Brummschädel* seine schmerzstillenden, fiebersenkenden und entzündungshemmenden Eigenschaften schneller entfalten.

#### verändert nach:

https://aspregister.basg.gv.at/document/servlet?action=show&zulnr=1-24114&type=DOTC\_GEBR\_INFO;  
letzter Zugriff: 09.09.2023

## M6: Überprüfung der Herstellerangaben einer ASS-Tablette

In einer Tablette befinden sich laut Herstellerangabe des Wirkstoffes ASS. Das gewählte Präparat enthält keine weiteren für den Versuch relevanten Substanzen. Zur Überprüfung der Herstellerangaben wird die Tablette zunächst in Natronlauge der Konzentration für eine Stunde auf *60 °C* erhitzt. 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 nach dem Abkühlen die so vorbehandelte Lösung mit Salzsäure-Maßlösung titriert.

## M7: 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. Des Weiteren kann ein Schutzfilm eine Zersetzung durch Witterungseinflüsse verzögern und somit die Haltbarkeit und Lagerungsfähigkeit der Präparate erhöhen. 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 vier 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 schmilzt ab etwa und 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. Im alkalischen Milieu zerfällt

PLA hingegen vergleichsweise schnell  
in seine Monomere. PLA ist transparent, geschmacksneutral und beständig gegenüber Ölen und Fetten. Er ist empfindlich gegenüber UV-Strahlung und hat eine geringe Formbeständigkeit bei Wärmeeinwirkung. Durch Einfluss von Feuchtigkeit quillt der Kunststoff langsam auf und wird wasserdurchlässig. PLA wird im menschlichen Körper nur unvollständig abgebaut und kleine Partikel werden als sogenanntes Mikroplastik ausgeschieden. 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 sowie gegenüber  
Ölen, Fetten und vielen Witterungseinflüssen langlebig. Der Kunststoff quillt nicht in Wasser und ist 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 lässt  
sich leicht zu dünnen und reißfesten Folien verarbeiten, was PE zu einem idealen

Verpackungsmaterial macht. Da der geschmacksneutrale Kunststoff als ungiftig gilt, findet PE Anwendung als Schutzfolie und Verpackungsmaterial für Lebensmittel.

**Polyglycolsäure (PGA)** ist ein kostengünstiger, bioverträglicher  
Polyester und wird in der Medizin bereits  
als Nahtmaterial eingesetzt. PGA hat gute Verarbeitungseigenschaften und kann bei etwa *230 °C* zu dünnen Filmen verarbeitet werden. Das Makromolekül wird aus  
2-Hydroxyessigsäure (Glycolsäure) synthetisiert. Glycolsäure wird ihrerseits  
unter Verwendung von giftigem Chlor hergestellt. PGA verliert bei Kontakt mit Wasser langsamer seine mechanische

Stabilität als PLA. Das Makromolekül  
zerfällt im menschlichen Körper zunächst  
in unlösliche Fragmente und später in immer kürzere, wasserlösliche Fragmente.

Das Monomer Glycolsäure wird im Körper schließlich vollständig abgebaut. PGA ist transparent, geschmacksneutral, mäßig gegenüber Säuren beständig und hat eine höhere Formbeständigkeit bei Wärme als PLA. PGA ist gegenüber Ölen und Fetten unbeständig und empfindlich gegenüber  
UV-Strahlung.

**Polymilchsäureglycolsäure (PLGA)** ist  
ein Kunststoff, in dessen Makromolekülen Milchsäure- und Glycolsäure-Einheiten miteinander verbunden sind. Wie auch  
PLA und PGA wird PLGA in der Medizin  
als biologisch abbaubares Nahtmaterial eingesetzt. Auch die Filmbildungseigenschaften sind bei PLGA ähnlich wie bei PLA und PGA. 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. Als Produkte entstehen beide Säuren als Monomere, die ihrerseits  
im Stoffwechsel vollständig abgebaut werden. Das Synthese-Verfahren für PLGA ist aufwändig, weshalb PLGA in der Herstellung teurer ist als PLA und PGA. PLGA ist transparent, quellend bei Feuchtigkeit und

hat einen unangenehmen Eigengeschmack. Seine Schmelztemperatur und Formbeständigkeit bei Wärme ist höher  
als die von PLA.

#### 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** | **18 BE** |  |
| **2.1** | **18 BE** |  |
| **2.2** | **18 BE** |  |
| **2.3** | **8 BE** |  |
| **3.1** | **10 BE** |  |
| **3.2** | **16 BE** |  |