



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

## Abiturprüfung 2015

### Chemie, Leistungskurs

---

#### Aufgabenstellung:

##### Citronensäure in Lebensmitteln und Zahngesundheit

1. Skizzieren Sie einen beschrifteten Versuchsaufbau zur Titration des Eistees. Berechnen Sie unter Angabe einer Reaktionsgleichung für die bei der Titration ablaufende Reaktion die Konzentration der Citronensäure im untersuchten Eistee unter der vereinfachenden Annahme, dass Citronensäure als einzige Säure vorliegt. Vergleichen Sie das Ergebnis mit der Herstellerangabe. *(20 Punkte)*
2. Erläutern Sie anhand der Säure-Base-Theorie nach Brönsted die Reaktion von Citronensäure mit Wasser für die erste Protolysestufe. Erläutern Sie das Protolysediagramm der Citronensäure bei den pH-Werten 2, 4, 6 und 8. Begründen Sie, welche der angegebenen Indikatoren zur Titration bei Versuch 1 geeignet sind. *(18 Punkte)*
3. Geben Sie Reaktionsgleichungen für die ablaufenden Reaktionen im Versuch 2 an. Erklären Sie unter Berücksichtigung des Protolysediagramms und der  $pK_S$ -Werte der Citronensäure, in welchen Protolysestufen die Citronensäure des Bonbons im Versuch 2 nach Zugabe von  $V(\text{NaHCO}_3) = 20 \text{ mL}$  überwiegend vorliegt. *(16 Punkte)*
4. Erläutern Sie, welche Auswirkung das Kauen eines citronensäurehaltigen Fruchtgummis auf den pH-Wert des Speichels sowie auf das Hydroxylapatit des Zahnschmelzes hat. Begründen Sie, warum ein geringer pH-Wert der Zahnpasten die Fluorapatitbildung begünstigt. *(12 Punkte)*

#### Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



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

### Fachspezifische Vorgaben:

Einige Süßwaren und Getränke wie saure Drops, saure Weingummiprodukte oder Eistee enthalten neben Zucker auch einen hohen Anteil an Citronensäure.

Citronensäure ist eine dreiprotonige Säure, die in wässriger Lösung in verschiedenen Protolysestufen vorliegt, wie das folgende Diagramm zeigt.

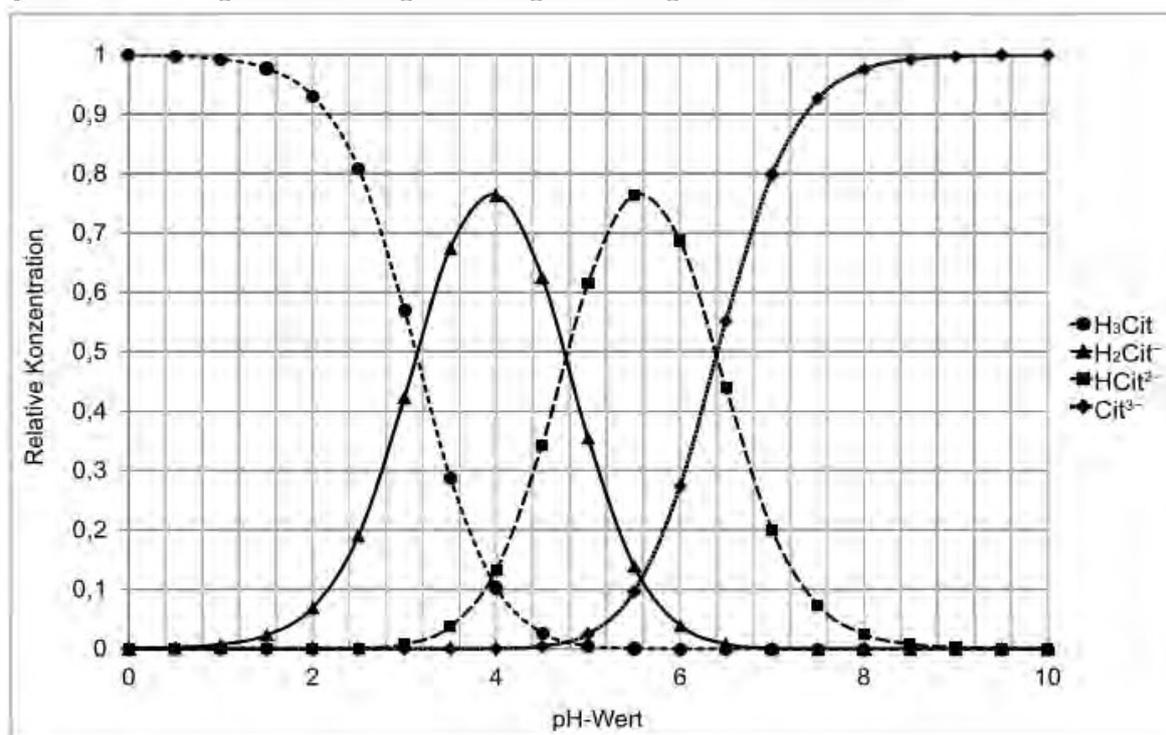


Abbildung 1: Protolysediagramm der Citronensäure

Citronensäure ist als Zusatzstoff für Lebensmittel zugelassen. Ein Volumen von  $V = 100$  mL eines handelsüblichen Eistees enthält laut Herstellerangaben etwa 250 mg Citronensäure und 8 g Zucker. In einem Versuch wurde der Citronensäuregehalt von Eistee bestimmt.

#### Versuch 1:

Ein Volumen von  $V = 10$  mL Eistee wurde mit destilliertem Wasser auf ca. 100 mL aufgefüllt, mit einem Indikator versetzt und mit Natronlauge ( $c(\text{NaOH}) = 0,1$  mol/L) vollständig titriert. Es wurden  $V(\text{NaOH}) = 3,5$  mL Natronlauge bis zum Farbumschlag verbraucht.

Zucker- und citronensäurehaltige Getränke können die Bildung von Karies fördern. Zahnschmelz besteht weitgehend aus Hydroxylapatit,  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ , der härtesten Substanz unseres Körpers, die aber durch Säuren angegriffen werden kann. Bei pH-Werten des Speichels von  $\text{pH} < 5,5$  kann Zahnschmelz angelöst werden, wobei Calcium- und Hydrogenphosphat-Ionen in Lösung gehen:





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

Speichel, der Hydrogencarbonat-Ionen enthält, kann diesem Prozess entgegenwirken. Für die Reaktion eines solchen Speichels mit Citronensäure wurde folgender Versuch durchgeführt.

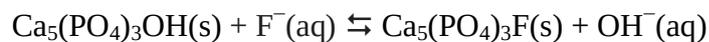
**Versuch 2:**

Verschiedene Volumina Natriumhydrogencarbonat-Lösung ( $c(\text{NaHCO}_3) = 20 \text{ mmol/L}$ ) wurden mit jeweils einem citronensäurehaltigen Bonbon versetzt. Nach dem Auflösen des Bonbons unter Gasentwicklung wurde der pH-Wert gemessen.

Ergebnis:

$V(\text{NaHCO}_3)$	20 mL	40 mL	60 mL
pH-Wert der Lösung nach Auflösen eines citronensäurehaltigen Bonbons	3,70	5,28	6,01

Zur Härtung von Zahnschmelz enthalten viele Zahnpasten Fluorid-Ionen. Diese können in den Zahnschmelz eingebaut werden, es entsteht Fluorapatit:



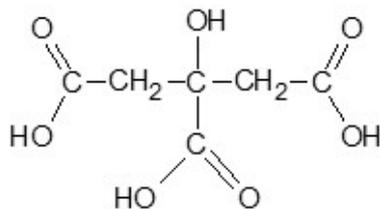
Viele Fluorid-Ionen-haltige Zahnpasten haben einen pH-Wert kleiner als 7, die Fluorapatitbildung kann dadurch begünstigt werden.



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

**Zusatzinformationen:**

Strukturformel der Citronensäure:



Bei der Bearbeitung der vorliegenden Aufgabe können für Citronensäure die vereinfachte Formel  $H_3Cit$  sowie für die Dihydrogencitrat-, Hydrogencitrat- und Citrat-Ionen die vereinfachten Formeln  $H_2Cit^-$ ,  $HCit^{2-}$  und  $Cit^{3-}$  benutzt werden.

$$M(H_3Cit) = 192,13 \text{ g/mol}$$

$$pK_S\text{-Werte der Citronensäure: } pK_{S1} = 3,1; \quad pK_{S2} = 4,8; \quad pK_{S3} = 6,4$$

Tabelle: Farbumschlag und Umschlagbereiche ausgewählter Indikatoren

Indikator	Farbumschlag	pH-Bereich
Methylorange	rot-orangegelb	3,1 – 4,4
Methylrot	rot-gelb	4,4 – 6,2
Bromthymolblau	gelb-blau	6,0 – 7,6
Thymolblau (Base)	gelb-blau	8,0 – 9,6
Phenolphthalein	farblos-rot	8,2 – 10,0