

Gemeinsame Abituraufgabenpools der Länder

Beispielaufgaben

Aufgabe für das Fach Chemie

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Chemische Peelings
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	♦ Stoffe, Strukturen, Eigenschaften ♦ Verbindungen mit funktionellen Gruppen ♦ Hydroxy-, Carboxygruppe ♦ Strukturen ausgewählter organischer und anorganischer Stoffe ♦ inter- und intramolekulare Wechselwirkungen ♦ Chemische Reaktionen ♦ Protonenübergänge ♦ Säure-Base-Konstanten ♦ pH-Wert-Berechnungen ♦ Gleichgewichtsreaktionen ♦ Prinzip von Le Chatelier ♦ Arbeitsweisen ♦ Quantitative und instrumentelle Analyse ♦ Säure-Base-Titration (mit Titrationskurve) ♦ ein Verfahren der instrumentellen Analyse (Konduktometrie, hier mit sensor- und computergestütztem Messwerterfassungssystem)
Materialien	♦ M 1 Materialliste für Experiment ♦ M 2 Chemische Peelings ♦ M 3 Molare Ionenäquivalentleitfähigkeiten bei unendlicher Verdünnung bei 25 °C ♦ M 4 Wirkung eines Peelings laut Werbung
Quellenangaben	♦ M 1: Aylward, G. H. & Findlay, T. J. V. (2014). <i>Datensammlung Chemie in SI-Einheiten</i>. Weinheim: Wiley-VCH. ♦ M 2, Text: Im Auftrag des IQB erstellt, in Anlehnung an Beiersdorf Ges. mbH (2020). <i>Chemische Peelings</i>. Verfügbar unter: https://www.eucerin.at/ueber-haut/haut-wissenswertes/chemische-peelings (Zugriff am 21.10.2020)

Quellenangaben	♦ M 3: Aylward, G. H. & Findlay, T. J. V. (2014). <i>Datensammlung Chemie in SI-Einheiten</i>. Weinheim: Wiley-VCH; ♦ Lide, D. R. et al. (2006). <i>CRC Handbook of chemistry and physics</i>. Boca Raton: Taylor & Francis. ♦ M 4: Hartmann, M. (2018). Chemisches Peeling: Von AHA bis PHA. <i>Elle. Beauty. Hautpflege</i>. München. 19. März 2018. Verfügbar unter: https://www.elle.de/chemische-peelings (Zugriff am 30.03.2021) ♦ Alle weiteren Materialien und Abbildungen wurden im Auftrag des IQB erstellt.
Hilfsmittel	♦ Taschenrechner ♦ Formelsammlung ♦ Experimentiermaterial ♦ sensor- und computergestütztes Messwerterfassungssystem für eine konduktometrische Titration (mit Drucker)
zusätzliche inhaltliche und methodische Voraussetzungen	♦ Aufnehmen und Auswerten von Titrationskurven (Konduktometrie mit starken und schwachen Säuren) ♦ Struktur-Eigenschaftsbeziehungen (Säurestärke) ♦ chemisches Rechnen (Massenberechnung, Stoffmengenkonzentration)
fachpraktischer Anteil	☒ ja ☐ nein Zeitzuschlag: 25 min
Hinweise	♦ Material- und Durchführungshinweise ♦ Ersatzwerte und -beobachtungen ♦ Beobachtungsbogen ♦ DEGINTU Versuchsbeschreibung und Gefährdungsbeurteilung (pdf)

1 Aufgabe

Chemische Peelings

Ein Peeling oder eine Schälkur ist eine kosmetische Behandlung, bei der oberflächliche Schichten der Haut flächig entfernt werden. Dabei unterscheidet man mechanisches und chemisches Peeling oder Peeling mithilfe von Lasern. Bei chemischen Peelings wird u. a. Milchsäure (2-Hydroxypropansäure) verwendet. Nachfolgend sollen chemische Peelingmittel näher betrachtet werden.

	BE
1 Im Rahmen einer Qualitätskontrolle soll im Labor mithilfe einer konduktometrischen Titration die Konzentration einer Milchsäurelösung bestimmt werden. Führen Sie diese konduktometrische Titration in Schritten von jeweils 1 mL durch. Zur Verfügung stehen Ihnen die Geräte und Chemikalien aus M 1. Berechnen Sie, ausgehend von einer selbst erstellten Titrationskurve, die Konzentration der Analysenlösung. Beurteilen Sie die Eignung dieser Lösung für den Einsatz als oberflächliches Peeling (M 2). <i>Hinweis: Sollten Sie die Titrationskurve nicht ermitteln können, wird Ihnen diese bei Bedarf von der aufsichtführenden Lehrkraft zur Verfügung gestellt. Sie erhalten aber keine der hierfür vorgesehenen fünf Bewertungseinheiten.</i>	14
2 Erklären Sie, auch mithilfe von M 3 und Reaktionsgleichungen in Halbstrukturformelschreibweise, den Verlauf der Titrationskurve aus Aufgabe 1 auf Teilchenebene.	8
3 Es soll eine Lösung für 100 mL eines Milchsäure-Peelings mit dem pH-Wert von 3,5 hergestellt werden. Berechnen Sie die Masse an Milchsäure, die dafür benötigt wird.	3
4 Die in M 2 genannten Wirkstoffe verhalten sich unterschiedlich stark ätzend und dürfen daher teilweise nur von Fachleuten in Behandlungen eingesetzt werden. Leiten Sie aus der Struktur des Milchsäure- sowie des Trichloressigsäure-Moleküls deren unterschiedlichen Säurestärken ab.	6
5 Beurteilen Sie aus chemischer Sicht die drei Aspekte der Aussage in M 4 und formulieren Sie diese Aussage fachlich korrekt.	9

2 Material

Material 1

Materialliste für Experiment

Folgende Geräte und Materialien stehen Ihnen am Laborplatz für den Versuch zur konduktometrischen Titration zur Verfügung.

Geräte

- ◆ sensor- und computergestütztes Messwerterfassungssystem (bereits aufgebaut, ausschließlich mit Ausgabe einer Wertetabelle)
- ◆ Bürette
- ◆ Stativ
- ◆ Leitfähigkeitselektroden
- ◆ Trichter
- ◆ Becherglas
- ◆ Messzylinder
- ◆ Magnetrührer mit Rührfisch (sofern vorhanden)

Chemikalien

- ◆ Milchsäure, $V = 25 \text{ mL}$
- ◆ Maßlösung (Natriumhydroxid-Lösung $c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$), $V = 10 \text{ mL}$
- ◆ Wasser (demineralisiert)

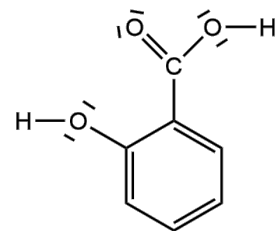
Werte: Aylward & Findlay, 2014, S. 155.

Material 2

Chemische Peelings

Beim chemischen Peeling unterscheidet man folgende drei Arten:

- ◆ oberflächliches Peeling
Es ist für den Hausgebrauch gedacht und kann in Drogeriemärkten gekauft werden. Es handelt sich um Lösungen, deren pH-Wert zwischen 3 und 5 liegt. Eingesetzt wird dafür z. B. Milchsäure (2-Hydroxypropansäure: $pK_s = 3,9$; Schmelztemperatur $17 \text{ }^\circ\text{C}$). Geeignet ist es unter anderem für die Verbesserung der Hauteigenschaften oder zur Reduktion von kleinen Narben.
- ◆ mitteltiefes Peeling
Die Anwendung erfolgt nur durch Ärzte, etwa bei größeren Narben und Fältchen. Als Mittel wird dabei z. B. Trichlorethansäure ($pK_s = 0,65$; Schmelztemperatur $59 \text{ }^\circ\text{C}$) verwendet.
- ◆ tiefes Peeling
Es darf nur von Ärzten angewandt werden, wobei z. B. Salicylsäure (2-Hydroxybenzencarbonsäure; $pK_s = 2,75$; Schmelztemperatur $159 \text{ }^\circ\text{C}$) genutzt wird. Diese Art ist besonders effektiv bei Hautunreinheiten, wie z. B. Mitessern.



Quelle: IQB, in Anlehnung an Beiersdorf Ges. mbH, 2020.

Abb. 1: Strukturformel der Salicylsäure, IQB.

Material 3

Tab. 1: Molare Ionenäquivalentleitfähigkeiten bei unendlicher Verdünnung bei 25 °C

Ionen	Ionenäquivalentleitfähigkeit Λ_{∞} in $\text{S}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{mol}^{-1}$
Oxonium-Ion (H_3O^+)	350
Hydroxid-Ion (OH^-)	199
Natrium-Ion (Na^+)	50
Lactat-Ion (Milchsäure-Anion)	39

Quelle: Aylward & Findlay, 2014, S. 155 und Lide et al., 2006.

Material 4

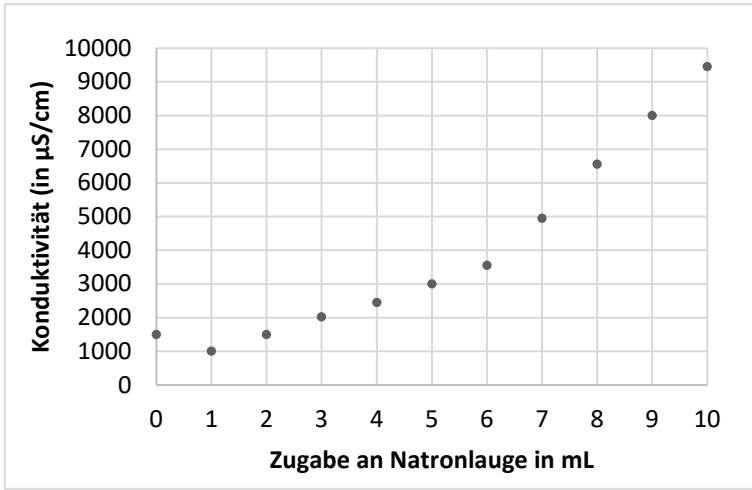
Wirkung eines Peelings laut Werbung

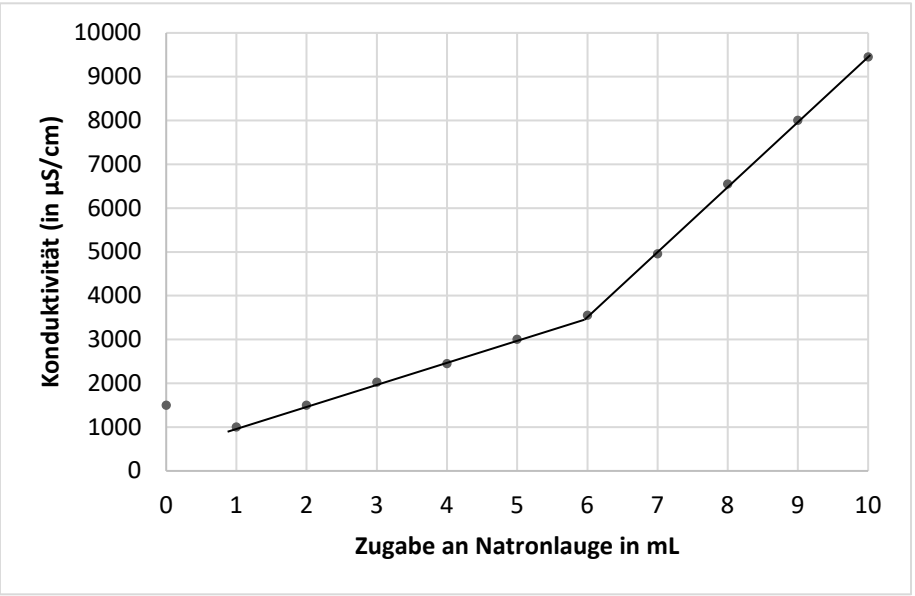
In einer Zeitschrift wird die Wirkung eines Peelingmittels wie folgt beschrieben: „Salicylsäure befreit die Hautporen von Fett, indem sie dieses wie ein Magnet anzieht und aus den Poren lockt.“

Quelle: IQB, in Anlehnung an Hartmann, 2018.

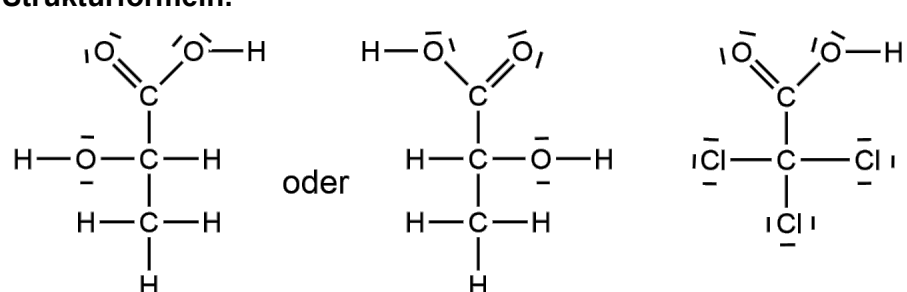
3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	<i>Im Rahmen einer Qualitätskontrolle soll im Labor mithilfe einer konduktometrischen Titration die Konzentration einer Milchsäurelösung bestimmt werden.</i> <i>Führen Sie diese konduktometrische Titration in Schritten von jeweils 1 mL durch. Zur Verfügung stehen Ihnen die Geräte und Chemikalien aus M 1.</i> <i>Berechnen Sie, ausgehend von einer selbst erstellten Titrationskurve, die Konzentration der Analysenlösung.</i> <i>Beurteilen Sie die Eignung dieser Lösung für den Einsatz als oberflächliches Peeling (M 2).</i> Die Lernenden ... S 17 wenden bekannte mathematische Verfahren auf chemische Sachverhalte an; E 5 führen qualitative und quantitative experimentelle Untersuchungen – den chemischen Arbeitsweisen und Sicherheitsregeln entsprechend – durch, protokollieren sie und werten diese aus; E 6 nutzen digitale Werkzeuge [...] zum Aufnehmen, Darstellen und Auswerten von Messwerten [...]. Durchführung laut Beobachtungsbogen Beobachtung: Wertetabelle Titrationsskurve zeichnen: 	4		
		1		

	Auswertung: Ausgleichsgeraden einzeichnen  Äquivalenzpunkt bestimmen: bei ca. 6 mL Konzentration: Ansatz: $n_1 = n_2$ $c_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})} = c_{(\text{MS})} \cdot V_{(\text{MS})}$ $c_{(\text{MS})} = \frac{c_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})}}{V_{(\text{MS})}}$ Rechnung: $c_{(\text{MS})} = \frac{0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 6 \text{ mL}}{25 \text{ mL}}$ Ergebnis: $c_{(\text{MS})} = 0,12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ pH-Wert: Ansatz: $\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{pK}_s - \log c_{(\text{HA})})$ Rechnung: $\text{pH} = \frac{1}{2} (3,90 - \log 0,12)$ Ergebnis: $\text{pH} \approx 2,41$ Beurteilung: Die Konzentration der Milchsäure ist ungeeignet, um damit ein oberflächliches (chemisches) Peeling herzustellen, weil der Wert nicht zwischen 3 und 5 liegt. <i>Auch eine Lösung über eine Konzentrationsberechnung ist möglich.</i>	1	1	
2	Erklären Sie, auch mithilfe von M 2 und Reaktionsgleichungen in Halbstrukturformelschreibweise, den Verlauf der Titrationskurve aus Aufgabe 1 auf Teilchenebene. Die Lernenden ... S 3 interpretieren Phänomene der Stoffumwandlung [...] bei chemischen Reaktionen; K 10 erklären chemische Sachverhalte und argumentieren fachlich schlüssig.			

	Reaktionsgleichung für die Protolyse der Milchsäure: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OHCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OHCOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ Reaktionsgleichung der Neutralisationsreaktion: $\text{Na}^+ + \text{OH}^- + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OHCOO}^- \rightarrow$ $\text{H}_2\text{O} + \text{Na}^+ + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OHCOO}^-$ Starker Abfall der Leitfähigkeit zu Beginn der Titration: ♦ vor Zugabe von Natronlauge: Aufgrund der Dissoziation der Milchsäure in Hydronium- (bzw. Oxonium-) und Lactat-Ionen existiert eine gewisse Leitfähigkeit. ♦ Nach dem ersten Zusatz von Natronlauge entstehen aus den Hydronium-Ionen sofort durch Neutralisation Wasser-Moleküle. In der Lösung verbleiben Natrium- und Lactat-Ionen, die Anzahl der Ionen bleibt also gleich. ♦ Da Natrium-Ionen eine kleinere Ionenäquivalentleitfähigkeit besitzen als die zu Beginn vorhandenen Hydronium-Ionen, sinkt die Leitfähigkeit insgesamt zunächst relativ stark ab. (Die durch die Neueinstellung des Gleichgewichtes hinzukommenden Hydronium-Ionen werden während der Titration durch die Hydroxid-Ionen sofort neutralisiert.) <i>Hinweis für die Lehrkraft: Aufgrund obiger Vorgänge wurden in der Titrationskurve die Punkte bei 0 mL und 1 mL nicht verbunden, da diese durch die großen 1 mL-Schritte nicht differenziert erfasst werden.</i> Flacherer Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit vor dem Äquivalenzpunkt: ♦ stetig hinzukommende Natrium-Ionen, ♦ permanent (wegen einer Neueinstellung der Gleichgewichtslage) gebildete Lactat-Ionen, ♦ daher insgesamt Erhöhung der Zahl der leitfähigen Ionen. Äquivalenzpunkt bei 6 ml Natronlauge-Zugabe. ♦ Hier ist die gesamte Milchsäure neutralisiert. Steilerer Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit nach dem Äquivalenzpunkt: ♦ Weil die Milchsäure vollständig reagiert hat, verbleiben die hinzugegebenen Hydroxid-Ionen in der Lösung. ♦ Dadurch ergibt sich eine stetige Zunahme der Gesamtzahl der Ionen durch Natrium- und Hydroxid-Ionen, letztere besitzen eine vergleichsweise hohe Ionenäquivalentleitfähigkeit.	1		
		1		
			1	1
			1	1
			1	1
3	<i>Es soll eine Lösung für 100 mL eines Milchsäure-Peelings mit dem pH-Wert von 3,5 hergestellt werden.</i> <i>Berechnen Sie die Masse an Milchsäure, die dafür benötigt wird.</i> Die Lernenden ... S 17 wenden bekannte mathematische Verfahren auf chemische Sachverhalte an.			

	Ansatz: $\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_{\text{S}} - \lg c(\text{HA}))$ $3,5 = \frac{1}{2} (3,9 - \lg c(\text{Milchsäure}))$ $3,1 = -\lg c(\text{Milchsäure})$ Lösung: $c(\text{Milchsäure}) \approx 0,0008 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ in 100 mL: $m = 0,00008 \text{ mol} \cdot 90 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\approx 0,007 \text{ g}$ <i>Hinweis für die Lehrkraft: Bei einer Berechnung über das MWG erhält man einen Wert von 0,01 g, der dann ebenfalls als vollständig richtig zu werten ist.</i>	1	1	
4	Die in M 2 genannten Wirkstoffe verhalten sich unterschiedlich stark ätzend und dürfen daher teilweise nur von Fachleuten in Behandlungen eingesetzt werden. Leiten Sie aus der Struktur des Milchsäure- sowie des Trichloressigsäure-Moleküls deren unterschiedlichen Säurestärken ab. Die Lernenden ... S 2 leiten Voraussagen über die Eigenschaften der Stoffe auf Basis chemischer Strukturen und Gesetzmäßigkeiten begründet ab; K 9 verwenden Fachbegriffe und -sprache korrekt. Strukturformeln:  <i>Hinweis für die Lehrkraft: D- oder L-Form, Stereochemie muss vom Prüfling nicht beachtet werden</i> Ableiten: ♦ bei beiden Säure-Molekülen: Die Abspaltung des Protons aus der Carboxy-Gruppe ist verantwortlich für die Säureeigenschaft. ♦ beim Milchsäure-Molekül: Die Hydroxy-Gruppe übt einen elektronenziehenden Effekt aus und beeinflusst die Acidität. (Der elektronenschiebende Effekt der endständigen Methyl-Gruppe kann hier vernachlässigt werden.) ♦ beim Trichloressigsäure-Molekül: Die drei Chlor-Atome üben jeweils einen elektronenziehenden Effekt aus. ♦ Die drei elektronenziehenden Effekte der Chlor-Atome führen zu einem stärkeren Elektronenzug auf das Wasserstoff-Atom als die Hydroxy-Gruppe allein und erleichtern daher die Protolyse in zunehmendem Maße. Daher ist die Trichloressigsäure die stärkere Säure.	2		
			4	

	<i>Hinweis für die Lehrkraft: Der Begriff induktiver Effekt kann, muss aber nicht genannt werden.</i>			
5	<i>Beurteilen Sie aus chemischer Sicht die drei Aspekte der Aussage in M 4 und formulieren Sie diese Aussage fachlich korrekt.</i> Die Lernenden ... S 2 leiten Voraussagen über die Eigenschaften der Stoffe auf Basis chemischer Strukturen [...] begründet ab; K 6 unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache; B 1 betrachten Aussagen [...] aus unterschiedlichen Perspektiven und beurteilen diese sachgerecht auf der Grundlage chemischer Kenntnisse. Beurteilen: mögliche Schülerantworten (jeweils das zu fällende Urteil und das dazugehörige fachliche Kriterium): ♦ Die Löslichkeit von Fett-Molekülen in Salicylsäure-Lösung ist prinzipiell möglich, da der unpolare Molekülteil (Phenylrest/Benzolrest) der Salicylsäure mit unpolaren Fett-Molekülen intermolekulare Wechselwirkungen ausbilden kann. ♦ Die Formulierung in Material 4 ist fachsprachlich nicht korrekt, da hier eine gegenseitige Anziehung vorliegt, das „Locken“ aber nur von einer Seite ausgeht. ♦ Die Wechselwirkung kann man zwar ähnlich wie eine magnetische Anziehung ansehen, aber wichtig ist, zu bedenken, dass die Moleküle keine magnetischen Eigenschaften besitzen. Formulieren: z. B.: „Eine Lösung von Salicylsäure entfernt Fett aus den Hautporen, weil die gelöste Salicylsäure und das Fett aufgrund von zwischenmolekularen Kräften, die zwischen den Teilchen wirken, miteinander wechselwirken und so das Fett mit der Lösung aus den Poren transportiert wird.“		3	3
	Summe	12	22	6
	Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent	30	55	15

4 Standardbezug

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	17	5, 6		
2	3		10	
3	17			
4	2		9	
5	2		6	1

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster¹ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

¹ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.

6 Material und Durchführungshinweise

Versuch „konduktometrische Titration“

Folgende Geräte und Materialien stehen den Prüflingen am Laborplatz für den Versuch zur konduktometrischen Titration zur Verfügung.

Geräte

- ◆ sensor- und computergestütztes Messwerterfassungssystem
(bereits aufgebaut, ausschließlich mit Ausgabe einer Wertetabelle)
- ◆ Bürette
- ◆ Stativ
- ◆ Leitfähigkeitselektroden
- ◆ Trichter
- ◆ Becherglas
- ◆ Messzylinder
- ◆ Magnetrührer mit Rührfisch (sofern vorhanden)

Chemikalien

- ◆ Milchsäure, $V = 25 \text{ mL}$
- ◆ Maßlösung (Natriumhydroxid-Lösung $c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$), $V = 10 \text{ mL}$
- ◆ Wasser (demineralisiert)
{Der Zusatz von Wasser ist ggf. notwendig, damit die Messstelle des Sensors vollständig in die Lösung eintaucht.}

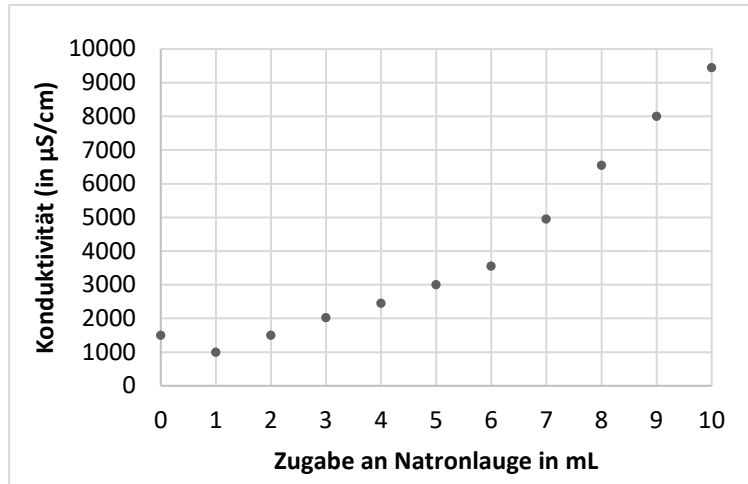
Durchführungshinweise

Die Geräte und Chemikalien müssen im Vorfeld bereitgestellt werden, das Messwerterfassungssystem ist dabei schon aufzubauen und so einzustellen, dass ausschließlich eine Wertetabelle (und keine Titrationskurve) von diesem System ausgegeben wird.

Der Aufbau des Versuchs und die Titration selbst sind von den Prüflingen eigenständig durchzuführen.

7 Ersatzmesswerte

Titrationsskurve mit Messwerten¹



¹ Sie kann vom Prüfling angefordert werden, er erhält dann aber 5 BE weniger.

8 Beobachtungsbogen

Protokoll zur Erfassung der Versuchsdurchführung des Prüflings

Prüfling		
Datum, Raum		
Uhrzeit	Versuchsbeginn:	Versuchsende:
Fach, Kurs	Fach:	Kurs:
Prüfer*in	Frau/Herr	
Betreuende Lehrkraft	Frau/Herr	

Experiment	„Chemische Peelings“, Teilaufgabe 1
Durchführung des Experimentes (4 BE)	<i>Kriterien sind:</i> zielgerichtetes Vorgehen korrektes Experimentieren, hier z. B. ♦ Ablesen des Meniskus in Augenhöhe ♦ kontrolliertes Zutropfen der Maßlösung ♦ Abspülen der Elektroden Beachtung von Sicherheitsrichtlinien, hier z. B.: ♦ Verwendung der Schutzbrille ♦ Befüllen der Bürette nicht über Augenhöhe und mit Trichter ♦ Ausschalten der Geräte
Beobachtungen/ Messergebnisse	vom Prüfling selbständig ermittelt ☐ vom Prüfling angefordert ☐

Datum, Unterschrift der betreuenden Lehrkraft

Aufgrund des Protokolls der Versuchsdurchführung erhält der Prüfling: _____
Anzahl BE von 4 BE