





Station 2: Wieviel Zucker enthält der Honig?

– Quantitative Gesamtzuckerbestimmung [1] –

Geräte und Chemikalien:

Erlenmeyerkolben (300 ml), Messkolben mit Schraubdeckel (250 ml), Glastrichter, Faltenfilter, Messzylinder (100 ml), Stativ (2 x), Stativklemme (3 x), Erlenmeyerkolben mit Schliff (300 ml), Heizplatte/Magnetrührer (2 x), Laborhebebühne, Schliffklammer NS 29, Rückflusskühler, Wasserschlauch (2x), Schlauchschellen (3x), Siedesteinchen, Stoppuhr, Plastischüssel, Waage, Spatel, Becherglas (50 ml), Bürette (25 ml), Vollpipetten (2 x 25 ml, 2 x 5 ml), Messpipette (5 ml), Glastrichter (klein), Rührfisch, Einmalpipette, Taschenrechner zur Auswertung

Eingesetzte Stoffe	Gefahrensymbole	H- und P-Sätze
destilliertes Wasser	-	-
Honig	-	-
Carrez-Lösung I	-	H: 412 P: 273 EUH: 032
Carrez-Lösung II		H: 302 – 319 – 410 P: 273 – 305+351+338 – 501
Luff'sche Lösung		H: 302 – 315 – 318 – 319 – 410 – 411 P: 273 – 280 – 305+351+338
Kaliumiodid		H: 302 – 315 – 319 P: 305+351+338
25%ige Schwefelsäure		H: 290 – 314 P: 280 – 301+330+331 – 305+351+338 – 309+310
Stärke-Lösung	-	-
Natriumthiosulfat-Lösung ($c = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$)	-	-
Eis	-	-

Probenvorbereitung:

Da bestimmte Bestandteile im Honig die Ausfällung von Kupfer(I)-oxid beeinflussen können, müssen diese zunächst abgetrennt werden. Hierfür werden exakt 5 g Honig in einem Becherglas in 150 ml destilliertem Wasser gelöst und in einen 250ml-Messkolben überführt. Die Lösung wird mit 5 ml der Carrez-Lösung I versetzt und kräftig geschüttelt. Nach Zugabe von 5 ml der Carrez-Lösung II wird erneut geschüttelt, der Messkolben bis zur 250 ml-Marke mit destilliertem Wasser aufgefüllt und für ca. eine Minute stehen gelassen. Die Lösung wird anschließend über einen Faltenfilter filtriert.

Durchführung: (Wiederholung des Ablaufs im Blindversuch mit Wasser ohne Honig)

- a) **Oxidation der reduzierenden Zucker mit Kupfer(II)-Ionen:** Zunächst werden 2,5 ml der Carrez-geklärten Honig-Lösung mit destilliertem Wasser auf 25 ml aufgefüllt und in einen Erlenmeyerkolben mit Schliff überführt. Anschließend werden 25 ml Luff'sche Lösung zugefügt. (**Achtung! Im Abzug arbeiten und Schutzhandschuhe tragen!**) Nach Zugabe von fünf Siedesteinchen wird die Lösung auf einer vorgeheizten(!) Heizplatte unter Rückfluss in zwei Minuten bis zum Sieden erhitzt (vgl. Abb. 1). Nach einer Siedezeit von exakt zehn Minuten wird das Gemisch in einem Eiswasserbad gekühlt.
- b) **Iodometrische Titration des Kupfer(II)-Überschusses:** Ist die Probenlösung erkaltet, so werden 3 g Kaliumiodid sowie 25 ml 25%ige Schwefelsäure unter vorsichtigem Umschwenken zugegeben. Nach der Zugabe von circa 3 ml Stärke-Lösung wird mit einer 0,1-molaren Natriumthiosulfat-Maßlösung bis zum Verschwinden der Blaufärbung titriert (vgl. Abb. 1).

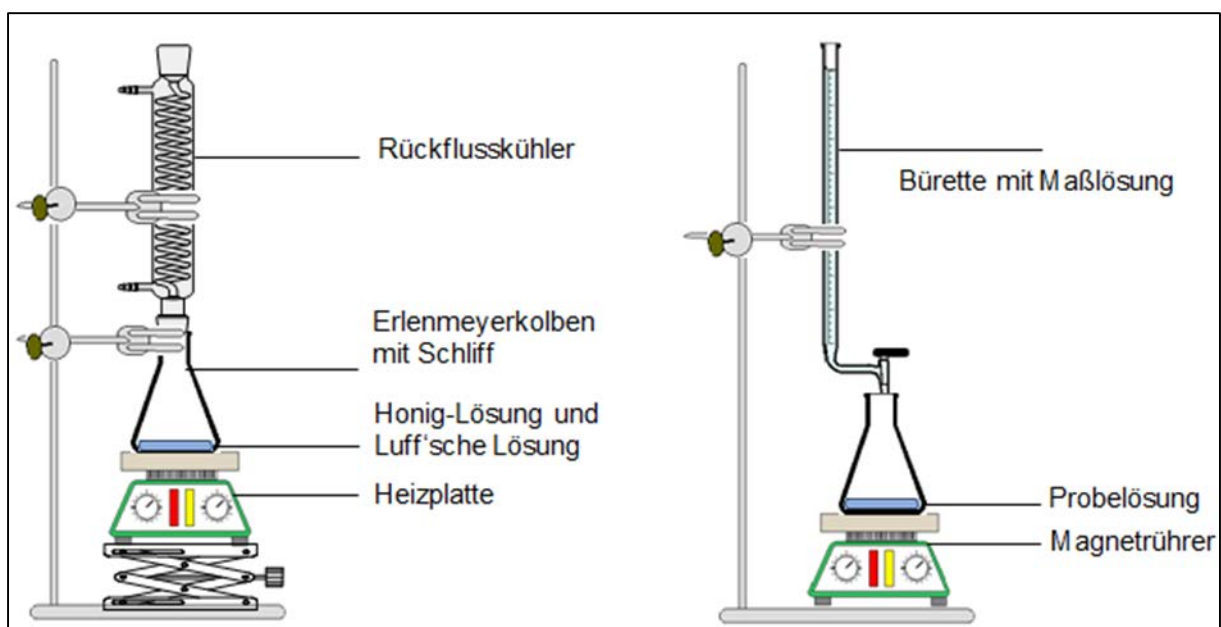


Abb. 1: Versuchsaufbau zum Erhitzen unter Rückfluss (links) und zu Titration (rechts)

Beobachtung:

- Durch Zusammenführen der Carrez-geklärten Honig-Lösung und dem Luff'schen Reagenz entsteht eine blaue Lösung. Aus dieser fällt beim Erhitzen ein rotbrauner Niederschlag aus.
- Nach der Zugabe von Kaliumiodid und verdünnter Schwefelsäure ist ein Farbumschlag nach orange-braun zu erkennen. Durch Zugabe der Stärke-Lösung entsteht eine blau-schwarze Färbung. Bei der Titration mit Natriumthiosulfat-Lösung verschwindet die blau-schwarze Färbung und die Lösung wird milchig grau. Der Verbrauch an Natriumthiosulfat-Lösung beträgt ca. 8,7 ml, bei der Blindprobe liegt der Verbrauch bei ca. 23,6 ml.

Deutung:

- Die Blaufärbung ist auf das Vorhandensein von Kupfersulfat zurückzuführen. Bei dem rot-braunen Niederschlag handelt sich um Kupfer(I)-oxid (vgl. Station 1).
- Die Iodid- und die Kupfer(II)-Ionen reagieren in einer Redoxreaktion zu Iod und Kupfer(I)-iodid. Nach Zugabe der Stärke-Lösung bildet sich eine tiefblaue Einschlussverbindung (vgl. Station 3). Durch Titration mit der Natriumthiosulfat-Lösung wird das Iod wieder zu Iodid reduziert, wodurch die Einschlussverbindung abgebaut wird. Die relevanten Reaktionsgleichungen dieser Methode nach Luff-Schoorl [1] sind in Abb. 2 dargestellt.

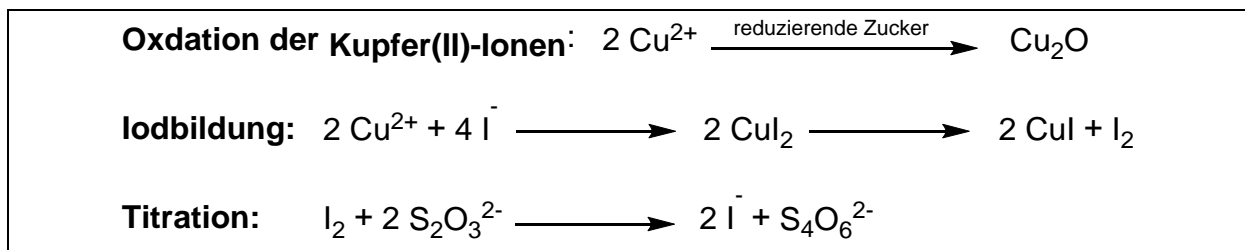


Abb. 2: Reaktionsgleichungen der Methode nach Luff- Schoorl [1]

Auswertung:

Der korrigierte Verbrauch an Natriumthiosulfat-Lösung $V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ in ml wird berechnet, indem man den Verbrauch im Versuch vom Verbrauch bei der Blindprobe abzieht:

$$V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)_{\text{Blindprobe}} - V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)_{\text{Hauptversuch}}$$

Der Zuckergehalt kann anschließend für den so berechneten Verbrauch aus Tabelle 1 abgelesen werden. In der titrierten Probe liegen damit ca. 38,5 mg Invertzucker vor. Bei der Carrez-Klärung wurden 5 g Honig in insgesamt 250 ml destilliertem Wasser gelöst. Da exakt 2,5 ml dieser Honig-Lösung im Versuch eingesetzt wurden, liegen in der titrierten Probe 50 mg Honig vor. Somit enthalten 50 mg Honig ca. 38,5 mg Glucose und Fructose, dies entspricht etwa 77 %.

Tab. 1: Ermittlung des Gehalts an reduzierendem Zucker [1]

V(Na ₂ S ₂ O ₃) in [ml]	Invertzucker (Glucose und Fructose in gleichem Anteil) in [mg]	Lactose, wasserfrei in [mg]	Maltose, wasserfrei in [mg]
1	2,4	3,6	3,9
2	4,8	7,3	7,8
3	7,2	11,0	11,7
4	9,7	14,7	15,6
5	12,2	18,4	19,6
6	14,7	22,1	23,5
7	17,2	25,8	27,5
8	19,8	29,5	31,5
9	22,4	33,2	35,5
10	25,0	37,0	39,5
11	27,6	40,8	43,5
12	30,3	44,6	47,5
13	33,0	48,4	51,6
14	35,7	52,2	55,7
15	38,5	56,0	59,8
16	41,3	59,9	63,9
17	44,2	63,8	68,0
18	47,1	67,7	72,2
19	50,0	71,7	75,5
20	53,0	75,7	80,9
21	56,0	79,8	85,4
22	59,1	83,9	90,0
23	62,2	88,0	94,6

Entsorgung:

Zur Probelösung wird im Eisbad vorsichtig so viel Natronlauge zugegeben bis der pH-Wert im schwach alkalischen Bereich liegt. **Vorsicht!** Die Lösung kann dabei sehr heiß werden! Die Entsorgung erfolgt nach Abkühlen als anorganische, schwermetallhaltige Abfälle.

Zusatzmaterial zur Station 2

Die Bestimmung des Zuckeranteils im Honig erfolgt unter der Annahme, dass die Menge des experimentell bestimmten Invertzuckers in guter Näherung dem Gesamtzuckergehalt des Honigs entspricht (vgl. Station 1). Die gewonnenen Ergebnisse können abschließend mit Angaben auf den Etiketten kommerziell erhältlicher Honige (z.B. Abb. 3) verglichen und entsprechende Schlussfolgerungen werden.



Abb. 3: Typisches Honigetikett mit angegebenem Zuckeranteil zum Vergleich mit den experimentellen Ergebnissen

Die verwendete Methode nach Luff-Schoorl ist ein Verfahren zur quantitativen Bestimmung reduzierender Zucker, welches auf dem Prinzip der Fehling-Probe basiert. Da die Reaktionen bei der Fehling-Probe nicht quantitativ ablaufen, wird bei diesem Verfahren unter exakt festgelegten Bedingungen gearbeitet und die Auswertung wird anhand einer darauf abgestimmten Tabelle vorgenommen.

Für die Lernenden erweist sich das Verständnis der Methode wegen der teilweise komplexen Reaktionsabfolge und der Zugabe von Lösungen im Überschuss vielfach als schwierig. Zur Veranschaulichung der Stoffumsätze kann deshalb das in Abb. 4 dargestellte, vereinfachte Schema herangezogen werden. Zu Beginn liegt eine Probe-lösung vor, in der sich eine bestimmte, unbekannte Menge an reduzierenden Zuckern befindet. Diese wird mit einer definierten Menge an Kupfer(II)-Ionen versetzt, wobei diese im Überschuss zugegeben wird. Hierdurch entsteht eine von der Menge

an reduzierenden Zuckern abhängige Menge Kupfer(I)-oxid. Durch die quantitative Bestimmung des Überschusses an Kupfer(II)-Ionen kann auf die Kupfer(I)-oxid-Konzentration und somit auf die Menge an reduzierenden Zuckern geschlossen werden. Zu diesem Zweck wird die Lösung mit einer definierten Menge an Iodid-Ionen wiederum im Überschuss versetzt. Hierdurch entsteht in Abhängigkeit von der vorliegenden Kupfer(II)-Ionen-Konzentration unter anderem eine bestimmte Menge an Iod. Die Iod-Menge kann durch Titration mit Natriumthiosulfat-Lösung ermittelt werden.

Literatur:

- [1] Matissek, R.; Steiner, G.; Fischer, M.: Lebensmittelanalytik
4. vollständig überarbeitete Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 2010.

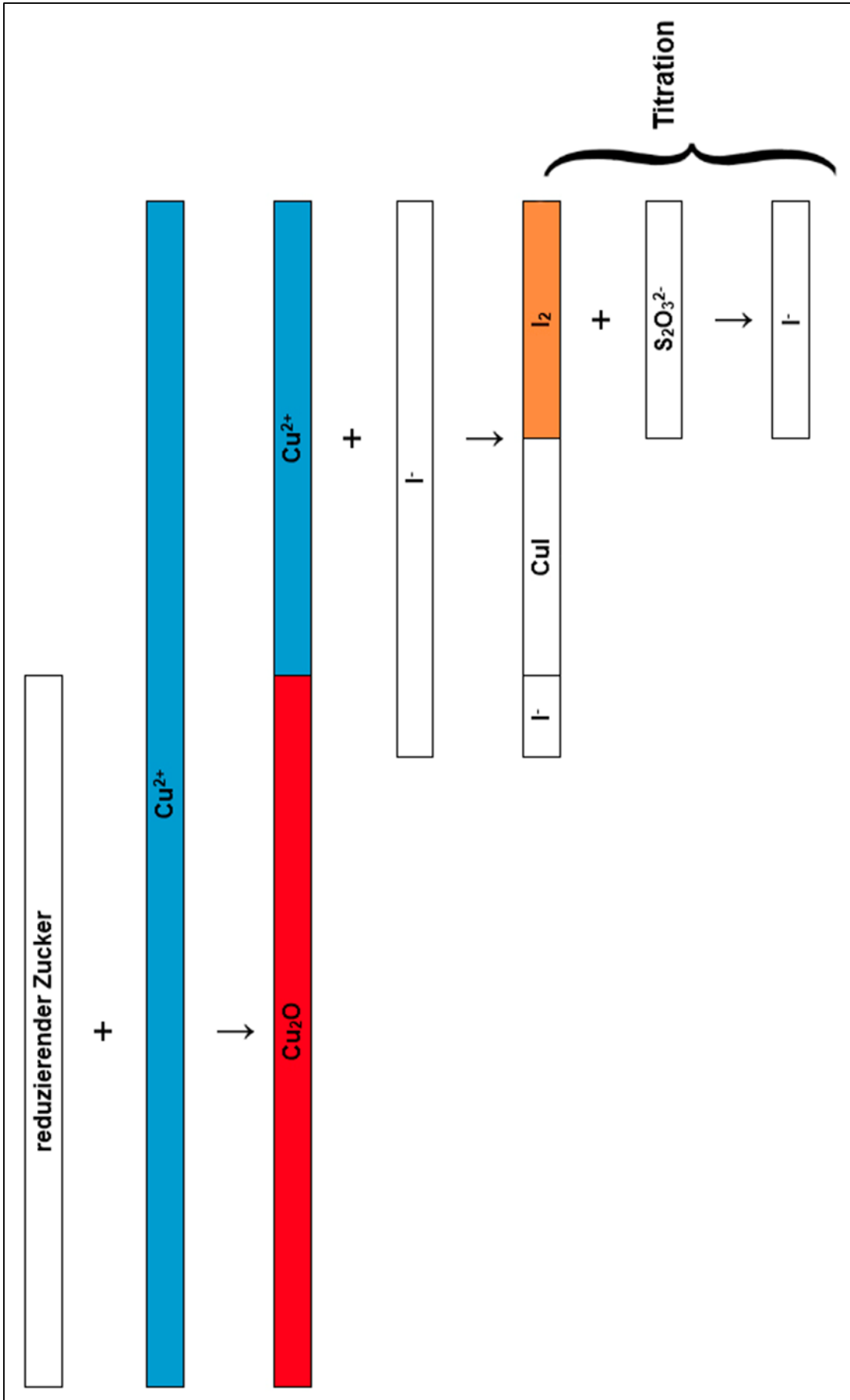


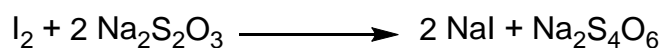
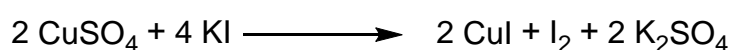
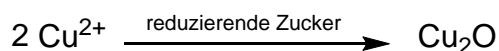
Abb. 4: Vereinfachte, schematische Darstellung der Methode nach Luff-Schoorl

Versuchsbezogene Betriebsanweisungen

Versuchsbezogene Betriebsanweisung nach § 20 GefStoffV Schülerlabor Chemie des Bienenhonigs

Bestimmung des Gehalts an reduzierendem Zucker mittels der Methode nach Luff-Schoorl

Reaktionsgleichungen:



eingesetzte Stoffe	Gefahrensymbole	Nummern der H- und P-Sätze
Destilliertes Wasser	-	-
Honig	-	-
Carrez-Lösung I	-	H: 412 P: 273 EUH: 032
Carrez-Lösung II		H: 302 – 319 – 410 P: 273 – 305+351+338 – 501
Luff'sche Lösung		H: 302 – 315 – 318 – 319 – 410 – 411 P: 273 – 280 – 305+351+338
Kaliumiodid		H: 302 – 315 – 319 P: 305+351+338
25%ige Schwefelsäure		H: 290 – 314 P: 280 – 301+330+331 – 305+351+338 – 309+310
Stärke-Lösung	-	-
Natriumthiosulfat-Lösung ($c = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$)	-	-
Eis	-	-

Wortlaut der oben genannten H- und P-Sätze	
H290 Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.	H412 Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.
H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.	P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.
H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und Augenschäden.	P280 Schutzhandschuhe / Schutzkleidung / Augenschutz / Gesichtsschutz tragen.
H315 Verursacht Hautreizungen.	P301+330+331 Bei Verschlucken: Mund ausspülen. Kein Erbrechen herbeiführen.
H318 Verursacht schwere Augenschäden.	P305+351+338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.
H319 Verursacht schwere Augenreizung.	P309+310 Bei Exposition oder Unwohlsein: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.
H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.	P501 Inhalt / Behälter ... zuführen.
H411 Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.	EUH032 Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase.

Gefahren für Mensch und Umwelt, die von den Edukten oder Produkten ausgehen, soweit sie nicht durch die Angaben auf der Vorderseite abgedeckt sind:

Kaliumiodid: Reizt die Augen und Atmungsorgane. Resorption größerer Mengen führt zu Blutdruckabfall, Lähmungen und Erbrechen. Nicht mit Alkalimetallen, Ammoniak, Halogen-Halogenverbindungen, Fluor oder Wasserstoffperoxid in Berührung bringen.

Schwefelsäure: heftige Reaktion mit Basen und vielen organischen Stoffen möglich. Die meisten Metalle werden korrodiert. Beim Verdünnen mit Wasser erfolgt exotherme Reaktion. Verursacht schwere Verätzungen. Reizt die Atmungsorgane. Starke Mineralsäuren bewirken allgemein auf Haut-oder Schleimhautgewebe in Abhängigkeit von Konzentration und Einwirkungsdauer zunehmend Entzündungen und Nekrosen. Besonders gefährdet sind die Augen durch Hornhautverätzungen oder Perforation. Hustenreiz, Entzündung der oberen Atemwege bis zu Ödemen. Erstickungsgefahr! Beim Verschlucken konzentrierter Säuren Lebensgefahr!

Verhalten im Gefahrfall, Erste-Hilfe-Maßnahmen:

Kaliumiodid, Schwefelsäure, Luff'sche Lösung, Carrez-Lösungen:

Nach Hautkontakt: Mit reichlich Wasser abwaschen.

Nach Augenkontakt: Mit reichlich Wasser bei geöffnetem Lidspalt mindestens 15 Minuten ausspülen. Sofort Augenarzt hinzuziehen.

Nach Einatmen: Frischluft.

Nach Kleidungskontakt: Kontaminierte Kleidung sofort entfernen.

Entsorgung:

Kaliumiodid: gelöst in Wasser in den Abguss.

Schwefelsäure: nach vorsichtiger Neutralisation im Eisbad mit viel Wasser in den Abguss

Probenlösung: im Eisbad vorsichtig so viel Natronlauge zugegeben bis der pH-Wert im schwach alkalischen liegt. Nach Abkühlen als anorganische, schwermetallhaltige Lösung entsorgen

Gefährdungsbeurteilung

Versuch: Bestimmung des Gehalts an reduzierendem Zucker mittels der Methode nach Luff-Schoorl

Ausgangsstoffe:

- destilliertes Wasser: kein Gefahrstoff
- Honig: kein Gefahrstoff
- Stärke-Lösung: kein Gefahrstoff
- Natriumthiosulfat-Lösung: kein Gefahrstoff

- Citronensäure:

Signalwort: Achtung!



H319 Verursacht schwere Augenreizung.

P305 + P351 + P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

- Natriumcarbonat

Signalwort: Achtung!



H319 Verursacht schwere Augenreizung.

P305 + P351 + P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

- Kupfersulfat

Signalwort: Achtung!



H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H315 Verursacht Hautreizungen.

H319 Verursacht schwere Augenreizung.

H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P305 + P351 + P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P501 Inhalt/ Behälter einer anerkannten Abfallentsorgungsanlage zuführen.

- Kaliumhexacyanoferrat(II)

H412 Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

EUH032 Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase.

- Zinkacetat-Dihydrat

Signalwort: Achtung!



H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H319 Verursacht schwere Augenreizung.

H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung

P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P305 + P351 + P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P501 Inhalt/ Behälter einer anerkannten Abfallentsorgungsanlage zuführen.

- Kaliumiodid:

Signalwort: Achtung!



H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H315 Verursacht Hautreizungen.

H319 Verursacht schwere Augenreizung.

P305 + P351 + P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen

- 25%ige Schwefelsäure:

Signalwort: Gefahr!



H290 Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.





P280 Schutzhandschuhe / Schutzkleidung / Augenschutz / Gesichtsschutz tragen.

P301+330+331 Bei Verschlucken: Mund ausspülen. Kein Erbrechen herbeiführen.

P305+351+338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P309+310 Bei Exposition oder Unwohlsein: Sofort Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.

Produkte:

- Kupfer(I)oxid: 
Signalwort: Achtung!
H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.
H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.
P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.
P501 Inhalt/ Behälter einer anerkannten Abfallentsorgungsanlage zuführen.
- Gluconsäure: 
Signalwort: Achtung!
H315 Verursacht Hautreizungen.
H319 Verursacht schwere Augenreizung
- Kupfer(I)iodid: 
Signalwort: Achtung!
H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.
H315 Verursacht Hautreizungen.
H319 Verursacht schwere Augenreizung.
H335 Kann die Atemwege reizen.
H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung
P261 Einatmen von Staub vermeiden.
P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.
P305 + P351 + P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.
P501 Inhalt/ Behälter einer anerkannten Abfallentsorgungsanlage zuführen.
- Iod: 
Signalwort: Gefahr!
H312 + H332 Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt oder Einatmen
H315 Verursacht Hautreizungen.
H319 Verursacht schwere Augenreizung.
H335 Kann die Atemwege reizen.
H372 Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition durch Verschlucken.
H400: Sehr giftig für Wasserorganismen.
P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.
P302 + P352 Bei Berührung mit der Haut: Mit viel Wasser und Seife waschen.
P305 + P351 + P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P314 Bei Unwohlsein ärztlichen Rat einholen/ ärztliche Hilfe hinzuziehen.

- Kaliumtetrathionat:

H315 Verursacht Hautreizungen.

H319 Verursacht schwere Augenreizung.

H335 Kann die Atemwege reizen.

P261 Einatmen von Staub/ Rauch/ Gas/ Nebel/ Dampf/ Aerosol vermeiden.

P305 + P351 + P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

- Dikaliumtrizinkhexacyanoferrat: unbekannter Gefahrstoff

Ersatzstoffprüfung:

Substitution der Ausgangsstoffe wurde geprüft und ist als nicht möglich einzustufen, da es sich um eine genormte Methode handelt, die auf die speziell vorliegenden Bedingungen und Chemikalien abgestimmt ist.

Gefahren:

Einatmen / Hautkontakt:

Brandgefahr:







Explosionsgefahr:

Sonstige Gefahren:

Ergebnis:

Als Schülerversuch möglich

nur Lehrerversuch

 Schutzbrille	 Schutzhandschuhe	 Abzug	 geschlossenes System	 Lüftungsmaßnahmen	 Brandschutzmaßnahmen	Weitere Maßnahmen: Die konzentrierte Schwefelsäure darf nur von Betreuern zugegeben werden.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>