

1-2 Standardoperationen: Destillieren

Arbeitssicherheit:

Sie sind bei der Sicherheitsunterweisung dazu verpflichtet worden die Anweisung der Allgemeinen Betriebsanweisung einzuhalten. Nachfolgend ist noch einmal der Link angegeben, unter dem diese Betriebsanweisung erhältlich ist:

http://www.bcp.fu-berlin.de/chemie/chemie/studium/ocpraktikum/_Unterlagen_Sicherheit/sikskpt.pdf

Bitte halten Sie sich an die dort gemachten Angaben und fragen Sie nach, wenn Ihnen etwas nicht verständlich ist!

Arbeitstechniken und Methoden: Destillation

Chemikalien:

aus 2 Komponenten bestehendes Flüssigkeitsgemisch unbekannter Zusammensetzung (50 ml)

Warnhinweise:

Da Sie die Zusammensetzung des Substanzgemisches nicht kennen, können Sie auch nicht das Gefahrenpotential im Detail recherchieren, sondern müssen sich im Prinzip mit den Angaben auf dem Etikett begnügen. Da es das erste Mal ist, dass Sie es mit organischen Substanzen zu tun haben und Sie auf den Flaschen fast alle Warn-Piktogramme finden werden, die das GHS zu bieten hat, kann es sein, dass das einen recht furchterregenden Eindruck auf Sie macht. Ein solcher Eindruck wäre falsch.

Beide Komponenten sind leicht entzündlich. Die Dämpfe können also mit der Luft explosionsfähige Gemische bilden. Vor allem die höhersiedende Komponente verursacht beim Einatmen Benommenheit, Schwindelgefühl und schließlich Bewusstlosigkeit. Sie ist gesundheitsschädlich. Hautresorption ist möglich. Dabei wird die Haut gereizt, weil die Substanzen, wie die meisten Lösemittel die Haut entfetten. Auch hier ist die Reizung wieder eine gute Warnung. Wie z.B. auch bei häuslichen Lampenölen ist das Verschlucken oder das Eindringen in die Atemwege sehr gefährlich – aber Sie sind kein kleines Kind mehr, was bunte Flüssigkeiten grundsätzlich für Limonade hält. Insgesamt ist das Gefährdungspotential vergleichbar mit handelsüblichen lösemittelhaltigen Lackverdünnern oder Lackabbeizern.

Wozu dieser Versuch gut ist:

- Sie sollen sich bei dieser Aufgabe mit der *Leistungsfähigkeit einer einfachen Destillationstemperatur* bzw. mit der *verbesserten Trennleistung bei Verwendung einer Vigreuxkolonne* vertraut machen. Auch mit der Kolonne lassen sich die beiden Komponenten nicht 100%ig trennen. Sie sollen zwar aus Ihrer Apparatur „das beste herausholen“, aber eben auch nicht mehr. *Es macht also keinen Sinn und torpediert den Versuch, wenn Sie nach ein paar Milliliterchen schöner reiner Substanz A eine riesige Zwischenfraktion abdestillieren und zum Schluss wieder ein paar schöne reine Milliliterchen der zweiten Komponente. Versuchen Sie, mit zwei Fraktionen auszukommen!* Anlass für eine dritte Fraktion kann es nur geben, wenn Sie - falsch - zu früh gewechselt haben und das was jetzt gerade destilliert, für die nächsten 2 ml ein 1:1-Gemisch beider Komponenten ist.

- Arbeiten Sie bei diesem Versuchsteil zu zweit¹, wobei je einer die Destillation mit, der andere ohne Vigreuxkolonne durchführen soll². Stellen Sie im Protokoll die erhaltenen Siedekurven für die Destillation mit und ohne Kolonne einander durch Auftragen in einem gemeinsamen Diagramm gegenüber! Ist bei einem anderen Praktikanten die Trennung wesentlich besser gelungen (Woran erkennen Sie das?), so zeichnen sie dessen Kurve ebenfalls in das Diagramm ein und diskutieren Sie mögliche Fehler!

Weitere Hinweise:

- In diesem Versuch verwenden Sie zum ersten Mal einen Liebig-Kühler. Schauen Sie sich den Kühler bei Betrieb **genau** an! Man kann es **sehen**, an welcher Stelle der Lösemitteldampf kondensiert! Passiert das erst kurz vor dem Vorstoß, ist der Kühler stark belastet und der Dampf droht durchzubrechen³. Findet die Kondensation hingegen schon gleich bei Eintritt in den Kühler statt, sind Sie so sehr auf der sicheren Seite, dass Sie daran denken können, den Kühlwasserstrom zu reduzieren. Die Berliner Wasserpreise sind die teuersten in Deutschland. Für eingesparte Ressourcen können wir z.B. für das Praktikum neue Geräte beschaffen. Übertreiben Sie die Wasserknauserigkeit aber nicht. Bedenken Sie, dass die (alten) Wasserhähne des Instituts noch Gummidichtungen haben, die bei geöffnetem Hahn aufquellen. Der zunächst flotte Wasserstrom kann deshalb nach kurzer Zeit stark nachlassen, weshalb Sie die ersten 15 Minuten den Wasserstrom unbedingt kontrollieren und erforderlichenfalls nachregeln müssen.

Ausführung:

Hinweis: Wenn Sie es schaffen sollten, die Destillation gleichmäßig mit der korrekten Geschwindigkeit zu betreiben, sollte die Destillation nicht länger als 1 Stunde dauern. (Gerechnet ab dem ersten Destillat-Tropfen). Da es Ihre erste Destillation ist, sollten Sie sicherheitshalber etwas mehr Zeit einplanen. Dauert es länger als 2 Stunden, machen Sie etwas falsch! Die Destillation kann theoretisch auch unterbrochen werden, wobei es allerdings keine gute Performanz ist, anderntags wieder den Anschluss zu finden.

In einer kleinen Destillationsapparatur (NS 14,5) wahlweise mit oder ohne Vigreux-Kolonne werden in einem 100-ml-Kölbchen 50 ml des Lösungsmittelgemisches vorgelegt⁴. Bei eingebauter Kolonne wird diese mit Alufolie (locker umwickeln!) gründlich isoliert. Auch wenn ohne die Kolonne destilliert wird, hilft es, den aufsteigenden Teil der Destillationsapparatur zu isolieren. Verwenden

¹ Wenn es eine ungerade Zahl von Praktikanten im Saal oder gar im ganzen Praktikum gibt, dann muss nicht einer alle beide Versuche machen, sondern es findet sich bitte eine Gruppe zu dritt. Wenn von den dreien 2 die Kolonne verwenden, darf der kolonnenlose Destillierer sich aussuchen, von wem er die Partnerwerte übernehmen will. Die Kolonnendestillierer sind hingegen beide auf die gleichen Daten des kolonnenlosen Destillierers angewiesen. Wichtig: Jeder destilliert selbst! Entweder mit oder ohne die Kolonne.

² Wer die Kolonne einbaut, hat zeitlich nur einen marginalen Nachteil, weil der Dampf vielleicht 5 zusätzliche Minuten braucht, bis er die Kolonne durchgewärmt hat, so dass oben Dampf austritt.

³ **Bei diesem Versuch wird nichts durchbrechen.** Das liegt daran, dass Sie sowieso nur ganz langsam destillieren sollen. Sie sollen aber lernen, **routinemäßig** den Kühler zu überwachen, ob er überlastet ist oder nicht. Und falls das einmal passieren sollte sollten Sie wissen, dass dann einfach nur entweder die Kühlleistung zu verstärken ist (mehr Wasserdurchsatz oder wirksamerer Kühler) oder aber die Destillationsgeschwindigkeit verringert werden muss.

⁴ In Ihrer Grundausrüstung gibt es nur 100-ml-Kolben mit 29er Schliff. Sie müssen also einen Adapter (NS29 (Kern)/NS14,5 (Hülse) auf den Kolben aufsetzen, damit Sie eine NS14,5-Destillationsapparatur verwenden können.

Sie als Vorlage **ausnahmsweise und nur dieses eine Mal** keinen Rundkolben sondern einen Messzylinder⁵!

- Die Graduierung des Messzylinders Ihrer Grundausstattung beginnt üblicherweise erst ab 10 ml. Für diesen Versuch sollen Sie aber das Destillatvolumen gegen die Temperatur grafisch auftragen und müssen deshalb so früh wie möglich das Destillatvolumen ermitteln. Extrapolieren Sie deshalb die Graduierung auf dem Messzylinder, indem Sie mit einem dünnen Filzstift äquidistant weitere Skalenstriche am unteren Ende anfügen!

Das Gemisch wird mit einem **tief in das PEG-Bad eingetauchten Kolben** unter Rühren⁶ erwärmt. (Das Bad muss, falls erforderlich, vollständig vom Siedekolben trennbar sein! Verwenden Sie zu diesem Zweck eine Hebebühne o.ä.!) Der Siedebeginn liegt bei ca. 80 °C.

- Beobachten Sie den Siedebeginn! Sie werden dabei feststellen, dass der Dampf über dem Lösungsmittel allmählich hochsteigt bis in den Destillationsaufsatz hinein. Unterhalb der Dampfgrenze können Sie einen kräftigen Rücklauf bemerken, weil der heiße Dampf die Glaswände erst erwärmen muss und dabei zu einem erheblichen Teil wieder kondensiert. Fassen Sie die Apparatur ober- und unterhalb der Dampfgrenze an: Das Glas ist unterhalb heiß und direkt darüber noch völlig kalt. Erreicht der Dampf das Thermometer, so springt dies von Raumtemperatur auf die Siedetemperatur. Einen Augenblick später werden Sie den ersten Destillattropfen in den Messzylinder fallen sehen.
- Wichtig: Das Trennergebnis Ihrer Destillation hängt entscheidend davon ab, dass Sie *g a n z l a n g s a m* destillieren!! Die Destillationsgeschwindigkeit darf **1 Tropfen pro Sekunde** nicht überschreiten!
 - Überwachen Sie die Badtemperatur und "schleichen" Sie sich an die erforderliche Temperatur heran!
 - Wenn es plötzlich ganz aus Versehen 2 Tropfen pro Sekunde sind, bekommen Sie bitte keine Panik, sondern senken einfach ganz souverän das Heizbad ein bisschen ab. Wenn es ziemlich sehr viele Tropfen sind, sollten Sie das Heizbad ganz absenken und erst mal etwas abkühlen lassen.
 - Sie sollen nicht vor Sorge, etwas falsch zu machen, vorsichtshalber gar nichts destillieren! Wenn nichts destilliert, verplempern Sie gerade Ihre Zeit!
 - Versuchen Sie, mit einer **konstanten Destillationsgeschwindigkeit** zu destillieren! Sie den ungefähren Wert. Da die Siedetemperatur bei der Destillation ansteigt, müssen dazu die Heizbadtemperatur beständig nachregeln⁷.

Tragen Sie schon in Ihrem Laborjournal in einem aus freier Hand angefertigten Diagramm die Siedetemperatur gegen das **Destillatvolumen (!!!!Nicht die Zeit!!!!)** auf⁸! Sie bekommen dadurch

⁵ Die Verwendung des Messzylinders soll die Bestimmung des Destillatvolumens ermöglichen und ist ein Notnagel, der hier wegen der geringen Toxizität der Lösemittel tolerabel ist. Ansonsten wird in Zukunft bitte grundsätzlich mit einer - bis auf den Stutzen am Vorstoß - geschlossenen Destillationsapparatur destilliert.

⁶ Das Rühren soll Siedeverzüge verhindern. „Siedeverzüge verhindern“ bedeutet hier vor allem auch: Das gleichmäßige Abdestillieren zu gewährleisten. **Rühren Sie so kräftig wie möglich!** Nur wenn der Rührer im Kolben mit deutlichem Klappern herumtaumelt, drehen sie die Geschwindigkeit sofort wieder herunter, denn dadurch kann der Kolben zerschlagen werden. Das tiefe Eintauchen des Kolbens soll Wärmeverluste an unbeheizten Kolbenwänden vermeiden und den Dampf möglichst effektiv in den absteigenden Teil des Kühlers befördern. Je tiefer der Kolben eintaucht, umso kräftiger wird überdies der Magnetrührkern angetrieben und umso geringer ist dessen Neigung zum Taumeln.

⁷ Die Heizleistung können Sie auf zweierlei Arten steuern: Träge durch Verstellen des Heizreglers am Magnetrührer und augenblicklich durch Regulieren der Eintauchtiefe des Destillationskolbens. Da Sie die Heizleistung der sich ändernden Siedetemperatur ständig nachregeln müssen, ist ein Kontaktthermometer ziemlich unsinnig. Vielmehr ist Ihr Fingerspitzengefühl gefragt.

⁸ Für das Protokoll fertigen Sie dann bitte eine „schöne“ Darstellung an.

ein besseres Gefühl, wann es Zeit ist, die Fraktion zu wechseln. (Auch der Temperaturanstieg ist natürlich ein Indiz. Da die zweite Fraktion ca. 30 °C höher siedet ist natürlich der Fraktionswechsel „auf halber Strecke“ sinnvoll).

- Eine Siedetemperatur können Sie nur dann ablesen, wenn auch wirklich gerade und im gleichen Augenblick etwas destilliert. Wenn wegen zu geringer Heizleistung gerade nichts mehr destilliert, zeigt das Thermometer irgendeinen Wert auf dem Weg in Richtung Raumtemperatur an. Merke: Es kommt niemals (wirklich niemals) vor, dass eine Destillationstemperatur im Verlauf der Destillation fällt. Sie kann nur ansteigen. Wenn Ihre Destillationstemperatur dennoch im Verlauf des Versuchs absinkt, stellen Sie gerade keine physikalischen Grunderkenntnisse auf den Kopf, sondern heizen einfach zu wenig.

Bestimmen Sie erhaltene Menge und Brechungsindex der beiden getrennten Komponenten und geben Sie den Siedepunkt (bzw. Siedebereich) an! Messen Sie den Brechungsindex **exakt** bei 20 °C)! (Thermometer am Refraktometer kontrollieren! Versuchen Sie nicht, einen bei falscher Temperatur bestimmten Wert mit "Näherungsformeln" auf die richtige Temperatur umzurechnen!)

Fragen vor Ausführung des Versuchs:

1. Versuchen Sie, qualitativ mit eigenen Worten wiederzugeben, was das Raoult'sche Gesetz besagt. Das Raoult'sche Gesetz gehört thematisch zwar in den thermodynamischen Teil der physikochemischen Ausbildung, aber Sie können das auch im „Organikum“ recherchieren – und diesem Umstand im übrigen entnehmen, dass diverse physikochemische Erkenntnisse für die präparative Arbeit im OC-Labor sehr wichtig sind.

2. Geben Sie qualitativ die zu erwartenden Siedekurven an. Wie ändert sich die Siedekurve, wenn Sie eine Kolonne in die Apparatur einbauen? Entsprechende Diagramme finden Sie z.B. im „Organikum“ (Kapitel „Rektifikation“). Suchen Sie nach Darstellungen, bei denen die Siedetemperatur gegen das Destillatvolumen aufgetragen ist.

3. Warum muss die Kolonne bei der Destillation gut isoliert werden?

Aufgaben nach Ausführung des Versuchs:

Vorbemerkung:

- Auch wenn Sie bei diesem Versuch paarweise zusammenarbeiten, fertigt bitte jeder ein eigenes Protokoll an! Ausnahmsweise dürfen Sie die erstellten Siedediagramme Ihres Destillationspartners wechselseitig für das eigene Protokoll mit nutzen. Geben Sie den Namen Ihres Destillationspartners an. Geben Sie an, wer mit und wer ohne Kolonne destilliert hat. Indem Sie die Daten Ihres Destillationspartners übernehmen, *zitieren* Sie Ihren Destillationspartner.
- Auch die Fragen vor Ausführung sind – auch bei den anderen Versuchen - immer auch im Protokoll zu beantworten.
- Für Versuchsbeschreibungen sollten Sie das Imperfekt verwenden! Allgemein gültige Fakten stehen hingegen im Präsens.⁹

⁹ Die richtige Zeitwahl kann vertrackt sein. Sie können zum Beispiel entweder *protokollarisch* schreiben. „Für die Substanz A wurde ein Schmelzpunkt von 43 °C ermittelt.“ Oder *als Fakt* „Die Substanz A besitzt einen Schmelzpunkt von 43 °C. Bevorzugen Sie das Passiv gegenüber der unbestimmten „man“-Form. (Also nicht: „Man

- Versuchen sie, möglichst viel Information in möglichst wenig Text zu stecken¹⁰. Gebrauchen Sie trotzdem grammatikalisch vollständige und zusammenhängende Sätze! Nutzen Sie – gerade bei diesem Versuch – die Möglichkeit, durch den Gebrauch von Tabellen für Ihre Ergebnisse Übersicht zu schaffen.
- Die Textbausteine der bereitgestellten WORD-Dokumentvorlage sind hier unbrauchbar, weil Sie keine chemische Reaktion gemacht haben. Chemikalien sind mit Ihrem Namen und nicht mit ihrer Formel zu benennen.
- Statt die Versuchsdurchführung separat zu beschreiben und die Fragen der Reihe nach zu beantworten, können Sie die Sachverhalte gern auch im Zusammenhang behandeln, indem Sie zunächst den theoretischen Hintergrund beschreiben und dann Ihre konkreten Handlungen und Versuchsergebnisse schildern. Achten Sie darauf, alle Fragen und Aufgaben zu bearbeiten
- Das Protokoll ist so abzufassen, dass es für jeden Außenstehenden verständlich ist. Das ist es nicht, wenn Sie beim ersten Satz gleich mit der Tür ins Haus fallen („Das Substanzgemisch wurde ohne Kolonne destilliert.“). Das gilt auch für die Beantwortung der Fragen: Eine Antwort ist nur dann nachvollziehbar, wenn klar ist, was überhaupt gefragt war. Wenn Sie gemäß dem vorhergehenden Absatz eine zusammenhängende Beschreibung geben, eignet sich eine ca. 5-zeilige Einführung, in der steht, worum es bei diesem Versuch geht.

Weitere Hinweise zum Anfertigen der Protokolle erhalten Sie hier:

<http://bcp.fu-berlin.de/chemie/chemie/studium/ocpraktikum/protokolle/>

4. Protokollieren Sie die Versuchsdurchführung! Beschreiben Sie dazu, was Sie gemacht haben, z.B. wie schnell Sie destilliert haben und wann der Fraktionswechsel erfolgte.

5. Bestimmen Sie die Zusammensetzung aller Destillatfraktionen näherungsweise durch die Annahme einer linearen Abhängigkeit des Brechungsindex von der Substanzzusammensetzung. Verfahren Sie ebenso mit den beiden Komponenten Ihres "Destillationspartners" und stellen Sie die Wertepaare einander gegenüber! (Tabelle!) Die Brechungsindices der beiden reinen Substanzen betragen (bei 20 °C):

$$n_D^{20} = 1,4266 \text{ für die niedriger siedende und}$$

$$n_D^{20} = 1,4961 \text{ für die höher siedende Komponente.}$$

Stellen Sie die Siedekurven (Siedetemperatur gegen das **Destillatvolumen** aufgetragen) für die Destillation mit und ohne Kolonne im Protokoll dar. Vergleichen Sie Daten und Siedekurven.

BEACHTEN SIE, DASS SIE BEI DIESER AUFGABE DAS GESAMTE DATEN-MATERIAL IHRES DESTILLATIONSPARTNERS MIT VERWENDEN, BZW. GRAPHISCH DARSTELLEN MÜSSEN!

6. Diese Aufgabe hat nichts mit den Chemikalien dieses Versuches zu tun. Vielmehr sollen Sie hier lernen, wie man Informationen zum Gefahrenpotenzial einer Substanz einholen kann. Recherchieren Sie dazu das Gefahrenpotential nach der GHS-Einstufung für **Chloroform**.

gab 50 ml Lösemittel in den Kolben“) Auch „wir“ und „unser“ ist falsch. Also nicht: „**Wir** haben **unsere** Substanz mit Cyclohexan umkristallisiert.“

¹⁰ Es ist nicht so, dass die Assistenten „zu faul“ wären, unnötig viel Text zu lesen. Es geht vielmehr darum, dass Sie eine präzise Sprache gebrauchen sollen. Wenn Sie Wissenschaftler(in) geworden sind und herumschwadronieren, ist Ihre Reputation ganz schnell im Eimer!

- Geben Sie die H- und P-Sätze, das Warnwort und die Piktogramme an. Handelt es sich um eine harmonische Einstufung? (Früher: Legaleinstufung)
- Recherchieren Sie das krebserzeugende Potential.
 - Welche Einstufung entnehmen Sie der TRGS 905?
 - Welche Einstufung macht die DFG-Senatskommission?

Sie finden die entsprechenden Einstufungen in der Gestis-Stoffdatenbank¹¹ unter dem Kapitel „Vorschriften“. Die DFG-Senatskommission heißt dort „MAK-Kommission“. MAK ist ein Akronym für „maximale Arbeitsplatzkonzentration“. Die DFG-Senatskommission definiert selbst solche MAK-Werte.

Es ist sicher eine tolle Sache, an dieser Stelle ganz viel sehr wichtig aussehenden Protokolltext mit einfachen copy/paste-Aktionen hinzuzubringen zu können. Das ist nicht die eigentliche Aufgabe, sondern vielmehr die Interpretation! Wo gibt es Widersprüche?¹² Welche Relevanz haben die Angaben und wo gilt jetzt was? Bewerten Sie das Krebsrisiko! Es kann nicht schaden, dazu auch die Detailinformationen in der GESTIS-Datenbank zu Chloroform zu lesen.

- Geben Sie die Schwangerschaftsgruppe an, die die DFG-Senatskommission für das Chloroform vergeben hat. Hat sich der AGS in der TRGS 900 dieser Sichtweise angeschlossen? (GESTIS: „Vorschriften“ Sie können zusätzlich auch direkt in der TRGS 900 recherchieren¹³.)
- Geben Sie den Arbeitsplatzgrenzwert für Chloroform an. Ist hier der AGS in der TRGS 900 den Vorschlägen der DFG-Senatskommission gefolgt?
- Welche Zersetzungsprodukte bilden sich beim Stehenlassen, insbesondere auch nach wiederholtem Recyceln der Substanz? Wie lässt sich diese Zersetzung durch einen einfachen Test nachweisen?¹⁴
- Weil reines Chloroform ganz und gar nicht stabil ist sondern sich ganz im Gegenteil ziemlich rasch zersetzt, wird es nur stabilisiert in den Handel gebracht. Üblich ist zum Beispiel, es mit

¹¹ Zugriff auf die GESTIS-Stoffdatenbank erhalten Sie wahlweise wie folgt:

- Geben Sie „www.dguv.de/ifa/stoffdatenbank“ in die Adresszeile Ihres Browsers ein.
- Googeln Sie „GESTIS“

Weil Sie diese Datenbank immer wieder brauchen werden, sollten Sie sich ein Bookmark (Lesezeichen) in Ihrem Browser setzen. Am besten machen Sie das allerdings so, dass Sie per Hand den o.g. URL als Bookmark hinterlegen. Das ist nämlich ein Alias, für den der Anbieter garantiert, dass er immer funktionieren wird, wohingegen das, was in der Adresszeile Ihres Browsers nach Aufruf der Datenbank **tatsächlich** steht, sich aufgrund interner Umstrukturierungen immer mal wieder ändern kann.

¹² Es geht dabei um ein rechtliches und ganz und gar nicht um ein toxikologisches Problem. Die für die Umgangsvorschriften mit Chloroform relevante Frage lautet: Ist Chloroform nun krebserzeugend oder ist es nicht krebserzeugend? Diese Frage kann juristisch nur mit „ja“ oder „nein“ – niemals aber mit „ein bisschen“ beantwortet werden. Trotzdem ist das Ergebnis Ihrer Recherchen – wenn Sie alles richtig gedeutet haben, überraschend: Chloroform ist nämlich manchmal eindeutig „ja“ – krebserzeugend und manchmal eindeutig „nein“ – nicht krebserzeugend. Auch wenn es die gleiche Flasche ist! Die Erklärung dieses Sachverhalts ist Ihre Aufgabe.

¹³ Googeln Sie „TRGS 900“ Wenn Sie richtig schlau sind, sind Sie jetzt nicht sauer auf die Praktikumsleitung, weil Sie da mal eben noch weitere 50 Seiten Juristenkauerwelsch lesen sollen, sondern sie lassen nach dem Laden des Dokuments Ihren pdf-Viewer einfach das Wort „Schwangerschaft“ suchen. Naja - und dann müssen Sie noch feststellen, was denn in der TRGS 900 nun über Chloroform drinsteht. Haben Sie eine Idee, was Sie jetzt anstellen müssten, um augenblicklich die Stelle zu finden, wo die Daten für das Chloroform zu finden sind?

¹⁴ Wozu sich Chloroform zersetzt, dürfen Sie ausnahmsweise auch „googeln“. Wenn Sie wissen, was da passiert müssen Sie aber selbst den Kopf anstrengen, wie man **ganz einfach** (!) nachweisen kann, dass das Chloroform nicht mehr einwandfrei ist. Einen Vorsager oder ein Lehrbuch, wo man mit der Nase draufgestoßen wird, gibt es nicht. Denken Sie an ganz einfache chemische Eigenschaften, die die Zersetzungsprodukte haben.

ca. 1 % Ethanol als Stabilisator zu versetzen. Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung, um zu erklären, was das Ethanol macht.

- Welchen Atemschutzfilter müssen Sie verwenden, wenn Sie sich vor unkontrolliert austretenden Chloroformdämpfen schützen wollen? (GESTIS: „Umgang und Verwendung“)

Weitere Informationen sind den Sicherheitsdatenblättern der Hersteller zu entnehmen.