

VI Destillation

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Wiederholung wichtiger theoretischer Grundlagen	2
	2.1 Dampfdruck eines Stoffes	2
	2.2 Aggregatzustandsänderungen reiner Stoffe	3
	2.3 Lösungen	4
3	Grundlagen der Destillation	5
4	Versuchsteil	6
	4.1 Versuchsaufbau	6
	4.2 Versuchsplanung	7
	4.3 Rücksprache vor Versuchsbeginn	8
	4.4 Versuchsdurchführung und -auswertung	9
	4.5 Bewertung der Versuche	10
5	Was war wichtig?	11
6	Formelzeichen	12
7	Literaturverzeichnis	13

VI Destillation

1 Einleitung

Das Trennen von Lösungen ist das größte Aufgabengebiet der Thermischen Verfahrenstechnik. Dabei wird durch Wärmezufuhr ein Teil der Lösung verdampft. Kühlt man diesen Dampf anschließend soweit ab, daß er kondensiert, nennt man das Verfahren Destillation.



Jeder erinnert sich sicherlich an den Chemieunterricht oder an Spielfilme, in denen im Labor eine Flüssigkeit erwärmt wird und der aufsteigende Dampf anschließend in einem Glasgefäß mit spiralförmiger Wasserleitung kondensiert wird.

Aristoteles (griechischer Philosoph, 384 bis 322 vor Christus) erwähnte als erster die Destillation. Er beschrieb, wie Trinkwasser aus Meerwasser gewonnen wurde. Ein Verfahren, das heutzutage beispielsweise in Kuwait eingesetzt wird.

Römer und Ägypter destillierten Fichtenholzharz und erhielten dadurch Terpentinöl. Das Verfahren war jedoch noch nicht ausgereift. Da man nur mit Luft kühlte, ging ein großer Teil der gelösten Stoffe verloren. Wassergekühlte Anlagen wurden von den Arabern entwickelt, die aus Pflanzensäften ätherische Öle gewannen, die als Aroma- und Duftstoffe Verwendung fanden.

Die Destillation von Alkohol wurde anfangs des 12. Jahrhunderts in Italien entdeckt. Die Destillationsapparate standen in Klöstern und wurden zunächst für medizinische Zwecke verwendet, wobei der Alkohol mit Kräutern und Gewürzen gemischt wurde. Sehr schnell jedoch fand Alkohol auch als Genußmittel Anwendung.

Bis heute stellt die Destillation das wichtigste Verfahren zur Herstellung von hochprozentigen, alkoholischen Getränken dar. Branntwein wird aus Wein destilliert, Rum aus vergorenem Rohrzucker und Whisky aus vergorener Gerstenmaische.

Neben der Getränkeindustrie ist die Destillation auch das gebräuchlichste Trennverfahren in der Industrie und in der Forschung. Die Gewinnung von Benzin, ätherischen Ölen oder organischen Lösungsmitteln aus entsprechenden Lösungen erfolgt tagtäglich in großen Mengen in der Petro- und der chemischen Industrie. Auch im Laboratorium ist die Destillation für die Wissenschaftler unentbehrlich. Die Möglichkeit, Trinkwasser aus Meerwasser zu gewinnen, stellt für einige Länder sicherlich eine große Hoffnung dar.

2 Wiederholung wichtiger theoretischer Grundlagen

2.1 Dampfdruck eines Stoffes

Betrachten wir einen geschlossenen, zum Teil mit Flüssigkeit gefüllten Behälter.

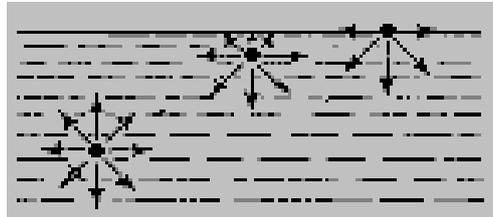


Abb. VI-1: Anziehungskräfte auf Stoffteilchen

In der Flüssigkeit ziehen sich die Moleküle des Stoffes gegenseitig an. An der Oberfläche jedoch (Abb.VI-1) bestehen praktisch keine Anziehungskräfte zwischen den Molekülen aus der flüssigen Phase und den Molekülen aus der Gasphase.

Durch die ständige Bewegung und Zusammenstöße der Moleküle entstehen energiereichere Moleküle, die es schaffen, die Anziehungskräfte an der Oberfläche zu überwinden und in die Gasphase zu gelangen. Ein Teil der Flüssigkeit verdunstet.

In der Gasphase bewegen sich die Moleküle schneller als in der Flüssigkeit. Sie stoßen gegeneinander und gegen die Wand des Behälters, woraus ein Druck, der **Dampfdruck p_0** resultiert.

Ein Teil der Moleküle aus der Gasphase trifft auf die Oberfläche auf und wird von den Molekülen in der Flüssigkeit festgehalten.

Durch dieses Verhalten der Moleküle in den beiden Phasen entsteht in einem abgeschlossenen Behälter ein Gleichgewicht zwischen der Anzahl an Molekülen, die aus der Flüssigkeit in die Gasphase treten, und umgekehrt. Dieses Gleichgewicht hängt von der Temperatur ab.

Bemerkung: Dampf = Gas

Die Begriffe Gas und Dampf haben die gleiche Bedeutung [Weastf].

Dampf verwendet man meistens bei Stoffen, die bei Raumtemperatur und Umgebungsdruck fest oder flüssig sind (z.B. Wasser).

Gase demgegenüber haben bei diesen Bedingungen den gasförmigen Aggregatzustand (z.B. Sauerstoff).

2.2 Aggregatzustandsänderungen reiner Stoffe

Betrachten wir weiterhin eine Flüssigkeit in einem Behälter.

Durch Wärmezufuhr von außen steigt die Temperatur der Flüssigkeit. Die einzelnen Moleküle erhalten mehr Energie, sie bewegen sich schneller. Die Anziehungskräfte zwischen den einzelnen Molekülen werden kleiner, und immer mehrere gehen von der flüssigen Phase in die Gasphase über. Der **Dampfdruck** eines Stoffes **steigt** daher **mit zunehmender Temperatur**.

Ist der Dampfdruck größer als der Umgebungsdruck, beginnt die Flüssigkeit zu sieden. Der flüssige Stoff wechselt seinen Aggregatzustand, er wird gasförmig.

Die Aggregatzustände und ihre Änderungen lassen sich für reine Stoffe in einem (Druck, Temperatur)-Diagramm (Abb.VI-2) darstellen. Die thermodynamischen Gleichgewichtszustände zwischen den Aggregatzuständen "flüssig" und "fest" werden darin durch eine Linie, die **Dampfdruckkurve**, abgegrenzt.

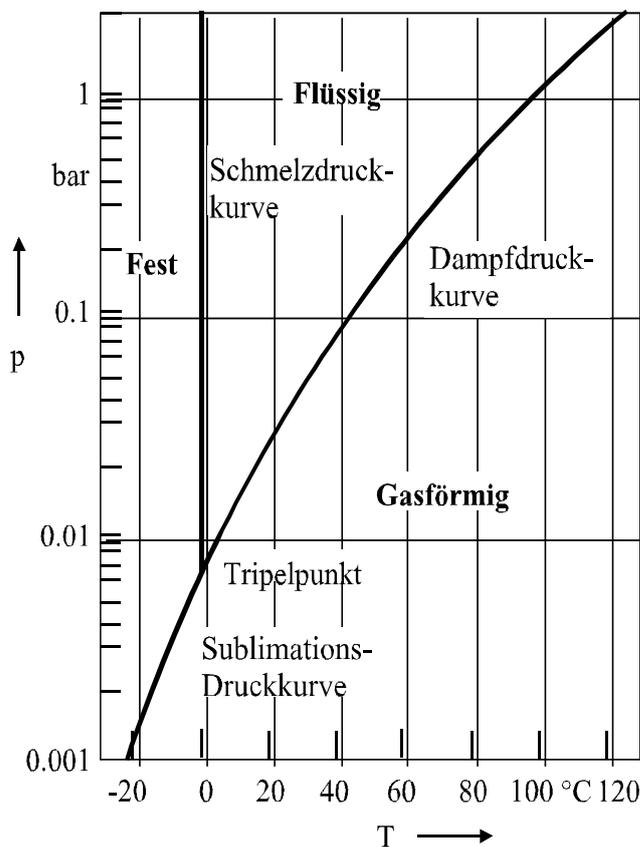


Abb. VI-2: (Druck, Temperatur)-Diagramm von Wasser

Betrachten wir beispielsweise die Dampfdruckkurve von Wasser in dem (Druck, Temperatur)-Diagramm (Abb.VI-2).

Dem Umgebungsdruck (1 bar) ist eine Siedetemperatur von 100°C zugeordnet.

2.3 Lösungen

Lösungen sind Stoffgemische, die aus einer **Flüssigkeit**, dem Lösungsmittel, **und** einem oder mehreren **darin gelösten Stoffen** bestehen. Diese Stoffe können ursprünglich fest, flüssig oder gasförmig gewesen sein.

Jede Komponente der Lösung, also das Lösungsmittel und die gelösten Stoffe, besitzen ihren eigenen Dampfdruck. Stoffe, die einen so kleinen Dampfdruck haben, daß sie durch Erwärmen der Lösung nicht gasförmig werden, bezeichnet man als nichtflüchtige Komponenten [*Grassmann*]. Beispiele hierfür sind Salze.

Wir betrachten hier nur Lösungen, die aus flüchtigen Komponenten bestehen, d.h. beim Erwärmen verdampfen grundsätzlich alle Komponenten.

Durch das Erwärmen wird allen Stoffteilchen Energie zugeführt, so daß der Dampfdruck jeder Komponente der Lösung ansteigt. Erreicht der Dampfdruck einer der Komponenten den Umgebungsdruck, so gehen deren Stoffteilchen in den Gaszustand über.

Anmerkung: Oft wirken zusätzliche Anziehungskräfte zwischen den verschiedenen Molekülen, so daß manche gelöste Stoffe zum Verdampfen eine höhere Temperatur brauchen als in reiner Form. Die Vorgänge sind in diesen Fällen nicht mehr mit einfachen mathematischen und physikalischen Ansätzen zu berechnen.

3 Grundlagen der Destillation

Unterscheiden die einzelnen Komponenten einer Lösung sich durch ihre **Siedetemperaturen**, so lassen sie sich mittels Destillation trennen.

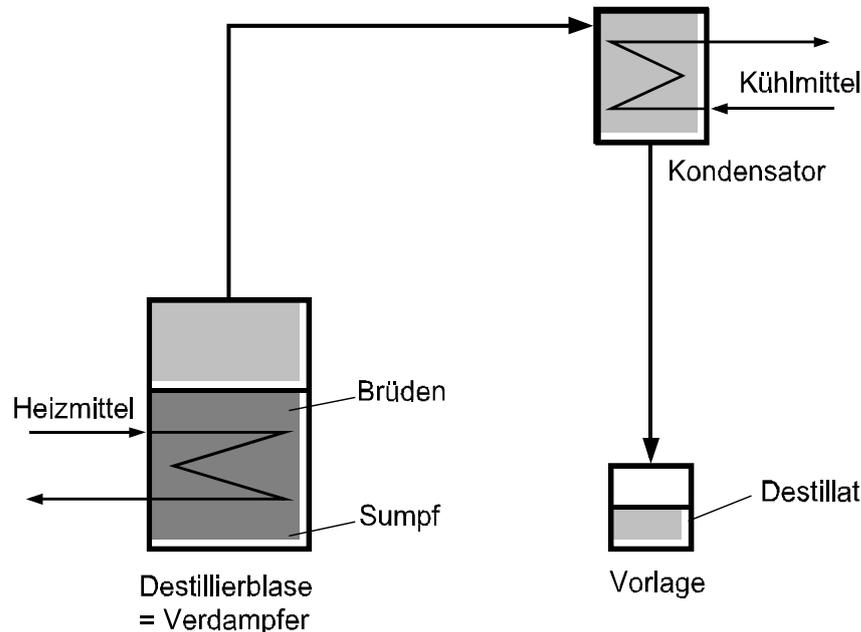


Abb. VI-3: Destillation

Bei der Destillation (Abb.VI-3) [Hemming] füllt man die Ausgangslösung, im einfachsten Falle ein Zweistoffgemisch, in die sogenannte Destillierblase. Diese wird durch ein Heizmittel (z.B. Heißdampf) erwärmt und beginnt ab einer gewissen Temperatur zu verdampfen. Die **aufsteigenden Blasen** bezeichnet man als **Brüden**.

Die Brüden werden abgeleitet und so stark abgekühlt, daß sie kondensieren. Das nun gewonnene Kondensat heißt Destillat. Es wird in einem Gefäß, der **Vorlage**, gesammelt. Den Rückstand in der Destillierblase bezeichnet man als **Sumpf(produkt)**.

Untersucht man anschließend das Destillat, stellt man fest, daß es sich ebenso wie die Ausgangslösung um ein Gemisch aus beiden Stoffen handelt. Der **Gleichgewichtsdampf** einer Lösung ist also selbst wieder ein **Gemisch**, das auch alle Komponenten enthält.

Die Konzentrationen der einzelnen Komponenten sind jedoch im flüssigen Gemisch und in den Brüden, die mit der Flüssigkeit im Gleichgewicht stehen, unterschiedlich. Die leichter flüchtige Komponente, die eine niedrigere Siedetemperatur hat, stellt im Dampf und somit im Destillat einen größeren Mengenanteil als im flüssigen Gemisch dar.

Weil die Konzentration an Leichtersiedendem in den Brüden höher ist, nimmt dessen Anteil im Sumpf ab. Im Verlauf der Destillation wird folglich der Anteil an Leichtersiedendem in den Brüden und somit im Destillat auch immer geringer. Wenn ein festgelegter Wert unterschritten wird, bricht man die Destillation ab.

4 Versuchsteil

4.1 Versuchsaufbau

Die Destillationsapparatur besteht grundsätzlich [Schroedel] aus einer Destillierblase, einem Kondensator und einer Vorlage.

Als Destillierblase verwenden wir (Abb.VI-4 und Abb.VI-5) einen Rundkolben mit Gehäuseheizhaube, als Kondensator wird ein Liebigkühler eingesetzt und als Vorlage dient ein Becherglas.

Das Kühlwasser wird im Liebigkühler, der als Wärmetauscher dient, im Gegenstrom zu dem Zweistoffgemisch geführt.

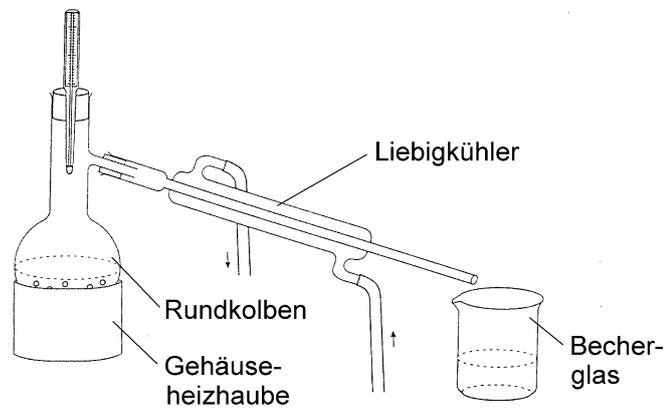


Abb.VI-4: Versuchsaufbau zur Destillation

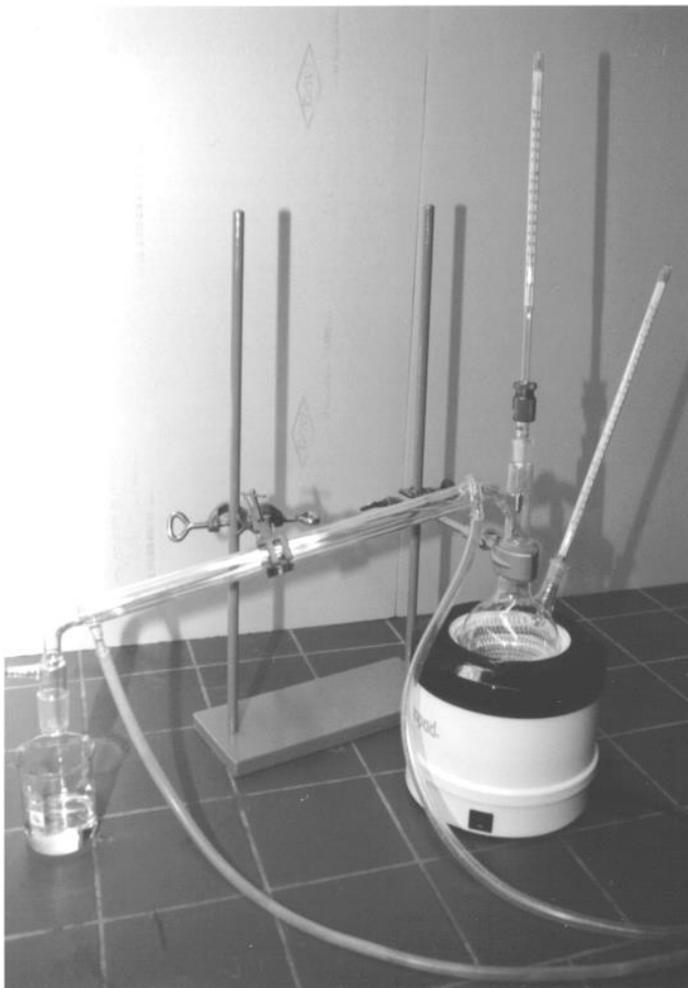


Abb.VI-5: Destillation

4.2 Versuchsplanung

- Überlegt Euch genau, wie Ihr bei der Versuchsdurchführung vorgehen werdet. Notiert die wichtigsten Schritte in kurzen Sätzen.
- Denkt bereits darüber nach (und schreibt nieder!), wie Ihr später den Versuch bewerten wollt.
- Was braucht Ihr alles zur Versuchsdurchführung?
- Hinweis: Beobachtet die Temperatur der Brüden und notiert die Werte im Verlauf der Versuchsdurchführung.
Notiert Euch die Beobachtungen.

4.3 Rücksprache vor Versuchsbeginn

Besprecht den Versuch mit dem Lehrer.

Zeigt ihm die geplante Vorgehensweise zur Versuchsdurchführung und die Tabellen zum Eintragen der Meßwerte.

4.4 Versuchsdurchführung und -auswertung

Vorsicht! Explosionsgefahr !!!!

Beim Erwärmen des Gemisches ist größte Vorsicht geboten!

Obwohl das verwendete Naphta-Leichtbenzin einen Siedebereich zwischen 100°C und 140°C hat, verdunstet es recht stark bei Umgebungstemperatur.

Diese Dämpfe, die Ihr riechen könnt, **sind leicht entzündbar!**

Es ist **absolut verboten**, ein **Feuer** in dem Raum **anzuzünden**.

Streichhölzer, Feuerzeuge und ähnliches gehören nicht in diesen Raum.

Achtet darauf, daß der **Raum gut belüftet** wird!

Die Glasgefäße müssen vor dem Zusammenstecken an den Schliffen mit Hahnfett (Exsikkatorfett) eingerieben werden. Dies dichtet zum einen ab, zum anderen lassen sich die Gefäße nach dem Versuch wieder leicht trennen. Andernfalls können Dämpfe zwischen den geschliffenen Flächen kondensieren und zu Anbackungen führen.

In den Rundkolben müssen ein paar Siedesteine gelegt werden. Diese verhindern beim Erwärmen des Zweistoffgemisches einen Siedeverzug. Dadurch wird die Flüssigkeit gleichmäßig erwärmt. Ein plötzliches Aufkochen durch schlagartiges Verdampfen der Flüssigkeit und explosionsartiges Hochspritzen wird verhindert.

Die Gehäuseheizhaube kann anfangs mit der 2. Heizzone betrieben werden, wenn das Gemisch anfängt zu verdampfen sollte sie auf die 1. Heizstufe zurückgeschaltet werden.

Achtung: Falls es im Raum **nach Benzindämpfen riecht**, müssen sofort die Gehäuseheizhaube ausgeschaltet werden und alle Verbindungen auf Dichtigkeit überprüft werden.

Ist das Kühlwasser eingeschaltet?

Während der Versuchsdurchführung sind die Meßwerte in die vorbereiteten Tabellen einzutragen.

! Vergeßt nach der Versuchsdurchführung nicht die Meßwerte zu interpretieren.

Das Meßprotokoll ist mit der Versuchsauswertung abzugeben.

5 Was war wichtig?

- Wodurch unterscheiden sich das Öl und das Benzin?
- Wie hoch war die Siedetemperatur des verwendeten Benzins? Wie kann man sie bei der Destillation ermitteln?
- Wie verhält sich die Siedetemperatur, wenn man einen reinen Stoff (z.B. Wasser) verdampft? Weshalb steigt die Temperatur im Rundkolben beim Verdampfen des Gemisches an?

6 Formelzeichen

Symbol	Bezeichnung	Einheit
p	Druck	bar
p _o	Dampfdruck	bar
t	Zeit	s
T	Temperatur	°C

7 Literaturverzeichnis

- [*Grassmann*] Grassmann, Peter und Widmer, Fritz:
Einführung in die Thermische Verfahrenstechnik
Walter de Gruyter
Berlin New York
ISBN 3-11-004214-2
- [*Hemming*] Hemming, Werner:
Verfahrenstechnik
Komprath-Reihe
Vogel Fachbuch
ISBN 3-8023-0084-X
- [*Richtlinie*] Merck Sicherheitsdatenblatt
Artikelnr.: 101770, Naphtabenzin 100°C-140°C
EG-Richtlinie 91/155/EWG
- [*Schroedel*] Schroedel Schulbuchverlag
Blickpunkt Chemie
Lehrerband mit Kopiervorlagen
Teil A
ISBN 3-507-86033-3
- [*TPEextr*] Praktikumsversuch V:
Extraktion
- [*TPPhysFl*] Praktikumsversuch VII:
Physikalische Größen von Fluiden
- [*Weast*] Weast, Robert C.:
Handbook of Chemistry and Physics
67th Edition 1986/87
CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida
ISBN 0-8493-0467-9