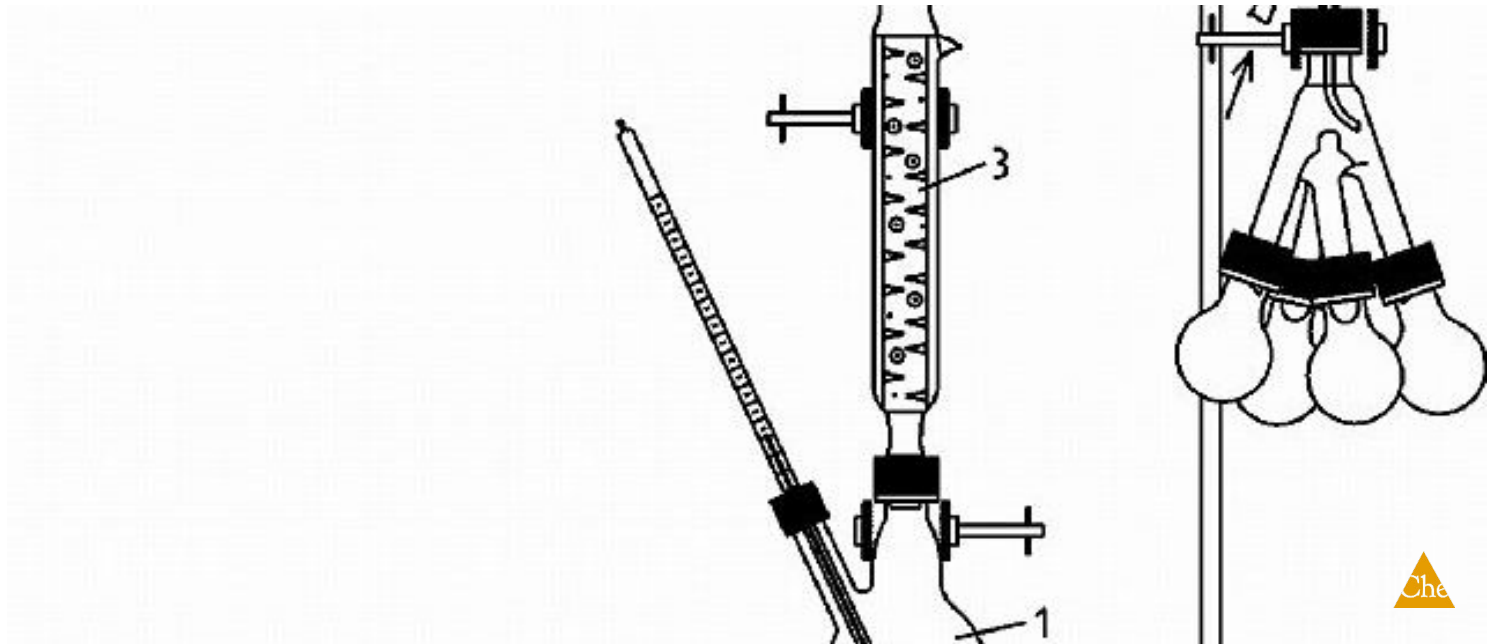


Trennung eines Flüssigkeitsgemisches durch Destillation



Die Schüler und Studenten lernen anhand der Trennung eines Wasser-/Ethanol-Gemisches die praktische Anwendung der Destillation kennen.

Chemie

Allgemeine Chemie

Stoffgemische & Stofftrennung



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

1



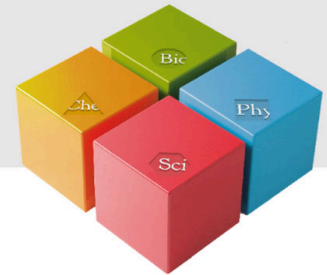
Vorbereitungszeit

10 Minuten



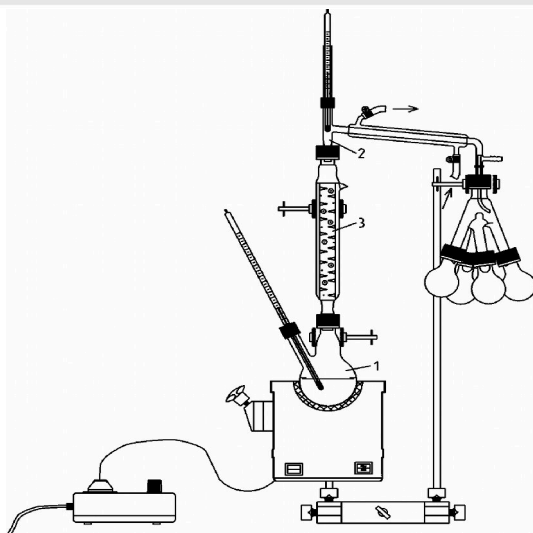
Durchführungszeit

10 Minuten



Allgemeine Informationen

Anwendung



Versuchsaufbau

Viele Stoffe liegen in der Natur als Stoffgemisch und nicht als Reinstoff vor. Da viele Stoffe aber als Reinstoff benötigt werden, wurden Trennverfahren entwickelt, um Stoffgemische in die einzelnen Bestandteile aufzutrennen. Die Trennung der einzelnen Komponenten eines Gemisches beruht dabei immer dem Unterschied der einzelnen Komponenten in einer physikalischen Größe wie z.B. Dichte oder Temperatur.

Ein bedeutendes Trennverfahren ist die sogenannte Destillation, mit deren Hilfe ein Gemisch aus zwei oder mehreren Komponenten voneinander getrennt wird. Das Trennverfahren der Destillation ermöglicht dabei das Trennen von flüssigen Stoffgemischen aufgrund unterschiedlicher Siedetemperaturen der einzelnen Komponenten.

Sonstige Informationen (1/3)

PHYWE
excellence in science

Vorwissen



Die Schüler und Studenten sollten bereits theoretisches Wissen über die Destillation besitzen und auch die möglichen Einsatzzwecke kennen.

Prinzip



Bei der Erwärmung des flüssigen Stoffgemisches verdampft zuerst der Stoff mit der niedrigeren Siedetemperatur und kann so als "reine" Komponente erhalten werden.

Sonstige Informationen (2/3)

PHYWE
excellence in science

Lernziel



Die Schüler und Studenten lernen anhand der Trennung eines Wasser-/Ethanol-Gemisches die praktische Anwendung der Destillation kennen.

Aufgaben



Die Schüler und Studenten destillieren ein flüssiges Stoffgemisch (Wasser-/Ethanol-Gemisch) unter Verwendung einer Destillationskolonne. Mit Hilfe einer drehbaren Vorlage werden verschiedene Fraktionen des Destillates gewonnen. Anschließend wird mit Hilfe einer Dichtemessung die Zusammensetzung (Ethanol : Wasser) der einzelnen Fraktionen ermittelt.

Sonstige Informationen (3/3)

PHYWE
excellence in science

Weitere Informationen

Die Trennung von Flüssigkeitsgemischen durch eine einfache Destillation gelingt nur dann einigermaßen sauber, wenn die Siedepunkte der einzelnen Flüssigkeiten mindestens 40 K auseinander liegen. Eine bessere Trennung der einzelnen Komponenten erzielt man durch fraktionierte Destillation, die durch die Verwendung einer Destillierkolonne auch in einem Arbeitsgang vorgenommen werden kann.

Durch die Kolonne wird der Weg des Dampfes zum Kühler verlängert. Dabei werden die höher siedenden Anteile des Gemisches in der Kolonne kondensiert und fließen als Rücklauf in den Kolben zurück. Die leichter siedenden Anteile gelangen in den Kühler und werden dort kondensiert.

Die Destillierkolonnen arbeiten nach dem Prinzip der Rektifikation und der Dephlegmation. Die Rektifikation beschreibt die Anreicherung durch ständigen Stoff- und Wärmeaustausch zwischen flüssiger und gasförmiger Phase und die Dephlegmation die Trennung durch partielle Kondensation an den Kühlflächen der Kolonne. Die Trennleistung steigt mit der aktiven Oberfläche einer Kolonne, aber die Durchsatzleistung geht mit dem zum Beispiel durch Füllkörper verringerten Querschnitt der Kolonne zurück. In der technischen Anwendung können zum Beispiel bei der Erdölraffination Kolonnen von 20 m Länge Gemische von wenigen Grad Siedepunktsdifferenz im Tonnenmaßstab trennen.

Sicherheitshinweise

PHYWE
excellence in science

- Während des Versuches müssen alle im Raum befindlichen Personen eine Schutzbrille tragen!
- Ethanol ist eine leichtentzündliche, mit Wasser mischbare Flüssigkeit, deren Dämpfe mit Luft explosionsfähige Gemische bilden können.
- Ethanol bzw. Ethanol/Wasser-Gemisch: Brennbares, halogenfreie organische Lösungsmittel und Lösungen in einem dafür gekennzeichneten Behälter sammeln.
- Beachten Sie für die H- und P-Sätze bitte die zugehörigen Sicherheitsdatenblätter.
- Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Theorie

Die Destillation als Trennmethode ist die einfachste und schnellste Methode um Flüssigkeitsgemische aufgrund der unterschiedlichen Siedetemperaturen der einzelnen Komponenten zu trennen.

Die Trennung von Flüssigkeitsgemischen durch eine einfache Destillation gelingt nur dann einigermaßen sauber, wenn die Siedepunkte der einzelnen Flüssigkeiten mindestens 40 K auseinander liegen.

Bei dem in diesem Versuch verwendeten Gemisch (Ethanol / Wasser) liegen die Siedepunkte aber nur etwa 20°C auseinander (Sdp. Ethanol ca. 78°C). Daher wird in diesem Versuch die Verwendung einer "effizienteren" Trennungsmethode untersucht.

Eine bessere Trennung der einzelnen Komponenten erzielt man durch fraktionierte Destillation, das heißt die mehrfache Wiederholung der Destillation, die durch die Verwendung einer Destillierkolonne auch in einem Arbeitsgang vorgenommen werden kann.

Material

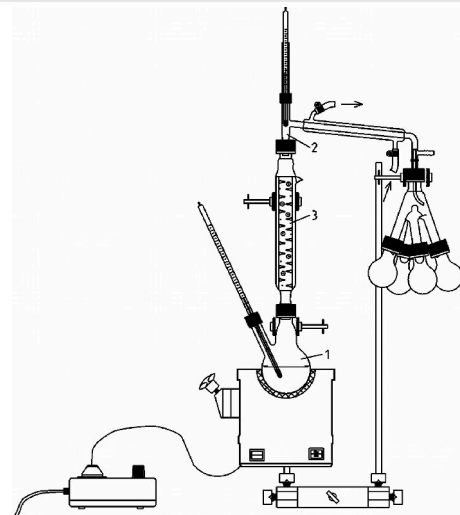
Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Stativfuß, dreieckförmig, für 6 Stangen, d ≤ 14 mm	02007-55	1
2	Stativstange, Edelstahl, l = 600 mm, d = 10 mm	02037-00	2
3	Doppelmuffe, Kreuzklemme	37697-00	3
4	Stativklemme, Spannweite 80 mm mit Stellschraube	37715-01	3
5	Rundkolben, Duran®, 250 ml, 2-Hals, GL 25/12, GL 18/8	35843-15	1
6	Rundkolben, Boro, 50 ml, 1-Hals, GL 25/12	MAU-27220001	4
7	Vigreux-Kolonne, GL 25/12	MAU-27224000	1
8	Liebigkühler, mit Aufsatz, GL 18/8	MAU-27223000	1
9	Gummischlauch, Innen-d = 6 mm, lfd. m	39282-00	3
10	Schlauchschelle für d = 8-16 mm, 1 Stück	40996-02	2
11	Laborthermometer, -10...+110°C, l=250mm, Tauchschaft 50mm	38056-00	1
12	Laborthermometer, -10...+250°C, l=320mm, Tauchschaft 160mm	38061-01	1
13	Gehäuseheizhaube für 250-ml-Rundkolben mit Personenschutz- schalter, 230 V	49542-93	1
14	Stativklemme für Gehäuseheizhauben	49557-01	1
15	Leistungssteller, 230 Volt, max. 2990 Watt	32288-93	1
16	Trichter, Laborglas, Oben-d = 80 mm	34459-00	1
17	Messzylinder, Boro, hohe Form, 100 ml	36629-00	1
18	Pyknometer, 25 ml, justiert	03023-00	1
19	Präzisionswaage, Sartorius ENTRIS® II, 620 g : 1 mg Modell BCE623i-1S	49311-99	1
20	Siedesteinchen, 200 g	36937-20	1
21	Ethanol, absolut, 500 ml	30008-50	1
22	Wasser, destilliert, 5 l	31246-81	1



Aufbau und Durchführung

Aufbau und Durchführung

- Baue die Apparatur wie in der Abbildung rechts auf. Achte darauf, dass die Halteklammern keine Spannungen erzeugen.
- Der Zweihalskolben wird mit einem Thermometer bestückt und mit 80 ml Wasser und 80 ml Ethanol sowie einigen Siedesteinchen beschickt.
- Auf den Kolben werden die Vigreuxkolonne und der Liebigkühler mit Thermometer gesetzt. Das Thermometer muss in den Destillationsdampf eintauchen.
- Am Ende des Kühlers wird eine drehbare Vorlage mit vier Produktkolben befestigt. Dann wird das Gemisch im Produktkolben erhitzt.



Versuchsaufbau



Auswertung

Auswertung (1/5)

Beobachtung

Das Gemisch aus Wasser und Ethanol beginnt etwa bei einer Kolbentemperatur von 80 °C zu sieden und als Dampf in der Vigreux-Kolonnen zu kondensieren. Der Rücklauf des Kondensats in den Kolben ist gut sichtbar. Durch die Kondensation wird die Apparatur bis hinauf zum Thermometer im Kühler erwärmt. Der oben an der Vigreux-Kolonnen ankommende Dampf hat eine Temperatur von etwa 78 °C.

Der Dampf wird im Liebigkühler kondensiert und tropft in die Vorlage. Im Verlauf der Destillation steigt die Kolbentemperatur langsam an, aber das Thermometer im Kühler zeigt weiterhin die Siedetemperatur des Ethanols von etwa 78 °C an. Nachdem etwa 30 ml überdestilliert sind, wird der Vorlagekolben durch Drehen des Vorstoßes gewechselt und etwa weitere 30 ml aufgefangen. Sobald die Temperatur im Kühler auf 79 bis 80 °C steigt, wird zum dritten Vorlagekolben gewechselt. Die Temperatur im Destillationskolben steigt währenddessen langsam auf 100 °C. Es wird destilliert, bis die Temperatur auch im Kolonnenkopf bzw. am Thermometer von 100°C erreicht ist.

Auswertung (2/5)

Auswertung

Von der zweiten Fraktion (eventuell auch von den ersten beiden Fraktionen) wird mit dem Pyknometer eine Dichtebestimmung vorgenommen. Einer Dichte von zum Beispiel $\rho = 0,814$ entspricht nach der Tabelle ein Ethanolgehalt von 94,7Vol%. Das Ergebnis der Destillation ist auch durch mehrfaches Fraktionieren nicht wesentlich zu verbessern, da das Azeotrop bei 95,6% liegt. Das restliche Wasser kann nur noch mit chemischen Mitteln wie gebranntem Kalk oder wasserfreiem Kupfersulfat entfernt werden (vergl. auch Versuch CT 36.2 "Herstellung von wasserfreiem Ethanol; Dichtebestimmung").

Dichte D_{20}^{20}	Gew.% Ethanol	Vol.% Ethanol	Dichte D_{20}^{20}	Gew.% Ethanol	Vol.% Ethanol	Dichte D_{20}^{20}	Gew.% Ethanol	Vol.% Ethanol	Dichte D_{20}^{20}	Gew.% Ethanol	Vol.% Ethanol	Dichte D_{20}^{20}	Gew.% Ethanol	Vol.% Ethanol
1,00000	0	0	0,96901	21	25,7	0,93479	41	48,43	0,89040	61	68,6	0,84245	81	86,2
0,99613	1	1,3	0,96763	22	26,9	0,93272	42	49,51	0,88807	62	69,6	0,83997	82	87,1
0,99629	2	2,5	0,96624	23	28,1	0,93062	43	50,6	0,88574	63	70,5	0,83747	83	87,9
0,99451	3	3,8	0,96483	24	29,2	0,92849	44	51,6	0,88339	64	71,5	0,83496	84	88,7
0,99279	4	5,0	0,96339	25	30,4	0,92636	45	52,6	0,88104	65	72,4	0,83242	85	89,5
0,99113	5	6,2	0,96190	26	31,6	0,92421	46	53,7	0,87869	66	73,3	0,82987	86	90,2
0,98955	6	7,5	0,96037	27	32,7	0,92204	47	54,7	0,87632	67	74,2	0,82729	87	91,0
0,98802	7	8,7	0,95880	28	33,9	0,91986	48	55,8	0,87396	68	75,1	0,82469	88	91,8
0,98653	8	10,0	0,95717	29	35,1	0,91766	49	56,8	0,87158	69	76,0	0,82207	89	92,5
0,98505	9	11,2	0,95551	30	36,2	0,91546	50	57,8	0,86920	70	76,9	0,81942	90	93,2
0,98361	10	12,4	0,95381	31	37,4	0,91322	51	58,8	0,86680	71	77,8	0,81674	91	94,0
0,98221	11	13,6	0,95207	32	38,5	0,91097	52	59,8	0,86440	72	78,6	0,81401	92	94,7
0,98084	12	14,8	0,95028	33	39,6	0,90872	53	60,8	0,86200	73	79,5	0,81127	93	95,4
0,97948	13	16,1	0,94847	34	40,7	0,90645	54	61,8	0,85958	74	80,4	0,80848	94	96,1
0,97816	14	17,3	0,94662	35	41,9	0,90418	55	62,8	0,85716	75	81,2	0,80567	95	96,7
0,97687	15	18,5	0,94473	36	43,0	0,90191	56	63,8	0,85473	76	82,1	0,80280	96	97,4
0,97560	16	19,7	0,94281	37	44,1	0,89962	57	64,8	0,85230	77	83,0	0,79988	97	98,1
0,97431	17	20,9	0,94086	38	45,2	0,89733	58	65,8	0,84985	78	83,8	0,79688	98	98,7
0,97301	18	22,1	0,93886	39	46,3	0,89502	59	66,8	0,84740	79	84,6	0,79383	99	99,3
0,97169	19	23,3	0,93684	40	47,4	0,89271	60	67,7	0,84494	80	85,4	0,79074	100	100,0
0,97036	20	24,5												

Ethanol-Wasser-Gemische (aus: E. Merck, Hilfstabellen für das chemische Laboratorium)

Auswertung (3/5)

Was beschreibt die Rektifikation?

- Keine der Antworten ist richtig.
- Die Rektifikation beschreibt die Trennung durch partielle Kondensation an den Kühlflächen der Kolonne.
- Die Rektifikation beschreibt die rückwärts laufende Destillation.
- Die Rektifikation beschreibt die Anreicherung durch ständigen Stoff- und Wärmeaustausch zwischen flüssiger und gasförmiger Phase.

Überprüfen

Auswertung (4/5)

Was beschreibt die Dephlegmation?

- Die Dephlegmation beschreibt die Trennung durch partielle Kondensation an den Kühlflächen der Kolonne.
- Die Dephlegmation beschreibt die Anreicherung durch ständigen Stoff- und Wärmeaustausch zwischen flüssiger und gasförmiger Phase.
- Die Dephlegmation beschreibt den gesamten Destillationsprozess und wird beispielsweise in der Genussmittelherstellung verwendet.

✓ Überprüfen

Auswertung (5/5)

Wie weit liegen die Siedepunkte von Ethanol und Wasser ungefähr auseinander?

- Der Siedepunkt von Ethanol liegt bei ca. 58°C, wodurch die Siedepunkte von Wasser und Ethanol ungefähr 40°C auseinander liegen.
- Der Siedepunkt von Ethanol liegt bei ca. 78°C, wodurch die Siedepunkte von Wasser und Ethanol ungefähr 20°C auseinander liegen.
- Der Siedepunkt von Ethanol liegt bei ca. 68°C, wodurch die Siedepunkte von Wasser und Ethanol ungefähr 30°C auseinander liegen.

✓ Überprüfen

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 14: Rektifikation	0/1
Folie 15: Dephlegmation	0/1
Folie 16: Siedepunkte	0/1

Gesamtsumme  0/3

 Lösungen

 Wiederholen