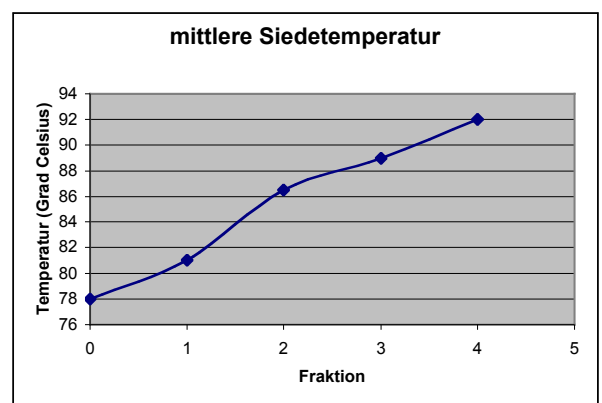
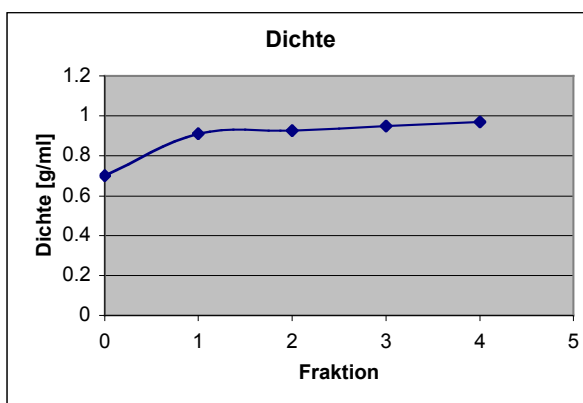


## Musterlösung zu CP 11: Destillation von Rotwein

- (1) Vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Destillierbrücke>. Die Destillationsbrücke stellte bei unserer Apparatur die Einheit aus Destillationsaufsatz (Claisen-Aufsatz) und Kühler (Liebig-Kühler) dar. Bei gewissen Apparaturen war auch der Vorstoss (als integraler Teil der Destillationsbrücke) vorhanden. Die Destillationsbrücke bilden also alle Teile, die vom Glasbläser mit dem Kühler zu einem einzigen Stück verbunden wurden. Müssen Kühler, Aufsatz und Vorstoss als Einzelstücke separat zu einer Destillationsapparatur verbunden werden, bestehen potenzielle Dichtigkeitsprobleme.
- (2) (a) Durch Erhitzen steigt die Temperatur des Gemischs (hier: Wein) im Destillierkolben. Wenn der Wein nach längerer Zeit zu kochen beginnt, steigt die Temperatur nur noch sehr langsam. Dampf steigt auf und kühlt sich im Gegenstromkühler ab. Der Stoff mit dem geringsten Siedepunkt verdampft zuerst. Die ersten Tropfen Destillat fallen vom Ende des Kühlers in die Reagenzgläser. Mit zunehmender Temperatur verdampfen auch andere Stoffe (hier v. a. Wasser).
- (b) Liegt ein Stoff im flüssigen Aggregatzustand vor, so herrschen zwischen den Teilchen des Stoffs hohe Anziehungskräfte vor (zwischenmolekulare Kräfte). Die Teilchen sind nicht geordnet. Die Teilchen können sich zwar aneinander vorbeibewegen, nicht jedoch voneinander weg. Der Abstand zwischen den Teilchen ist klein.  
Die zwischenmolekularen Kräfte sind für verschiedene Stoffe unterschiedlich gross. Erhitzt man nun ein Gemisch, so erhöht man die kinetische Energie der Teilchen. Die Teilchen bewegen sich schneller. Ab einer bestimmten Temperatur ist die zugeführte Energie für einen Stoff im Gemisch genug gross, um die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen zu überwinden: Der Siedepunkt ist erreicht. Die Teilchen bewegen sich voneinander weg – der Stoff verdampft. Sobald die Temperatur wieder sinkt (im Kühler), nimmt die kinetische Energie der Teilchen wieder ab. Die Teilchen nähern sich wieder, es werden Anziehungskräfte wirksam. Der Stoff kondensiert (wird flüssig).  
In unserem Beispiel (Wein) werden beim Erhitzen zuerst die Wasserstoffbrücken zwischen Ethanolmolekülen ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) und dann jene zwischen Wasser gelöst. Die Wassermoleküle ziehen sich stärker an (mehr H-Brücken, da zwei O–H-Bindungen pro Molekül).
- (3) (a) Es wird die Temperatur des Dampfes unmittelbar vor dem Kühler, also plus/minus am höchsten Punkt der Apparatur gemessen.
- (b) An der grossen Oberfläche der porösen Siedesteinchen kann Gas (hier Alkoholdampf) kontrolliert – d.h. sukzessive und kontinuierlich – ausgasen. Damit wird ein Siedeverzug (Übersieden) verhindert.

(4)



Die Dichte nimmt mit zunehmender Temperatur zu (experimentelle Daten stammen von einer Schülergruppe). Begründung: Mit zunehmender Temperatur kommt immer mehr Wasser ins Destillat, was die Dichte  $\rho$  erhöht ( $\rho_{\text{Wasser}} = 1 \text{ g/ml}$ ;  $\rho_{\text{Ethanol}} = 0.79 \text{ g/ml}$ )

- (5) Je höher der Alkoholgehalt, desto länger und besser brennt die Fraktion. Wenn der Alkoholgehalt zu klein ist (zu hoher Wasseranteil), brennt die Fraktion nicht.
- (6) Damit verhindert man, dass unerwünschte Stoffe mit etwas höherem Siedepunkt auch im Destillat zu finden sind.

- 
- (7) Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) hat infolge der schwächeren VdW-Kräfte zwischen den Molekülen einen geringeren Siedepunkt ( $64.5\text{ °C}$ ) als Ethanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) mit  $78\text{ °C}$ . Methanol verdampft also zuerst und wird mit der ersten Fraktion (= Vorlauf) entfernt.  
Methanol wird übrigens als Treibstoff im Motorrennsport (F-1) verwendet – auch in den Werner-Comics von Brösel, dort als Methyl bezeichnet.
- (8) (a) Ethanol, purum (96 %)
- (b) Azeotrop (gr.) heisst wörtlich in etwa 'durch Sieden nicht veränderbar'. Ein azeotropes Gemisch ist eine Mischung von Flüssigkeiten, deren Dampf dieselbe Zusammensetzung aufweist wie die Flüssigkeit. Ein solches Gemisch verhält sich also wie ein Reinstoff.  
Ethanol (absolut), d.h. Ethanol (100 %) erhält man durch Zugabe eines Trocknungsmittels wie Calciumhydroxid oder durch Zugabe von Benzol mit nachfolgender Destillation. Dadurch wird das Restwasser entfernt.