

D REKTIFIKATION

Bei der Destillation findet eine Trennung statt zwischen Dampf und Flüssigkeit, die thermisch im Gleichgewicht sind. Eine verbesserte Trennwirkung d.h. eine Anreicherung an Leichtersiedendem im Dampf und an Schwerversiedendem in der Flüssigkeit wird dadurch erreicht, daß ein Teil des Dampfes kondensiert und nochmals mit dem Dampf in Kontakt gebracht wird. Es wird somit eine rektifizierende (veraltet für berichtigende, verbessernde) Wirkung erzielt: man spricht von einer Rektifikation.

○ Trennwirkung

Stellen wir uns einen wärmeisolierten Behälter (Abb.1) vor, dem ein Zweistoffgemisch als **Flüssigkeit** der Konzentration x_α mit **Siedetemperatur** zuläuft.

Das gleiche Gemisch wird als **Sattdampf** der Konzentration y_α von unten zugeführt.

Da beide Stoffströme nicht im Gleichgewicht sind, haben sie unterschiedliche Temperaturen.

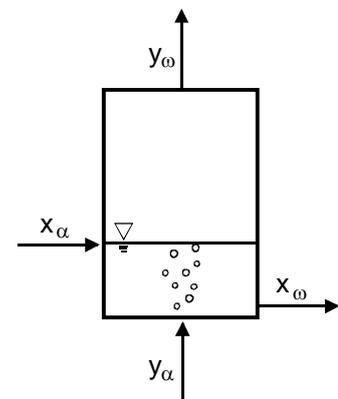
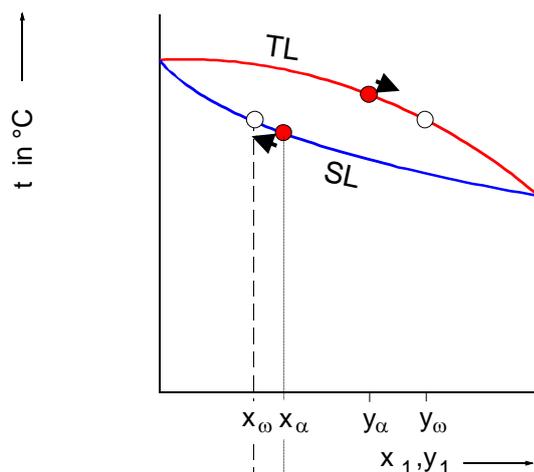


Abb.1: Trennstufe



Gehen wir davon aus, dass der **Dampf wärmer** ist (Abb.2) als die **Flüssigkeit**. Aufgrund der unterschiedlichen Temperaturen findet ein **Wärmeaustausch** zwischen den beiden Stoffströmen statt.

Der Gleichgewichtsdampf zur zufließenden Komponente x_α hat die Konzentration $y_e(x_\alpha)$ (e: „equilibrium“). Aufgrund der unterschiedlichen Konzentrationen findet ein **Stoffaustausch** zwischen beiden Stoffströmen statt.

Es findet also ein **gekoppelter Wärme- und Stoffaustausch** statt.

Die **Konzentration an Leichtersiedendem im Gleichgewichtsdampf** der **Flüssigkeit** ist (aufgrund der niedrigeren Temperatur) **höher** als im eingeblasenen Dampf ($y_e(x_\alpha) > y_\alpha$).

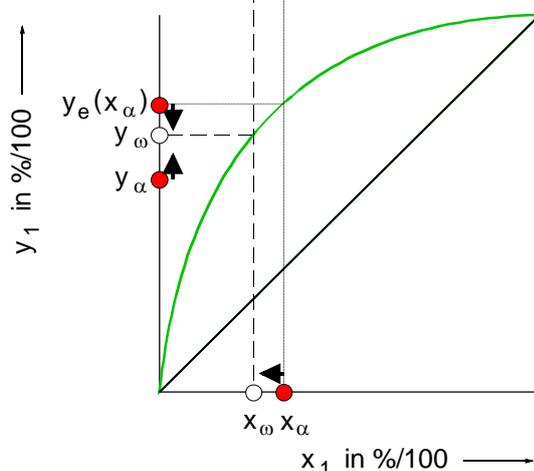


Abb.2: Siedediagramm und Gleichgewichtskurve

(Anders ausgedrückt: die Konzentration an Schwerersiedendem in der zufließenden Flüssigkeit ist kleiner als in der Flüssigkeit, die mit dem eingeblasenen Dampf im Gleichgewicht steht.)

Daher wird ein **Teil der schwerersiedenden Komponente aus der Gasphase kondensieren**, wodurch die Konzentration an Schwerersiedendem in der Flüssigkeit ansteigt.

Durch die freiwerdende Kondensationswärme verdampft die thermisch gleichwertige Menge an Leichtersiedendem in der Flüssigkeit, so daß die **Konzentration an Leichtersiedendem in der Gasphase ansteigt**.

Im idealen Fall stehen die ablaufende Flüssigkeit der Konzentration x_w und der aufsteigende Dampf y_w im Gleichgewicht, es gilt $y_w = y_e(x_w)$. Dann spricht man von einer **theoretischen Trennstufe**.

In Abb.3 ist eine Rektifikationsanlage mit vier theoretischen Stufen dargestellt. Die erste Trennung erfolgt in der **Blase** (Verdampfung des Sumpfes), die drei weiteren jeweils beim gekoppelten Wärme- und Stoffaustausch auf einem **Trennboden**.

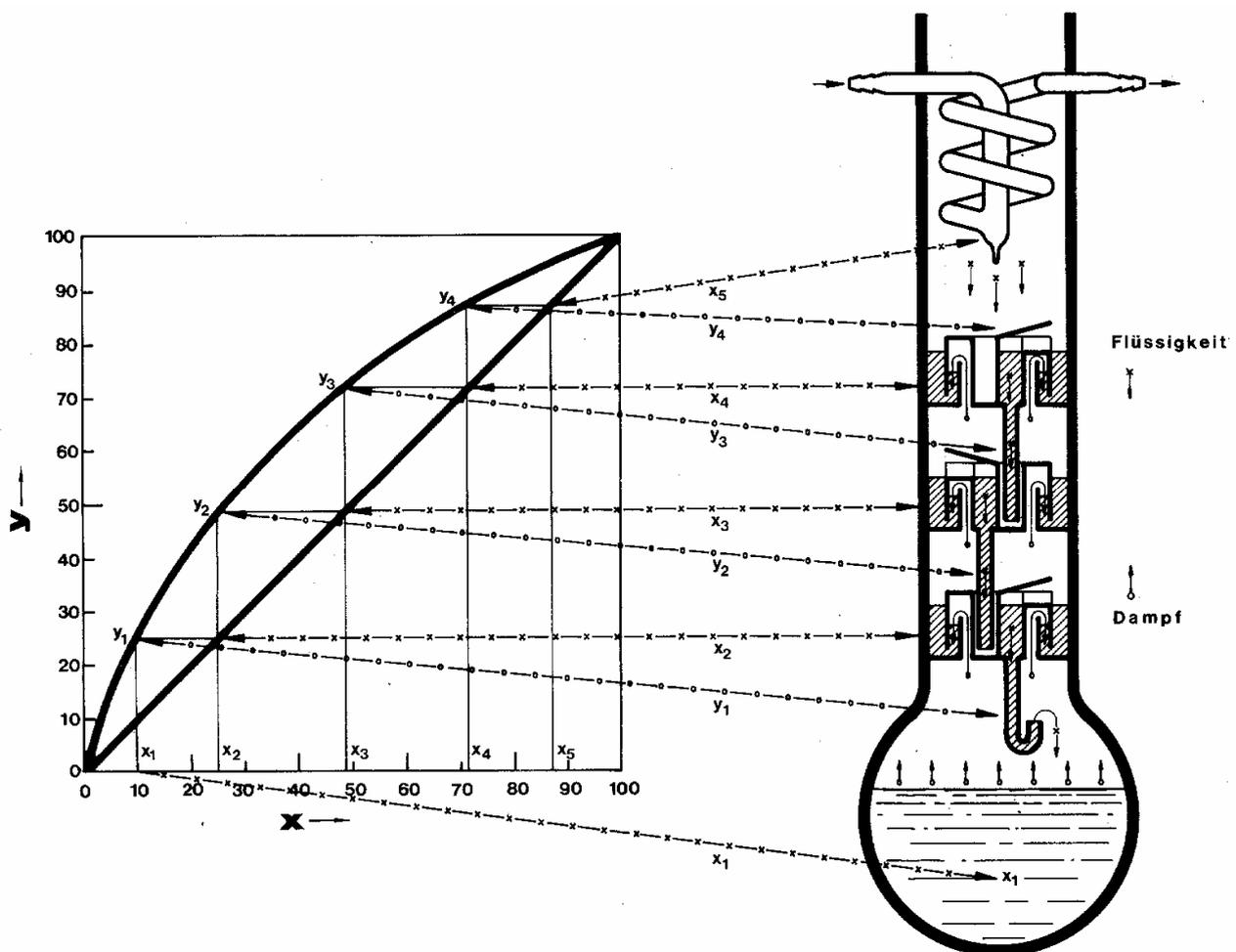


Abb.3: Rektifikationsanlage und Gleichgewichtsdiagramm (Quelle: FH Münster/D)

○ Bauarten

Die Rektifikation wird in einer Trennkolonne durchgeführt, wobei der **Wärme- und Stoffaustausch** zwischen beiden Phasen in einer vertikalen Austauschsäule stattfindet.

Das Ausgangsgemisch wird der Kolonne zugeführt. Die Flüssigkeit, die in den unteren Bereich der Kolonne -die Blase- fließt, bezeichnet man als Sumpf. Der hier durch einen Verdampfer erzeugte Dampf steigt auf und erreicht oben den sogenannten Kopf der Kolonne und wird als Kopfprodukt abgezogen und kondensiert. Das so entstandene Destillat wird (zum Teil oder auch ganz) in die Kolonne zurückgeführt und rieselt die Kolonne hinunter. Dabei finden Wärme- und Stoffaustausch mit dem aufsteigenden Dampf statt. Der **aufsteigende Dampf reichert sich mit Leichtersiedendem** an, wobei seine **Temperatur** laufend **abnimmt**. Die Flüssigkeit reichert sich in Strömungsrichtung mit Schwerersiedendem an, ihre Temperatur nimmt dabei zu.

Um den Austausch zwischen beiden Phasen zu optimieren, muß möglichst viel Oberfläche geschaffen werden. Hierzu kommen **Einbauten** in die Kolonne, wobei man zwischen **Bodenkolonnen** und **Füllkörperkolonnen** unterscheidet.

- Bodenkolonnen

In Bodenkolonnen werden Trennböden (Austauschböden) eingebaut, die möglichst viel Grenzfläche zwischen flüssiger und gasförmiger Phase schaffen sollen. Einfachste Bauformen sind **Siebböden**, dies sind Lochbleche wo die Flüssigkeit durchtropft und so mit dem aufsteigenden Dampf in Berührung kommt. Besonders aufwendig, jedoch häufig verwendet, sind **Glockenböden** mit beweglichen (**Ventilböden**) oder auch festen Glocken. Die Flüssigkeit sammelt sich auch auf dem Boden und läuft und läuft erst ab einer Mindesthöhe über ein Wehr ab. Der Dampf drückt die beweglichen Glocken hoch bzw. tritt unter den festen Glocken aus und durchströmt blasenförmig die Flüssigkeit, bevor er zum nächsten Boden aufsteigen kann.

Einen solchen Boden, der **ideal** funktioniert d.h bei dem **ablaufende Flüssigkeit** und **aufsteigender Dampf** im **Gleichgewicht** sind, bezeichnet man als einen **theoretischen Boden**. Mit Hilfe des **McCabeThiele-Diagramms** läßt sich die **Anzahl** der theoretischen Böden berechnen, um einen gewissen Reeinheitsgrad der getrennten Stoffströme zu erreichen. Unter Berücksichtigung von **Wirkungsgraden** läßt sich dann die wirklich erforderliche Anzahl an Böden berechnen, um eine Rektifikationsanlage für ein bestimmtes Gemisch auszulegen.

- Füllkörperkolonnen

Diese günstiger herzustellende Bauform wird mit einer **Füllkörperschüttung** gefüllt d.h. die Austauschsäule enthält eine Einlage oder **Packung** an **Füllkörpern**. Füllkörper können unterschiedliche Formen haben, angefangen von einfachen **Ringen** bis hin zu aufwendigen **Sattel-Formen**, die den Stoff- und Wärmeaustausch durch große Phasenoberflächen begünstigen.

Zur Auslegung solcher Füllkörperkolonnen vergleicht man die Trennwirkung eines Trennbodens mit einer entsprechenden Höhe an Füllkörperschüttung und berechnet daraus die erforderliche Gesamthöhe der Schüttung.

Im Buch (XI 3.3, S. 439 bis 442, S.444 u. 445) stehen weitere Informationen zu dem Trennverfahren und den Bauformen.