

# Gedächtnisprotokoll

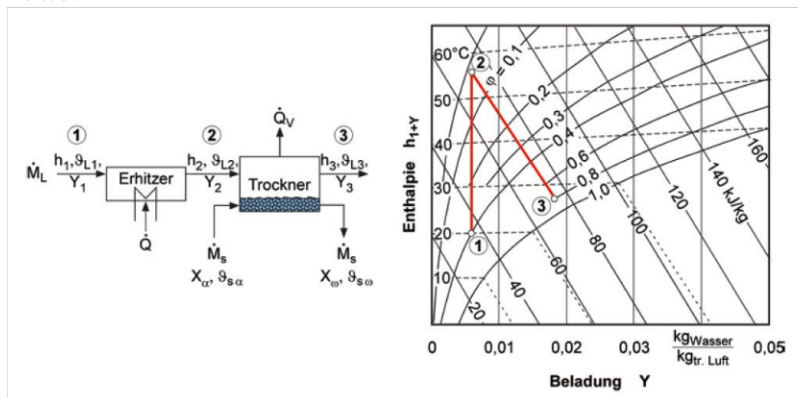
Prüfungsfach: Verfahrenstechnik II  
 Studiengang: Chemieingenieurwesen  
 Datum der Prüfung: 25.07.22  
 Prüfer: Prof. Dr. Kraume  
 Prüfungsdauer: ca. 40 Minuten  
 Note: 1.7

Vortrag: Thermische Trocknung fester Stoffe  
 Themen:

- Rieselfilme
- Bodenkolonnen

## Thermische Trocknung fester Stoffe

In meinem Vortrag habe ich den Energieverbrauch eines Trockners analog zum Skript hergeleitet. Hierfür habe ich zunächst eine Einführung gegeben, wieso der Energieverbrauch eine wichtige Größe ist und bin dann dazu übergegangen, einen einstufigen Konvektionstrockner zu skizzieren und grob zu erklären, was innerhalb des Trockners passiert. Zusätzlich habe ich im Mollierdiagramm die Zustandsänderung der Luft eingezeichnet. Hierbei habe ich aus Zeitgründen jedoch nur die Taulinie eingezeichnet, was ich mit dazu gesagt habe, da das Mollierdiagramm sonst zu viel Zeit eingenommen hätte.



Dann bin ich zur eigentlichen Bilanz übergegangen:

$$\dot{M}_L h_1 + \dot{M}_s c_{ps} \vartheta_{s\alpha} + \dot{M}_s X_\alpha c_{pW} \vartheta_{s\alpha} + \dot{Q} = \dot{M}_L h_3 + \dot{M}_s c_{ps} \vartheta_{s\omega} + \dot{M}_s X_\omega c_{pW} \vartheta_{s\omega} + \dot{Q}_V. \quad (10.30)$$

Die anschließenden Schritte, wie sie im Skript gezeigt werden, habe ich gar nicht näher erläutert, sondern nur gesagt, dass die Gleichung nach dem Wärmestrom umgestellt werden muss und der Energieaufwand  $q$  die zum Aufheizen der Luft notwendige Wärmemenge bezogen auf die auszutreibende Wassermenge ist, sodass man die gesamte Gleichung also auch noch auf den Wassermassenstrom bezogen werden muss.

Dann habe ich erklärt, welche Annahmen getroffen werden können, wenn man einen idealisierten Trockner betrachtet und am Ende die Formel aufgeschrieben, die sich ergibt, wenn man alles in die Anfangsgleichung (10.30) einsetzt:

$$q = \frac{h_3 - h_1}{Y_3 - Y_1} - c_{pW} \vartheta_K$$

Abschließend hatte ich erklärt, was diese Gleichung im Mollierdiagramm bedeutet, also dass die Steigung der Verbindungsgeraden zwischen Punkt 1 und 3 möglichst klein sein soll und dass dieser spezifische Energiebedarf auch für Umlufttrockner gilt, welche in der Industrie wesentlich häufiger genutzt werden.

**Anmerkung:** Beim Üben des Vortrags hatte ich meist 05:30 Minuten gebraucht. Während des Vortrags hatte ich mich allerdings des Öfteren versprochen, weswegen ich vermutlich sogar noch länger gebraucht hatte als sonst, allerdings hatte mich Prof. Kraume auch nicht unterbrochen und keinen negativen Kommentar dazu gemacht. Allgemein hat er keinen Kommentar zum Vortrag gemacht und ließ sich während des Vortrags auch nicht anmerken, ob ihm gefällt, was er hört, aber davon sollte man sich nicht aus der Ruhe bringen lassen. Die meiste Zeit hatte ich sowieso aufs Blatt geschaut, weil ich irgendetwas aufgeschrieben oder erklärt habe.

**Frage: Wo genau kann ich denn in Ihrem Mollierdiagramm die Enthalpie ablesen?**

Ich habe dann zunächst noch mal erklärt, dass ich aus Zeitgründen nur die Taulinie eingezeichnet habe, weil das Mollierdiagramm sehr komplex aufgebaut ist. Dann habe ich alle fehlenden Linien, also Isothermen, relative Feuchtigkeiten und Isenthalpen eingezeichnet und grob erklärt. Eigentlich wollte er nur auf die Isenthalpen hinaus, aber er hat mich auch nicht unterbrochen.

**Frage: Woraus ergibt sich denn der Verlauf der Isenthalpen? Müssten diese nicht waagrecht verlaufen?**

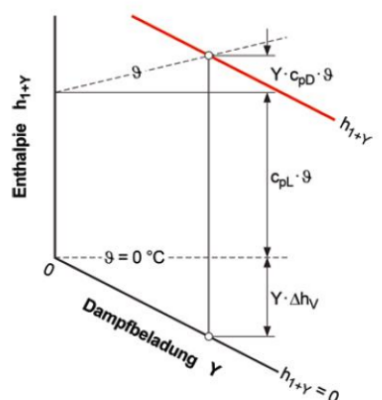
Habe verneint und die Besonderheit des Diagramms erklärt, da die Achsen gedreht sind, um den Bereich der ungesättigten Luft besser darstellen zu können.

**Frage: Dann erklären Sie doch mal, woher sich die Drehung ergibt und woraus sich eigentlich die Anteile der Enthalpie ergeben.**

Ich habe es genau wie im Skript erklärt, also zunächst ein normales Diagramm inklusive dem Verlauf der Isenthalpen gezeichnet und dann das Diagramm so gedreht, dass die Y-Achse der Enthalpie von 0 entspricht. Dazu habe ich dann erklärt, woraus sich die Enthalpie ergibt und die entsprechenden Anteile in das Diagramm erklärt.

$$h_{1+Y} = c_{pL} \vartheta + Y (\Delta h_v + c_{pD} \vartheta)$$

**Abb. 10.5** Schematischer Aufbau des Enthalpie-Konzentrations-Diagramms nach Mollier



**Frage: Sie hatten ja vorhin die Kühlgrenztemperatur (bei den Annahmen eines idealisierten Trockners) erwähnt. Wieso ergibt sich diese denn aus der verlängerten Nebelisotherme?**

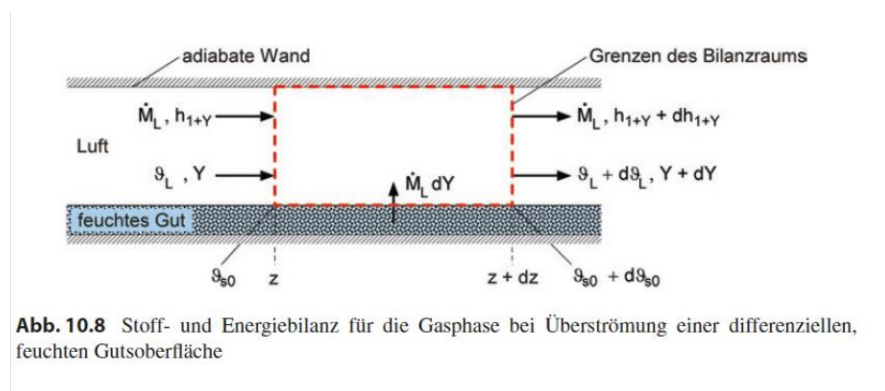
Da ich zunächst nicht genau wusste, wie ich antworten soll, habe ich zunächst erklärt, was die Kühlgrenztemperatur überhaupt ist. Anschließend habe ich erklärt, wie die Steigung der Nebelisothermen zustande kommt. Dazu zunächst die Gleichung für die Enthalpie im Nebelgebiet aufgestellt und dann nach der Beladung abgeleitet und auch erwähnt, dass diese Steigung annähernd der Isenthalpen entsprechen würde.

$$h_{1+Y} = c_{pL} \vartheta + Y_S (\Delta h_v + c_{pD} \vartheta) + (Y - Y_S) c_{pW} \vartheta$$

$$\frac{dh_{1+Y}}{dY} = c_{pW} \vartheta$$

**Frage: Und woraus ergibt sich jetzt die Steigung für die Zustandsänderung der Luft im Trockner?**

Habe angesetzt, dass man hierfür eine differentielle Bilanz aufstellen kann, woraufhin er bestätigend genickt hat. Diese Bilanz wird auch im Unterkapitel der Kühlgrenztemperatur erläutert. Zunächst habe ich also das Bilanzvolumen gezeichnet, die einzelnen Terme erklärt und dann die Bilanz aufstellt:



**Abb. 10.8** Stoff- und Energiebilanz für die Gasphase bei Überströmung einer differentiellen, feuchten Guts oberfläche

$$\dot{M}_L h_{1+Y} + \dot{M}_L dY c_{pW} \left( \vartheta_{s0} + \frac{d\vartheta_{s0}}{2} \right) = \dot{M}_L (h_{1+Y} + dh_{1+Y})$$

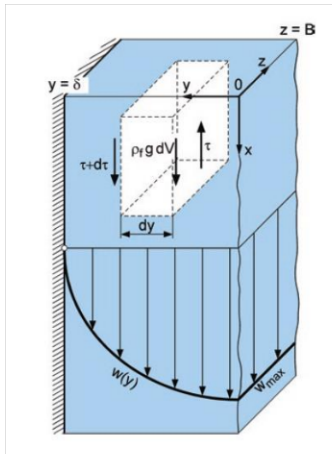
Bevor ich dann aber seine eigentliche Ausgangsfrage beantworten konnte, meinte er, dass er sehe, ich hätte es verstanden und ist zum nächsten Thema übergegangen.

## Rieselfilme

**Frage: Woraus ergibt sich denn das Geschwindigkeitsprofil eines Rieselfilms?**

Zunächst habe ich wieder das Bilanzvolumen aufgezeichnet und erläutert, was für Kräfte hierbei beachtet werden müssen. Bei dem Aufstellen der einzelnen Terme für die Gewichtskraft und Zähigkeitskraft habe ich mich etwas dämlich bei den betrachteten Längen angestellt, weswegen er dort etwas nachhelfen musste.

Schließlich habe ich dann die allgemeine Bilanz aufgeschrieben, den Satz von Taylor angewendet und die Gleichung nach dem Differential umgestellt. Ich wollte schon dazu übergehen, die Gleichung zu integrieren, als er mich unterbrochen hat und meinte, dass müsse ich nicht machen.



**Frage: Wie lauten denn die Randbedingungen, die sie zum Lösen der DGL benötigen?**

Ich habe also zunächst das Geschwindigkeitsprofil in meine Skizze eingezeichnet und dann erklärt, welche Geschwindigkeiten sich bei  $y=0$  und  $y=\delta$  ergeben.

- |         |                  |   |   |
|---------|------------------|---|---|
| 1. RB : | bei $y = \delta$ | $w = 0$   | Haftbedingung an der Wand                         |
| 2. RB : | bei $y = 0$      | $\tau (y = 0) = \eta_f \left[ \frac{dw(y)}{dy} \right]_{y=0} = 0$ | kein Impulsaustausch zwischen Gas und Flüssigkeit |

**Frage: Nun wird das Gas im Gegenstrom mit einem recht hohen Volumenstrom in den Rieselfilmapparat aufgegeben. Die Annahme, die Sie getroffen haben, dass kein Impulsaustausch zwischen dem Rieselfilm und dem Gas auftritt, ist nämlich eigentlich falsch. Was passiert nämlich in diesem Fall mit Ihrem Geschwindigkeitsprofil?**

Habe also die Änderung des Geschwindigkeitsprofils in die Skizze zuvor eingezeichnet. An der Oberfläche des Rieselfilms fließt der Film nun langsamer als zuvor ab, sodass die 2. Randbedingung von zuvor nicht mehr gültig ist.

**Frage: Was passiert dann mit Ihrem Rieselfilm? Wird er dicker oder dünner?**

Hier war ich planlos und habe laut versucht, mir irgendwas zusammenzureimen, aber bin zu keiner richtigen Erklärung gekommen.

**Frage: Betrachten wir mal Packungskolonnen, was passiert denn dort mit Ihrem Flüssigkeitsfilm?**

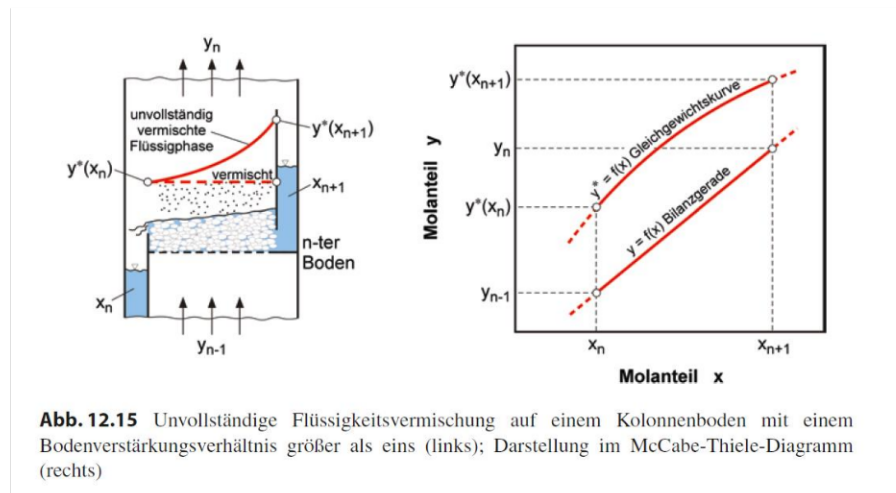
Ich habe zunächst nicht gewusst, worauf er hinauswill und erst was von Randgängigkeit und dem statischen Flüssigkeitsvolumen erzählt, wobei ich schon gemerkt habe, dass das keinen Sinn ergibt. Dann kam mir endlich der Gedanke, dass er auf den Staupunkt hinauswill. Wenn die Gasleerrohrgeschwindigkeit erhöht wird, steigt die Flüssigkeitsfüllzahl an und der Rieselfilm wird dementsprechend dicker. Damit war er dann zufrieden.

## Bodenkolonnen

**Frage: Erklären Sie mir doch mal, was das Boden- und Punktverstärkungsverhältnis ist. Beginnen Sie vielleicht erst mal damit, einen Boden und die auftretenden Ströme zu skizzieren.**

Habe also den Boden inklusive dem Konzentrationsprofil wie im Skript aufgezeichnet und erst mal allgemein erklärt, was denn eine Bodenkolonne sei. Dann habe ich das entsprechende McCabe-Thiele-

Diagramm aufgezeichnet und grob die Bilanz- und Gleichgewichtslinie eingezeichnet. Anschließend bin ich auf das Verstärkungsverhältnis eingegangen, also was es darstellt und den entsprechenden Formeln und bin schließlich dazu übergegangen, im McCabe-Thiele-Diagramm zu erklären, wo sich die entsprechenden Molanteile befinden und wieso das Bodenverstärkungsverhältnis größer als eins sein kann. Bis dahin hatte er mich nicht unterbrochen und mich einfach erzählen lassen.



**Frage: Stimmen die Bilanz- und Gleichgewichtslinie denn so, wie Sie sie eingezeichnet haben?**

War erst ziemlich irritiert von der Frage bis er mir sagte, ich solle doch mal genau schauen, wo die beiden Linien bei mir liegen. Ich hatte ehrlich gesagt nur eine grobe Skizze gemacht und nicht genau darauf geachtet, wie die beiden Linien verlaufen. Meine Bilanzlinie lag dementsprechend unterhalb der Winkelhalbierenden und meine Sättigungslinie ging nicht durch 0 und 1. Habe also gesagt, dass das so natürlich Quatsch wäre und dann noch hinzugefügt, dass sich die Bilanzlinie als Winkelhalbierende ja nur ergäbe, wenn man totalen Rücklauf hat. Diese Erkenntnis hat mich aber ziemlich viel Zeit und ein paar falsche Ansätze gekostet. Er meinte nämlich, dass sich meine Bilanzlinie ja mit der Gleichgewichtslinie schneiden müsste, was mich ziemlich irritiert hat, da ich nur das McCabe-Thiele-Diagramm aus dem Skript (siehe oben) vor Augen hatte.

**Frage: Wo genau liegen denn nun Ihre Molanteile, die Sie in Ihrem Boden eingezeichnet haben?**

Da ich wie gesagt nur das McCabe-Thiele-Diagramm aus dem Skript vor Augen hatte und mein Diagramm aber nun anders aussah, war ich dermaßen irritiert, dass ich es nicht mehr richtig auf die Reihe bekommen habe. Die Zeit war dann leider auch schon vorbei.

**Anmerkung:** Bei diesem Thema habe ich mich definitiv am schlechtesten angestellt, da ich mir nie genau angeschaut habe, wie eigentlich die Bilanz- und Gleichgewichtslinien verlaufen müssen, sodass mich seine genauen Nachfragen komplett aus dem Konzept gebracht haben.

#### Atmosphäre:

Die Prüfungsatmosphäre war insgesamt recht entspannt. An dem Tag waren es 35 °C und die Prüfung wurde aufgrund der Pandemie mit FFP2-Maske durchgeführt, dementsprechend anstrengend waren die äußerlichen Bedingungen und ich musste auch um eine kurze Trinkpause bitten. Prof. Kraume war jedoch sehr nett, hat bei Nachfragen immer geduldig reagiert und hat auch Hinweise gegeben, wenn ich mir irgendwo nicht so ganz sicher war.

**Tipps zur Prüfung:**

Er hat mir leider kein genaues Feedback gegeben, was er gut fand, aber ich glaube, es kam ganz gut an, dass ich von mir aus immer sehr viel erzählt habe. Dabei habe ich meist auch Sachen erzählt, nach denen er gar nicht konkret gefragt hat, die also eigentlich nur zusätzliches Wissen demonstrieren sollten. Dabei habe ich aber versucht, nicht zu sehr abzuschweifen, sondern mich immer auf die eigentliche Frage zu beziehen, damit er nicht denkt, ich würde versuchen, der Frage auszuweichen. Er hat mich zumindest nie in meinen Erklärungen unterbrochen.

**Tipps zur Vorbereitung:**

Ich habe zunächst das gesamte Skript durchgearbeitet, indem ich alle Verständnisfragen beantwortet habe, was zwar sehr mühselig ist, aber einem eine ganz gute Idee gibt, welche Themen im Kapitel denn besonders wichtig sind. Ganz am Anfang war ich ziemlich erschlagen von dem Skript, da es sehr umfangreich ist. Hier war es für mich hilfreich, sich wirklich nur auf das Wichtigste im Kapitel zu beschränken. Allgemein würde ich sagen, dass es ausreichend ist, die Verständnisfragen und Fragen aus alten Gedächtnisprotokollen zu kennen. Wobei das auch nicht auf jede einzelne Verständnisfrage zutrifft, einige wurden noch nie abgefragt. Lediglich in dem Kapitel, in dem man seinen Vortrag hält, sollte man möglichst alle wichtigen Bilanzen kennen. Zu meinem Thema hatte ich jedoch leider auch kaum Gedächtnisprotokolle, weswegen ich nicht sagen kann, ob ich typische Fragen gestellt bekommen habe.

Das Allerwichtigste ist meiner Meinung nach jedoch das Lernen mit anderen. Ich bin jede Verständnisfrage und Frage aus dem Altprotokoll mit Kommilitonen durchgegangen. Allein hätte ich mich definitiv nicht so gut auf die Prüfung vorbereiten können und vor allem war es wichtig, auch schon mal gewisse Themen laut erklärt zu haben. Bei Themen, wo wir uns unsicher waren, haben wir uns noch mal Erklärungen von Prof. Kraume aus den aufgezeichneten Vorlesungen angehört. Insgesamt würde ich eine intensive Lernzeit von drei bis vier Wochen empfehlen.