

VT-Prüfungsprotokoll

Datum: 19.12.08

Beisitzer: Cornelia Merz

Note: 1.3

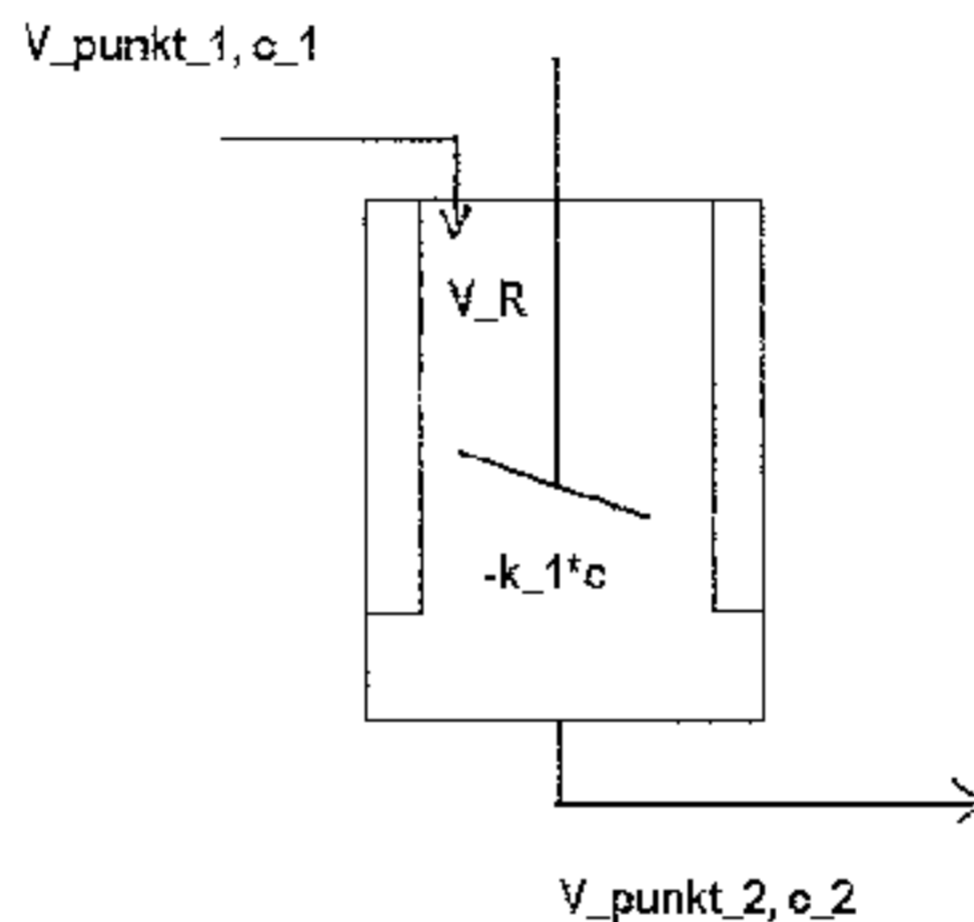
1. Vortrag: Rieselfilm

- Konzentrationsverläufe für Reaktion 2. Ordnung gezeichnet und erläutert
- Sh über x^* Diagramm erklärt

Nachfragen

- Wie sieht der Sh-Verlauf für chemische Reaktion 1. Ordnung und $Da=\infty$?
- Warum ergibt sich ein so gravierender Unterschied zwischen den Sh-Verläufen von 1. und 2. Ordnung bei $Da=\infty$?
- Was passiert im Sh-Diagramm für $x^*\rightarrow 0$, wie sieht der Gradient aus?
- Da ich darauf keine zufriedenstellende Antwort wusste, musste ich über die Penetrationstheorie, unter Einbau der Verweilzeit eine Gleichung $Sh=f(x^*)$ herleiten. Das war ganz schön schwer, aber geht.

2. Grundlagen



- Er zeichnete mir die obige Anordnung auf, er wollte den zeitlichen Verlauf der Konzentration.
- Annahmen: IRK, $V_R=\text{konstant}$
- Danach noch den Konzentrationsverlauf über die Zeit auftragen

3. Platte

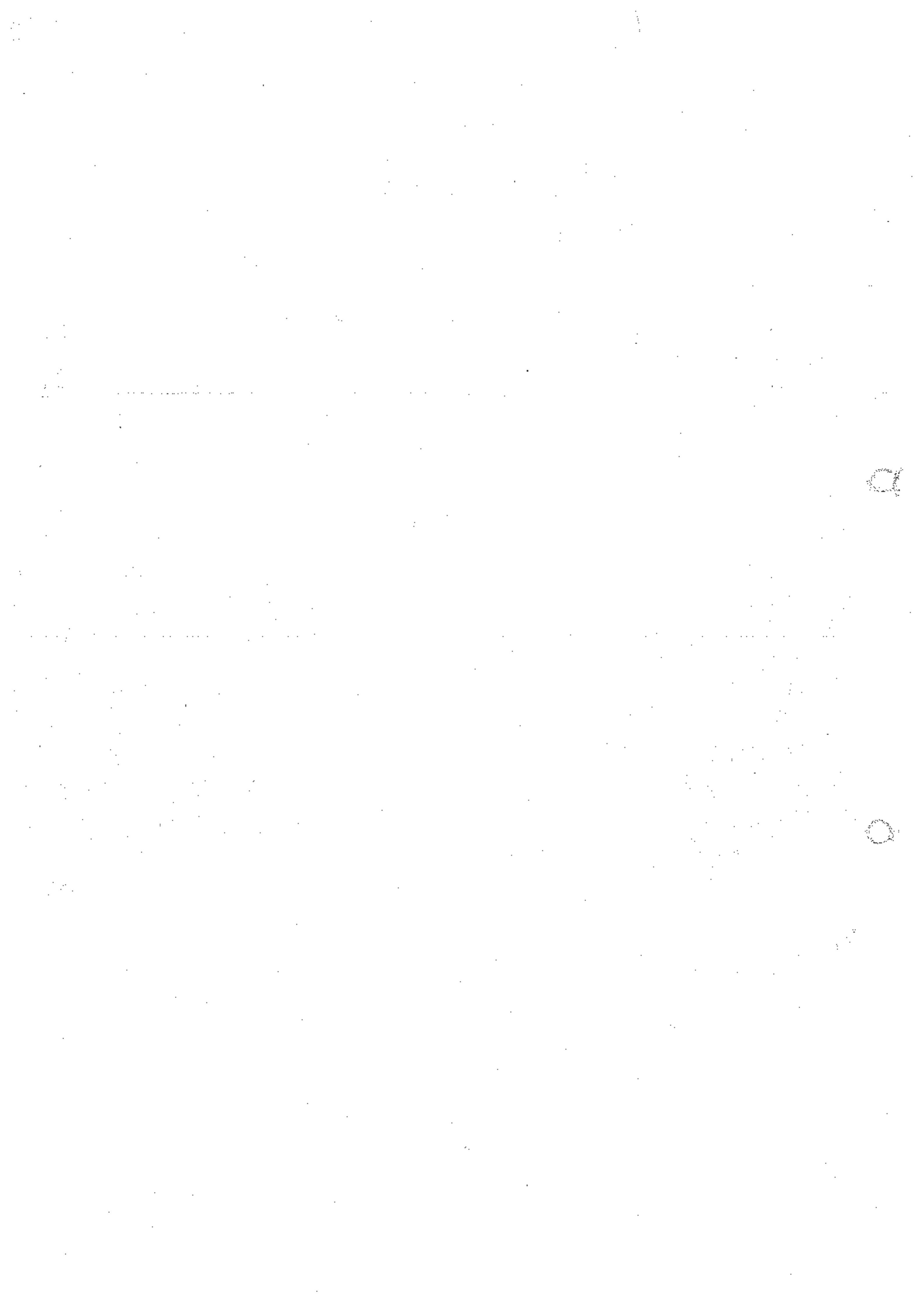
- Geschwindigkeitsprofile an einer Platte zeichnen
- Grenzschichtverlauf darstellen
- Gradienten erläutern, herleiten wie diese zustande kommen
- Widerstandsbeiwert über die Lauflänge darstellen

4. Partikel

- Er zeichnete eine Kugel und meinte das ist eine Partikel, die sich instationär bewegt
- Kräftepfeile einzeichnen
- Herleiten der Kräftebilanz

- Grafischer Verlauf der Partikelbeschleunigung und da ich mich verplappert hatte auch der Partikelabbremmung

Viel Erfolg



Prüfungsprotokoll VT I & II

Datum: 12.02.2010

Note: 1,3

Prüfer: Kraume

Skript: VT I SoSe 2005, VT II SoSe 2008

Vortragsthema: Rieselfilme (homogene chem. Reaktion 2. Ordnung am Rieselfilm)

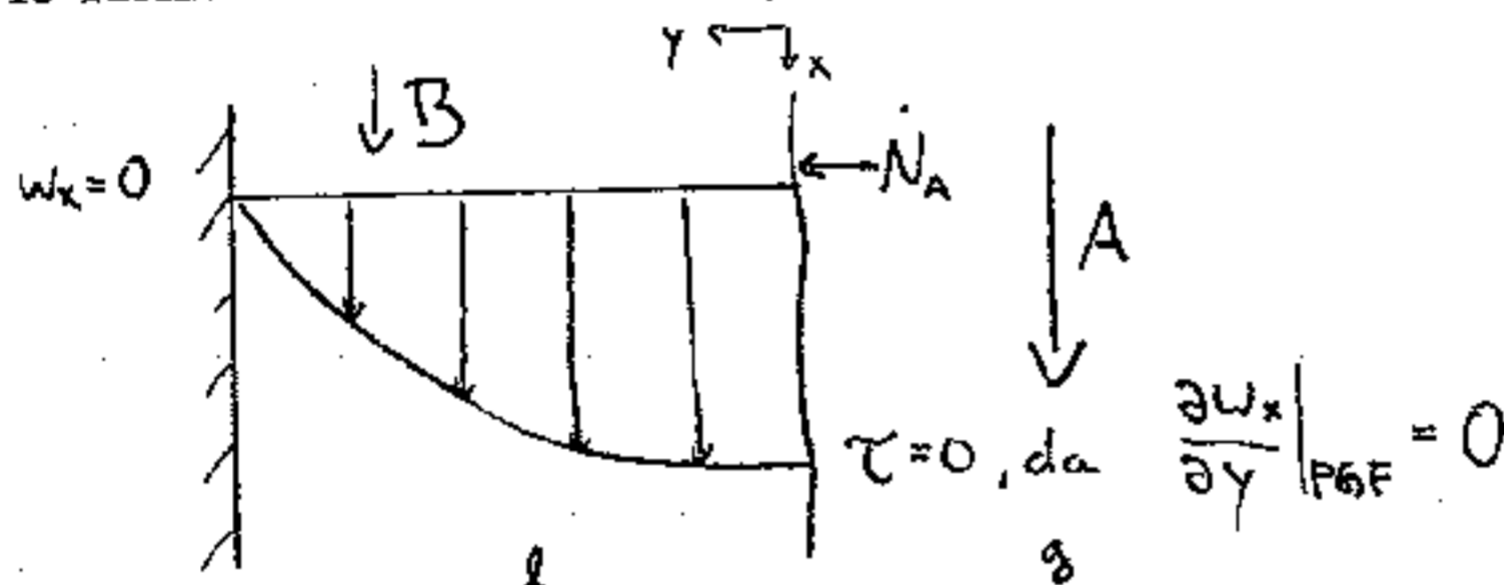
Sonstige Themen:

- Partikel (Stofftransport bei Partikeln)
- Rohre und Platten (ebene Platte)
- Mehrphasenströmungen (Feststofftransport in Rohrleitungen)

Vortrag Rieselfilme (RF)

Homogene chemische Reaktion 2. Ordnung am RF bei endlicher Damköhlerzahl.

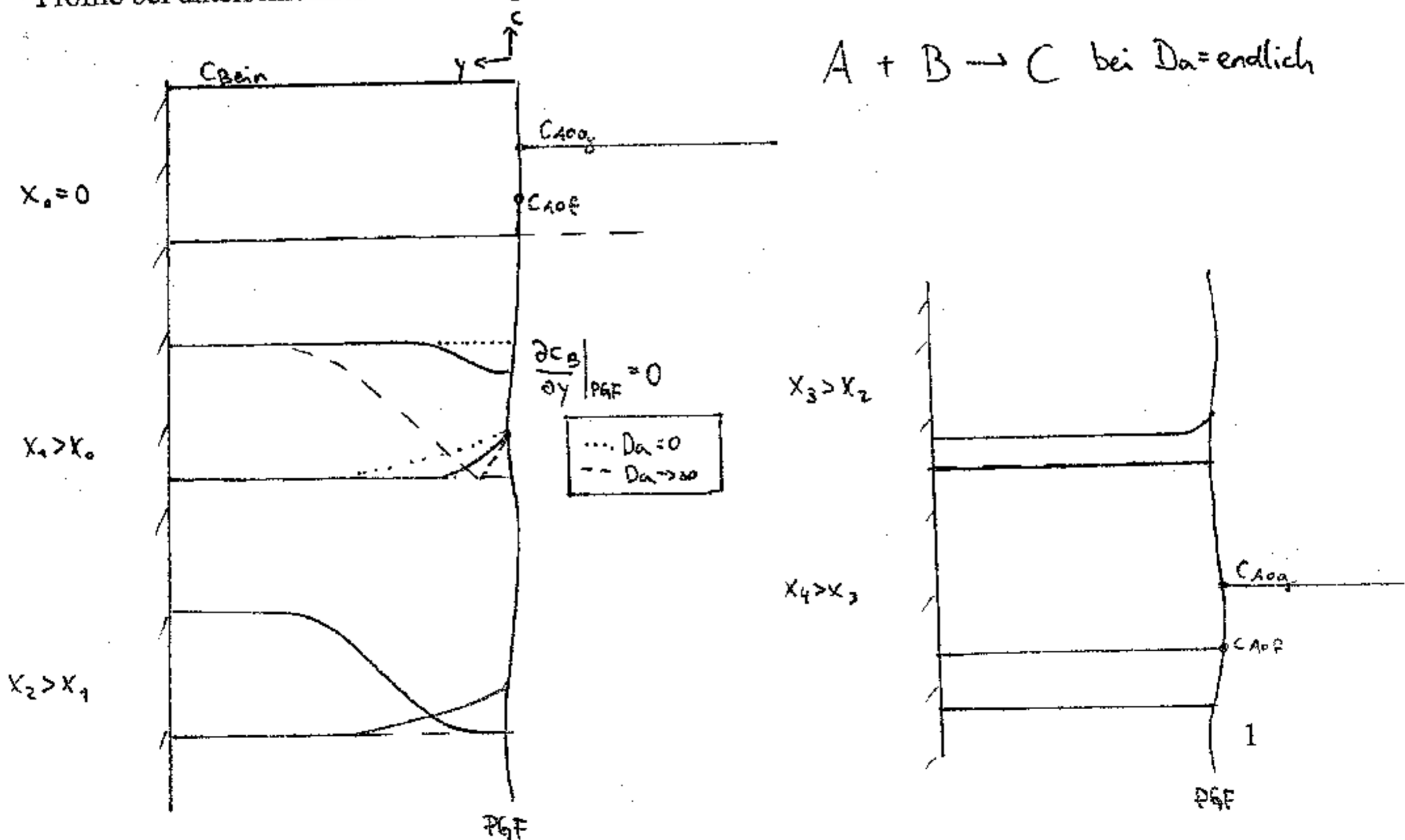
Fluidynamik: glatter, laminarer Rieselfilm, kein Impulsübertrag über die PGF ($\tau=0$, da Gradient = 0), Gasphase im Gleichstrom, bereits am Eintritt fluidynamisch ausgebildet, keine Beeinflussung des Geschwindigkeitsprofils durch den Stofftransport (ST) und die chem. Reaktion. Die Kenntnis des Geschwindigkeitsprofils ist für die beschreibende DGL des ST notwendig.



* Einfluss der Da-Zahl auf die Lauflänge erklärt bei der Lauflänge x_g

Konzentrationsprofile: Keine Abreicherung des Stoffes A in der Gasphase, Abreicherung des Stoffes B im RF, PGF undurchdringlich für den Stoff B. Unendlich guter SÜ der Gasphase. *

Profile bei unterschiedlichen Lauflängen zweifarbig gezeichnet:



Fragen zum Vortrag:

- Warum ist der gassetige Konzentrationsgradient an der PGF null?

Habe erst in die falsche Richtung argumentiert bin dann aber auf das Verhältnis der Diffusionskoeffizienten gekommen. Da nur Diffusion in y-Richtung:

$$-D_g \left(\frac{\partial c_A}{\partial y} \right)_g = D_f \left(\frac{\partial c_A}{\partial y} \right)_f$$

Ich hatte die Diffusionskoeffizienten von Wasser in Luft und Luft in Wasser gelernt, also eingesetzt. Der gassetige Gradient ist in dem Fall 10000 mal kleiner.

- Zeichnen sie doch mal ein Sherwooddiagramm.

Ich habe mir Sh über x^* ausgesucht und verschiedene Da eingetragen (Abb.10.18)

- Was bedeutet der Grenzwert 3,41 für große x^* ?

Es existiert ein Grenzwert für β , da zum einen die Konzentrationsdifferenz gegen Null geht und zum anderen aber die Fläche gegen unendlich geht

$$\dot{N} = \beta A \Delta c_A$$

- Wie sieht denn das Diagramm bei hom. Chem. Reaktion 1. Ordnung und unendlicher Da aus?

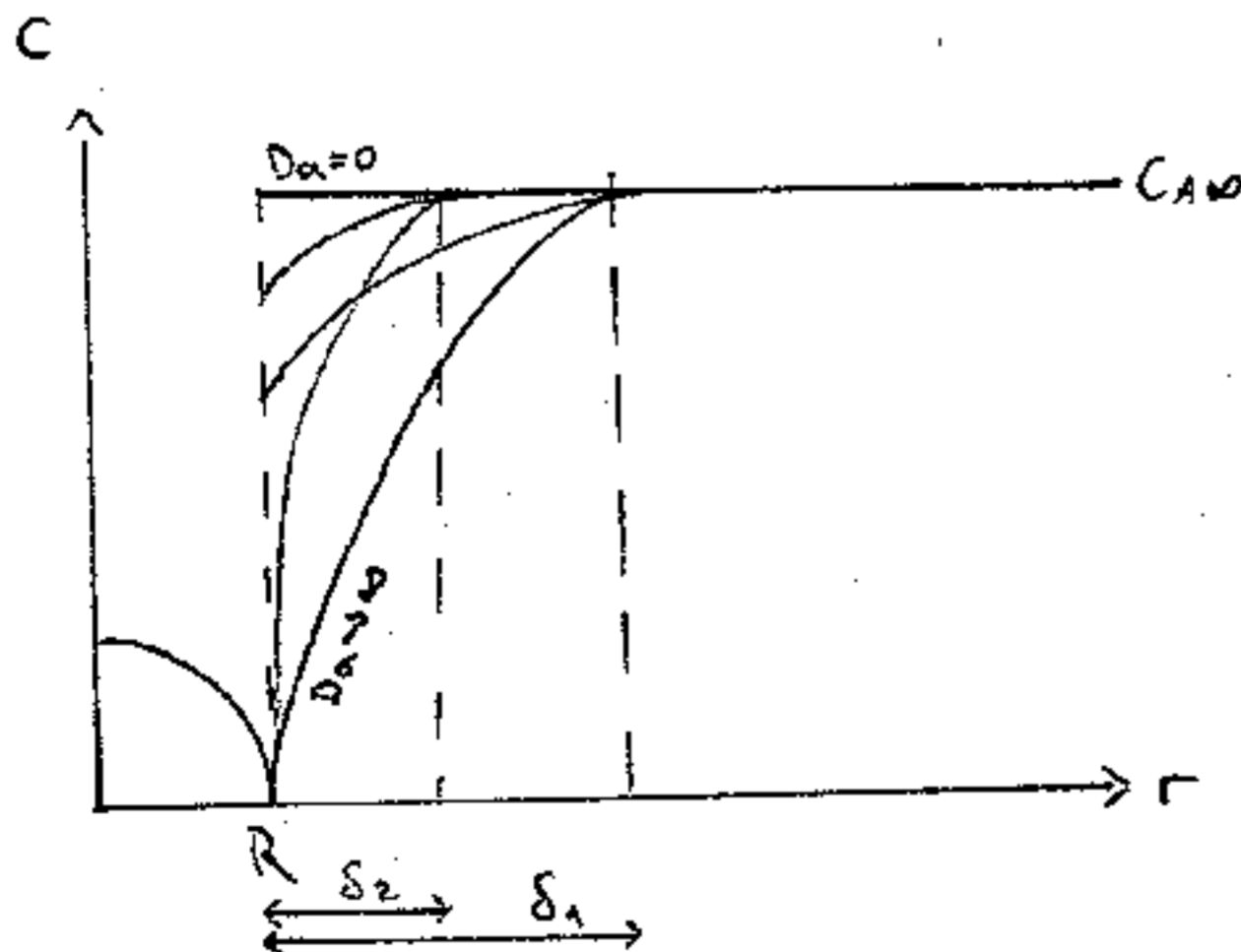
Ich wusste es nicht direkt und habe erst einmal das Diagramm Beschleunigungsfaktor E über x^* gezeichnet (Abb.10.14). für eine unendliche Da -Zahl wird E ebenfalls unendlich und damit β . Man kann es also nicht in das Diagramm einzeichnen.

- Welche Stelle bei ihren Konzentrationsprofilen entspricht denn diesem Punkt? (Er zeigt auf die Stelle bei $x^*=1$, wo $Da=0$ und $Da \rightarrow \infty$ zusammenfallen und der konstante Endwert 3,41 ist)

Es entspricht der Lauflänge bei der die Komponente B vollständig verbraucht ist und nur noch rein physikalischer ST stattfindet, damit ist E gleich eins und die beiden Da -Kurven liegen übereinander. (bei x_3)

Stofftransport bei Partikeln

Kraume zeichnet das Koordinatensystem mit der Partikel und der Grenzschicht und ich soll die Konzentrationsprofile für verschiedene Damköhlerzahlen bei heterogener Reaktion einzeichnen. Ich wähle also $Da=0$, $Da=\text{endlich}$, $Da \rightarrow \infty$



$$Pe_2 > Pe_1$$

$$\delta_2 < \delta_1$$

- Was passiert wenn Pe größer wird?

Grenzschichtdicke nimmt ab, da stärkere Konvektion.

- Zeichnen Sie doch mal die Profile für dieselben Damköhlerzahlen ein.
 Konzentration an der Kugeloberfläche bei der endlichen Da ist höher bei größerer Pe. Der Gradient ist ebenfalls größer (Abb. 12.6)

- Warum?

Durch erhöhte Konvektion höhere Konzentration an der Partikeloberfläche. D und k sind konstant da wir dieselbe Da betrachten. Also folgt aus:

$$\left(\frac{\partial c_A}{\partial r}\right)_W = \frac{k_W c_{A0}}{D_{AB}}$$

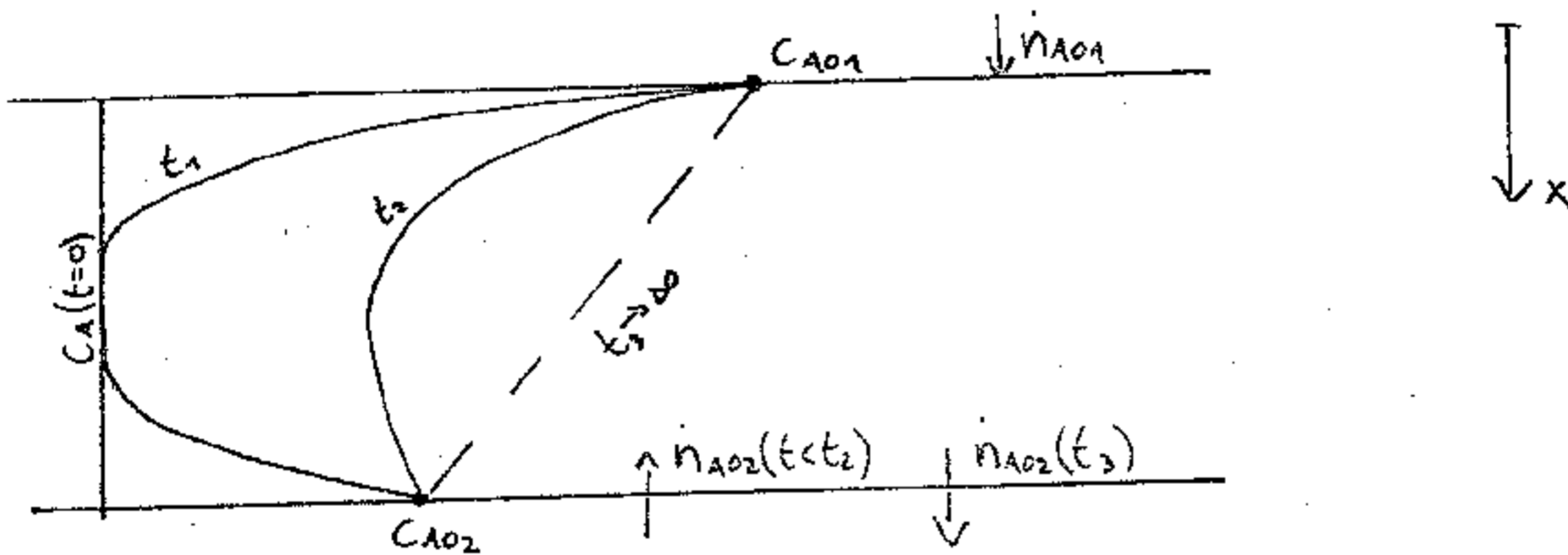
Dass der Konzentrationsgradient an der Wand größer sein muss.

- Wie ist β bei heterogenen Reaktionen definiert?

Nicht mit der Konzentrationsdifferenz sondern mit der Konzentration c_{A0} , weil die Konzentration an der Oberfläche nur schwer zu bestimmen ist.

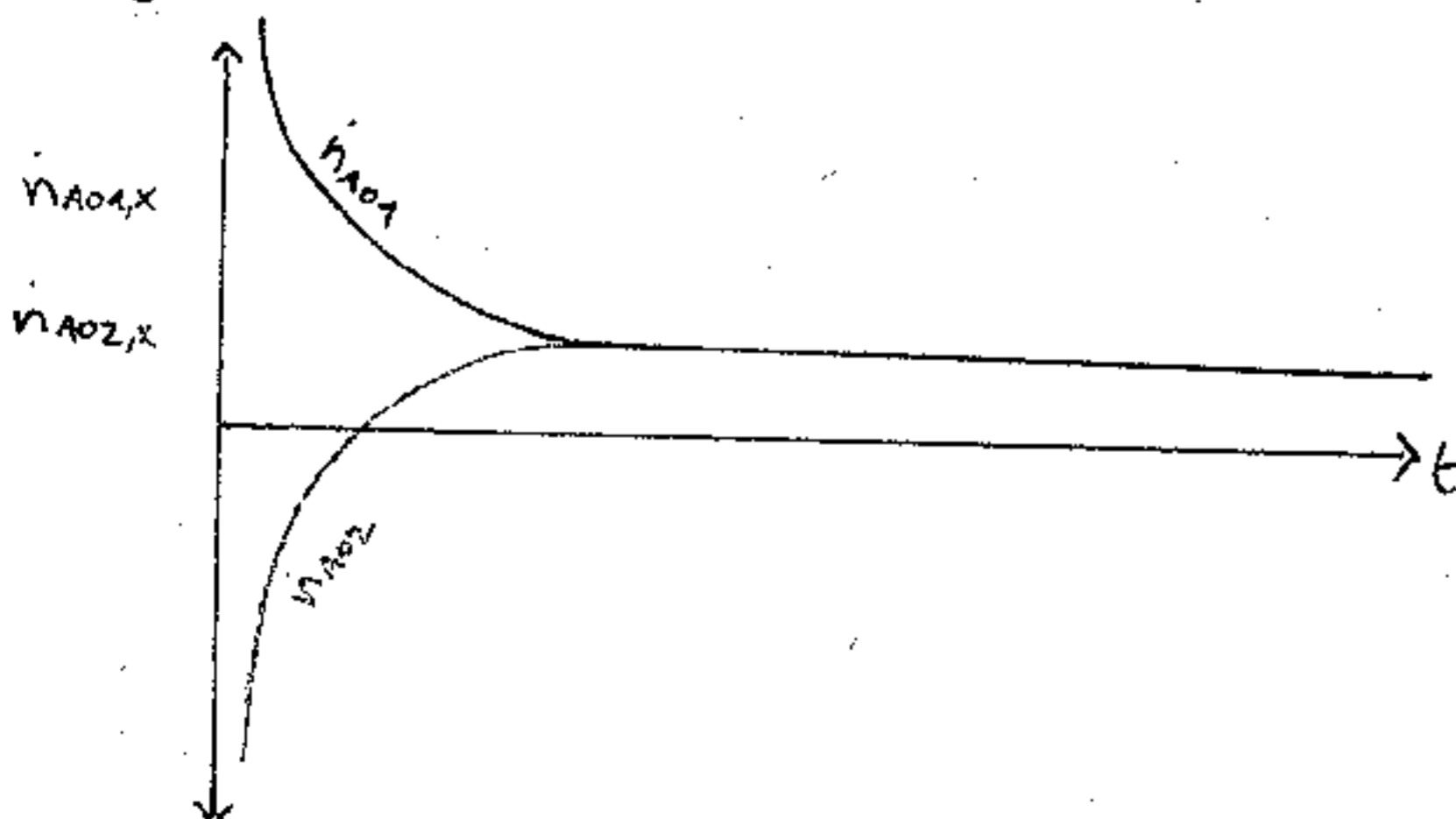
Ebene Platte

Kraume zeichnet zwei Platten mit unterschiedlichen Konzentrationen an der Oberfläche, die Konzentration bei $t=0$ und die Richtung der x Koordinate:



Es handelt sich um reine Diffusion. Zeichnen Sie die Konzentrationsprofile für verschiedene t. Ich fange wieder mit den Grenzfällen an. $t=0$ unendlicher Gradient an den Plattenoberflächen, $t \rightarrow \infty$ lineares Profil, da nur Diffusion und ebene Platte. Dazwischen nichtlineare, asymmetrische Profile.

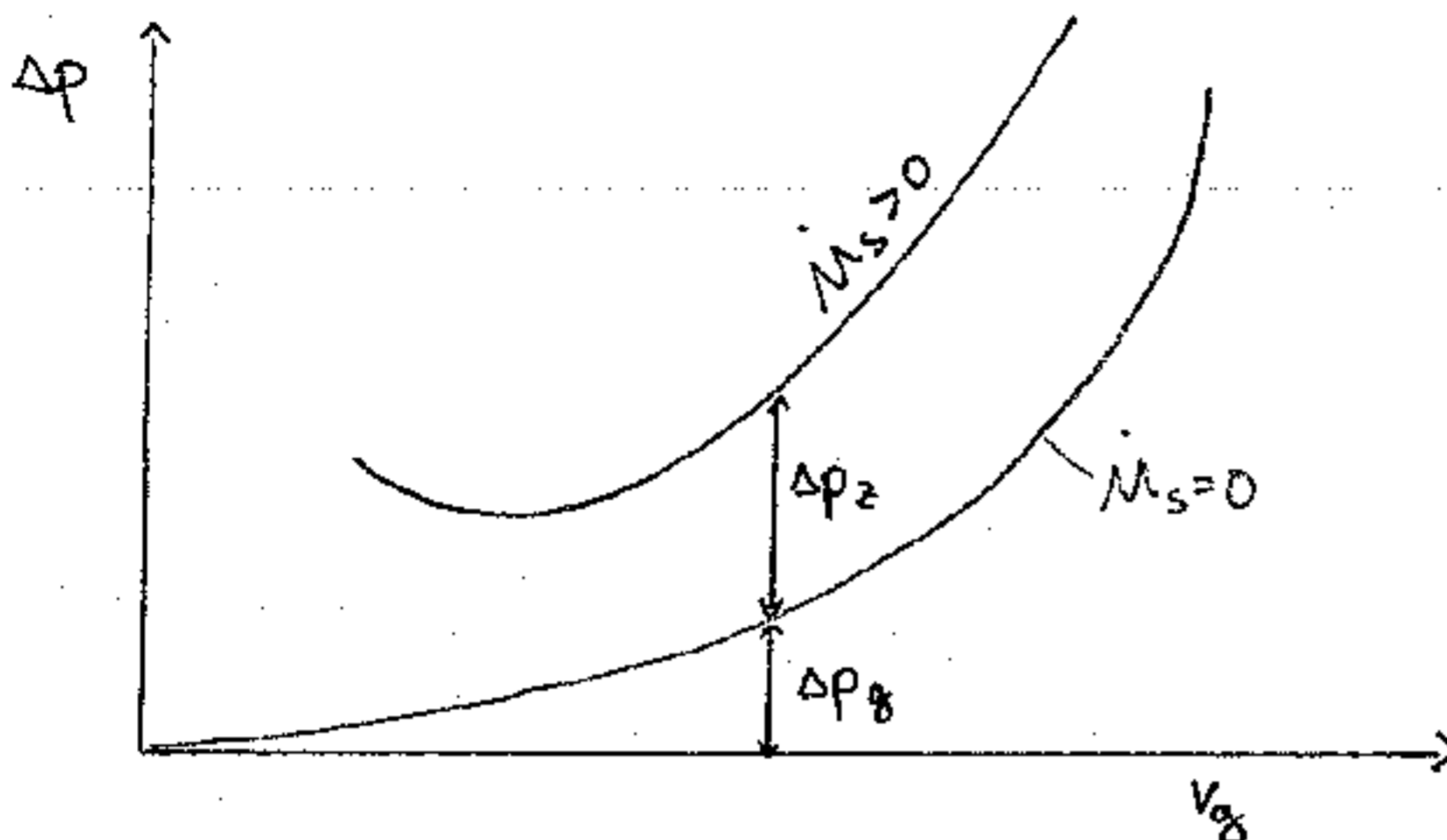
Nun zeichnet er ein Koordinatensystem mit den Stoffströmen der beiden Platten über die Zeit. Für $t \rightarrow 0$ unendlicher Stoffstrom, da Gradient unendlich groß. Für große t sind die Stoffströme gleich groß und positiv, da $c_{A01} > c_{A02}$.



Feststofftransport in Rohrleitungen

- Erklären Sie doch mal woraus sich der Druckverlust zusammensetzt.

Er besteht aus dem Druckverlust der Gasströmung und dem Zusatzdruckverlust (Abb.14.7):



- Woraus besteht der Zusatzdruckverlust?

Habe alles mit eigenen Worten und ohne Formeln erklärt weil ich die auch nicht kannte, was aber in Ordnung war. Also Druckverlust durch Wandstöße, Hub und Reibung und Beschleunigung. Er fragte wovon die einzelnen Druckverluste abhängen (Anzahl der Wandstöße je Flächeneinheit, Widerstandsbeiwert, Erdbeschleunigung, Winkel ...ich habe einfach aufgezählt welche Einflussgrößen mir eingefallen sind). Bei dem Beschleunigungsdruckverlust wollte er dann noch hören, dass es die Änderung der Geschwindigkeit der Masse ist.

- Zeigen Sie mir doch mal die verschiedenen Betriebszustände in Ihrem Diagramm

Wusste ich auch nur grob. Bei großen Gasleerrohrgeschwindigkeiten Flugförderung, dann mit abnehmender Geschwindigkeit Strahlen- und Dünenförderung sprich Dichtstromförderung (Abb.14.4)

Prüfungsvorbereitung:

Insgesamt etwa 8 Wochen intensiv. Skript gelesen und zusammengefasst (nicht sehr sinnvoll da sehr zeitaufwändig), Karteikärtchen mit den wichtigsten Diagrammen, Stoffwerten von Wasser und Luft etc. Gegen Ende auf Empfehlung meines Lernpartners nur noch Prüfungsprotokolle durchgelesen und Prüfungen „simuliert“. So kennt man den Großteil der Fragen bereits vorher und hat vieles schon mal gedanklich durchgespielt. Sprechstunden sind auch ganz hilfreich. Dort kann man seinen Vortrag halten, den man wirklich gut vorbereiten sollte. Der Vortragskomplex wurde in meiner Prüfung am längsten behandelt mit schwierigeren Fragen als bei den anderen Themen. Man sollte alle Diagramme kennen und den Komplex verstanden haben.

Prüfungsatmosphäre:

Entspannt nach anfänglicher Aufregung und den ersten Fragen.

Tips:

- Nehmt euch Zeit um erst einmal über seine Frage nachzudenken, und fragt nach was genau gemeint ist.

- Ruhe bewahren auch wenn man mal Blödsinn erzählt hat.

- Die Antworten aus den Protokollen wirken so als folgten sie unmittelbar auf seine Frage. Dadurch nicht entmutigen lassen, ich habe während der Prüfung auch nach der Lösung gesucht und bin manchmal erst mit seiner Hilfestellung darauf gestoßen.

- In der Sprechstunde nach dem "wichtigsten aus VTI&II in Kürze" fragen

↳ Diagramme der Komplexe auf 2 DIN-A4 Seiten

Prüfungsprotokoll zur VT I + II

Prüfer: Kraume
Beisitzer: Patrick Meier

Datum: 14/07/2000
Note: 1,0

Prüfungskomplexe: - Bodenkolonnen (Vortragsthema)
- Grundlagen
- Trocknung
- Blasensäulen

Vortragsthema: **Bodenkolonne**

Ich habe die Belastbarkeit von Bodenkolonnen anhand des v_g - v_f -Diagramms (Abb. 16.9) erklärt. Alle aus VT II Skript (S. 16-7 bis 16-11) zum Thema wiedergegeben, von Kräftebilanz und $We > 2$, $Fr > (...)$, bis zu der Abhängigkeit des F-Faktors vom Bodenlochdurchmesser (Abb. 16.11) erklärt. Habe keine Gleichungen zu den Grenzen der Flüssigkeitsbelastung gegeben, sondern nur physikalisch erklärt, warum sie existieren. Habe auch erklärt, welche Grenzen sind absolut und welche relativ. Am Ende dann gesagt, daß man die Kolonne am rechten oberen Ecke betreibt, um große Umsätze zu erzielen. (Ich glaube, ich habe mehr als 5 min gebraucht!)

Fragen:

Kraume hat alles zu jeder einzelnen Linie genau nachgefragt!

Wovon hängt die max. Flüssigkeitsbelastung ab?

Von Auslaufhöhe am Schacht (Gl. 16.19), und daher die ziemlich senkrechte Linie, da es nur wenig von v_g abhängig ist.

Warum ist durchregnen bzw. ungleichmäßige Begasung schlecht?

Rückvermischung (kaputtmachen des Gegenstromprinzips) bzw. kleinere Konz.gefälle. Aber Kolonne noch betreibbar mit schlechteren Trenneffekten.

Warum gibt es eine min. Fl.belastung trotz eines Bodenwehrs?

Um Entrainment zu kompensieren.

Woher kommt die waagerechte max. Gasbelastung?

Aus der Asymptote der Kurve fürs Abreißen der erzeugte Tropfen. (Bin nicht sicher aber hat er akzeptiert.)

Erklären Sie mir, Bodenverstärkungsverhältnisse ist.

Habe vergessen. Habe dann (auf Kraume's Anweisung) eine Kolonne mit 2 Boden gezeichnet und die Verhältnisse hergeleitet:

$$E_{\text{Boden}} = [y_n - y_{n-1}] / [y^*(x_n) - y_{n-1}]$$

Welche Werte nimmt sie an?

Habe erklärt, daß sie größer eins sein kann, da x am Boden nicht konstant ist und variiert von x_{n-1} bis x_n . Daher kann $y > y^*$ und $E > 1$ sein.

Fragen:

- Wo ist die Isotherme für $t=0$ Grad Celsius? (Abszisse)
- Warum schneidet die $\phi=1$ -Linie die Abszisse nicht im Ursprung? (Weil Luft auch bei Null Grad Celsius noch Wasserdampf enthält)
- Zweistufiger Trockner, Luftverhältnis der Umluft 1/3 Frischluft (Punkte 1 und 3 verbunden, Gesetz der abgewandten Hebelarme, Punkte M' und M eingezeichnet)
- Energieverbrauch? (ändert sich nicht)

Zu 3: Sie haben ein 100 m langes Rohr. Welche Kräfte wirken in horizontaler Richtung?

- Rohr hingezichnet, Strömungsbilder, Wandhaftbedingung
- Nikuradse-Diagramm hingezichnet (Kommentar Prof. Kraume: Jetzt haben Sie ja auch noch das Diagramm untergebracht, grins)
- Kraft = Druckverlust mal Rohrquerschnittsfläche = Wandschubspannung mal Rohroberfläche
- Was passiert, wenn die Rohrwand sich mit Strömungsgeschwindigkeit mitbewegt? (Kolbenprofil, kein Druckverlust und keine Kräfte)

Zu 4: Jetzt wollen wir noch mal Konzentrationsprofile machen, damit Sie die nicht umsonst gelernt haben. Aufgabe (von Prof. Kraume rahmenweise hingezichnet): Rieselfilm und Gas im Gegenstrom, Reaktion 1. Ordnung im RF, Gaskonzentration endlich, Da endlich, unendliche Lauflänge. (Auch Patrick schluckte, da wirklich neue Aufgabe)

- Am Eintritt der Flüss. ist Flüssigkeitskonzentration Null, Gaskonz. ebenfalls
- Im Verlauf von oben nach unten steigende Konzentration im RF und steigende Konzentration im Gas
- Henry-Gesetz für Konzentrationen an der PGF, daher über der Lauflänge steigender Konzentrationsgradient flüssigkeitsseits, steigender Stoffübergang.
- In der Flüssigkeit bei Austritt der Konz.-Gradient maximal, ebenso die Stoffkonzentration bis zur Wand (keine schnelle hom. Reaktion).

Natürlich mit viel Überlegen, Hilfe und holperig, aber letztendlich doch richtig geschafft. Puh!

Kommentar/Tips: Es wurde eher grundsätzliches Verständnis der ablaufenden Vorgänge in verschiedenen Apparaten abgefragt als extrem spezifische Einzelfälle oder genaue Zahlenwerte. Es lohnte sich, die Grundlagen, Voraussetzungen und Zusammenhänge genau zu wissen. Man kann dann bei Stocken auch nachfragen bzw. bekommt Hilfestellung. Eher fragen als irgendwas hinschreiben, was man nicht sicher weiß. Wesentlich ist eine analytische Herangehensweise an die Problemlösung, d.h. man muß sich klarmachen, was genau passiert, und die Rahmenbedingungen klären. Wenn Praxiserfahrung bzw. exaktes Wissen um praktischen Anwendung da ist, lohnt es sich, diese beiläufig einfließen zu lassen.

Und vor allem:

Keine Angst, daß man evtl. ein paar Kleinigkeiten nicht weiß. Da werden Sie geholfen. Blubbb!

Viel Erfolg!

Prüfungsprotokoll VT I+II

Datum: 26.1.96
Prüfer: Kraume
Beisitzer: Matthias Lüttgert
Dauer: ca. 45 Minuten
Note: 2,0

Vertrag: Wirbelschichten

Was ist eine Wirbelschicht, technische Anwendungen (Reaktor, Feuerung), Druckverlustdiagramm, Inhomogene Wirbelschicht, Auswirkungen der Blasenbildung

⇒ ging recht gut, obwohl ich ziemlich nervös war.

Nachfragen:

Warum ist Druckverlust in der W.S. konstant? ⇒ $\Delta p = F_G/A$

Warum werden Teilchen bei Erhöhung von v_g nicht ausgetragen? ⇒ Wegen Zusammenhang zwischen w_{SS} und ε : Expansion führt zu höherer Sinkgeschwindigkeit, gleicht höheres v_g aus

Blasen: Wie sieht der Druckverlust im Nahbereich einer Blase aus? ⇒ Druckprofil aufgezeichnet, Zirkulationsströmung erklärt

Ist der Druckabfall in der homogenen Wirbelschicht linear? ⇒ Ich sagte erst ja, gilt aber nur näherungsweise: Gas dehnt sich wegen Druckverlust aus, deshalb steigt Strömungsgeschwindigkeit, daher höherer Widerstand und größerer Druckabfall im oberen Teil der W.S.

Wirbelschichtfeuerung: Gasstrom durch Verbrennungsgleichung festgelegt, wie kann man Wirbelschicht einstellen? ⇒ Über Teilchengröße

Was passiert mit ausgetragenen Teilchen? ⇒ Zirkulierende W.S., Schema aufzeichnen

Warum strömt Gas nicht durch Rückführung? ⇒ Wußte ich nicht, liegt aber an Feststoffmenge im Syphon

Platten

Geschwindigkeits- und Konzentrationsprofile für Absorption und Desorption bei hohen und niedrigen Partialdrücken aufzeichnen

Was ist der Unterschied? ⇒ Bei hohen Partialdrücken beeinflussen sich Geschwindigkeits- und Konz.-Profil gegenseitig

Bei geringen nicht? ⇒ Geschwindigkeitsprofil wird nicht von Konz.-Profil beeinflusst. Umgekehrt schon.

Wird ST verbessert und warum? ⇒ Über Gradienten argumentiert, leider nimmt bei Desorption der Gradient bei höheren Partialdrücken ab. Er wollte wohl hören, daß Konvektionsstrom in y-Richtung auftritt.

Leider hatte er mit dem Thema ST bei hohen Partialdrücken bei mir in eine schlecht vorbereitete Lücke getroffen, deshalb kam alles sehr unsicher.

Sollte noch Stefan-Strom in Worten erklären, das war kein Problem.

VI-Protokoll (23.7.02 10:30)

Notiz 1,7

Dauer: 4 Wochen

Fachlehrer: Lang

Vorbereitungszeit: 6 Wochen davon 4 intensiver (3-6 Tage bei 5-4 h)

Themen:

Partikel

Flotte

Rühren

Blasensäule

Thema: heterog. Chem. Reakt. an Partikeln

Kopplungsbed., Da, Pe Profile für verschiedene Da und Pe. B. Sh. dann Re über Pe.

Nachfragen:

Die ersten Nachfragen waren im Prinzip Standard: Kopplungsbed. für Da gegen ∞ und unendl.

Kurven für fester und flüchtiger Partikel ohne Reaktion erzeichnet (So gegen unendl. Entspr. Da gegen unendlich da $Da \rightarrow 0$ ohne reakt. und $Re=1$ für untl. reaktion).

Grundwert für Pe gegen ∞ beselien (hatte ich mir vorher überlegt)

Dann neuer:

Widerstandswert über Re für zwei verschiedenen flüchtigen Partikel (unterschiedlicher Viskositätsverhältnis) im laminaren Bereich.



Wie gross ist Re bei festem flüchtigen Partikel. Wusste nur von Re. Er hat nur dann die Konstanten gesagt und ich sollte mir bei gleichen Stoffwerten das w_p - Verhältnis berechnen. Achtung: Re kürzt sich nicht weg, da w_p unterschiedlich!

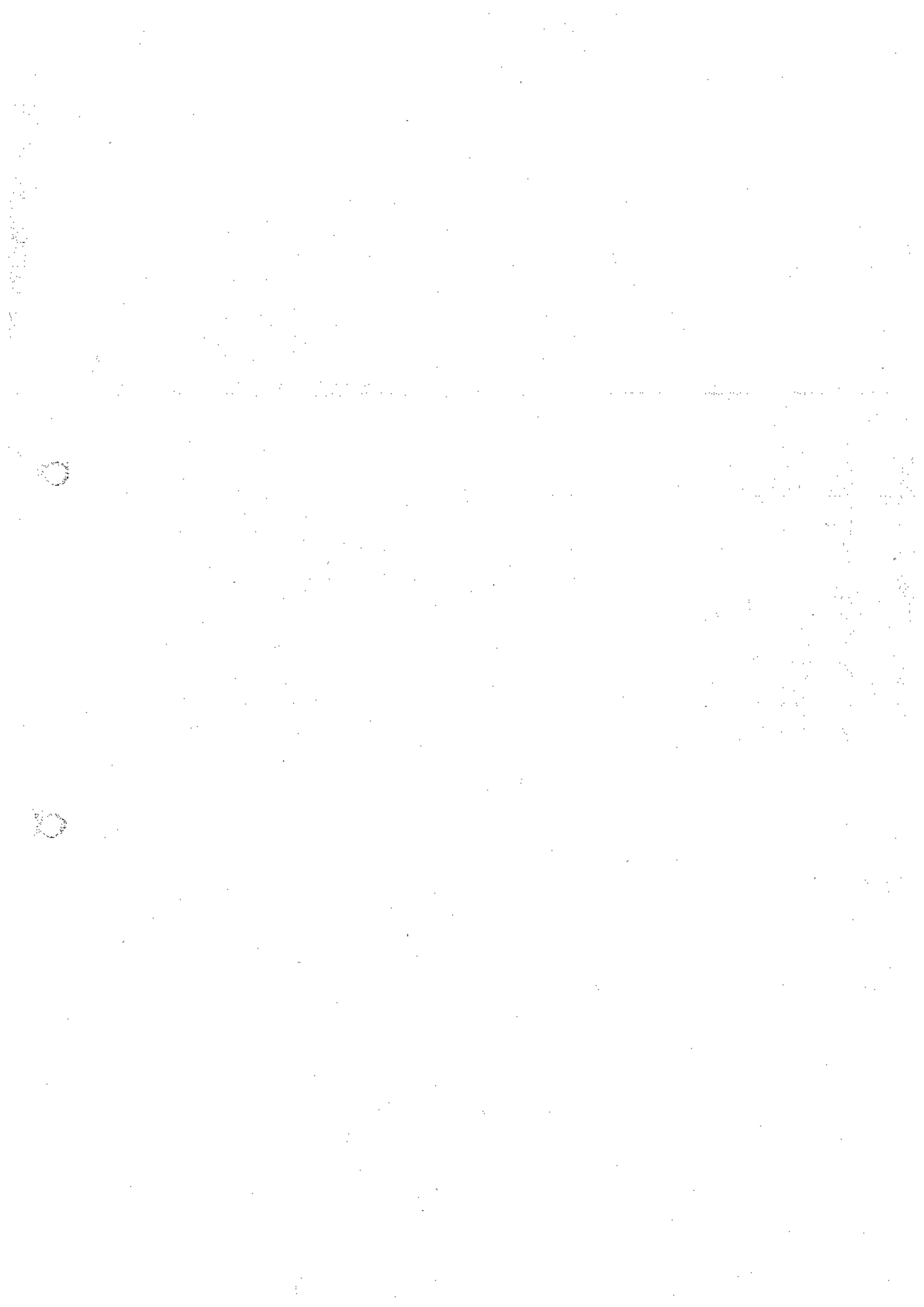
Dann endlich Platten: Profile für hohe Partikelgröße, wie entsteht der Nischenbereich. Warum bei Desorption schlechter Stoffübergang.

Rühren: Ich soll ihm bei C über t aufmalen und erklären (kurve 1). Er mal kurve 2, ist dass möglich? Ja an einem anderen Punkt (hat ihm gezeigt). Wie hängt denn von der Zeit ab? Wie legen sie die Drehzahl fest? Da ich weder Leistung noch Drehzahl konnte: Mischzeit festlegen (Reichsbildg.) dann in Mischzeitkonstante und dann mit Leistungsch. überprüfen.

Y. Aram

Blasensäulen: Epsilon Fluss Diagramm. Nachdruck für Beginn der Großblasen. Wie verhält es sich? Dann... Die...
$$\epsilon = \frac{V_{g,0}}{V_{g,0}} \cdot \frac{A_{g,0}}{A_{g,0}} \rightarrow \epsilon = A_{g,0} = A_{g,0}$$

$$V \cdot A_{g,0} = w_{g,0} \cdot A_{g,0} = w_{g,0} \cdot \epsilon \cdot A_{g,0} \rightarrow w_{g,0} = \frac{V}{\epsilon} \quad (w_{g,0} \text{ konst für Kol. betriebe)}$$



Grundlagen

Bilanz → unterschied. integrier - differenzielle Bilanz
→ inhomogene Reaktionsbilanz auf Reaktion

leeres Rohr fängt bei beiden Vorläufen bei einer konstanten Flussgeschwindigkeit an.

WS: $\Delta p \sim (p_0 - p_f) \Rightarrow p_0 \sim p_f + \Delta p$

⇒ Festbett: $\Delta p \sim \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{d_p}$ ⇒ $d_p \sim \frac{1}{\Delta p}$ bei gleicher \dot{V}

→ Veränderung des Kurvenverlaufs bei p_0 und d_p relevant als Vorlauf; besonders: wenn fängt leeres Rohr an

Nachfragen: (Note 2)

einigen Stromspalten (Kapitel 11)

Diagramm \dot{V} über ϵ und auch Modell des

- liefert Erklärung des Strukturzustands durch

→ Festbett, WS, leeres Rohr; bestehende Δp -Gleichung

Vortrag: - Resubstrierung des Druckverlustkoeffizienten

Wirkelschichten

- Stoffaustausch - Bienenstöden (Note 4)

- Rohr (Note 1)

- Grundlagen (Note 2)

Themen: - Vortrag: Wirkelschichten (Note 1)

Note: 2,0

Rohr: Krümmung; Durchmesser: ca. 0,5 mm

Räumliche Verteilung VT I+II

Jan 19

Basissachen

→ Drog. fangeshaltig z.B. fangeshaltig zeichnen

⇒ Konnte sein nicht! war nicht so stabil, wie er war "dann
 halten wir es uns eben hier"

→ nach einem Anlaufen. hat er nicht zu diesem Diagramm
 gemacht. Es war alles ein bisschen anders, so als ich das hier
 schlecht wiedergeben kann.

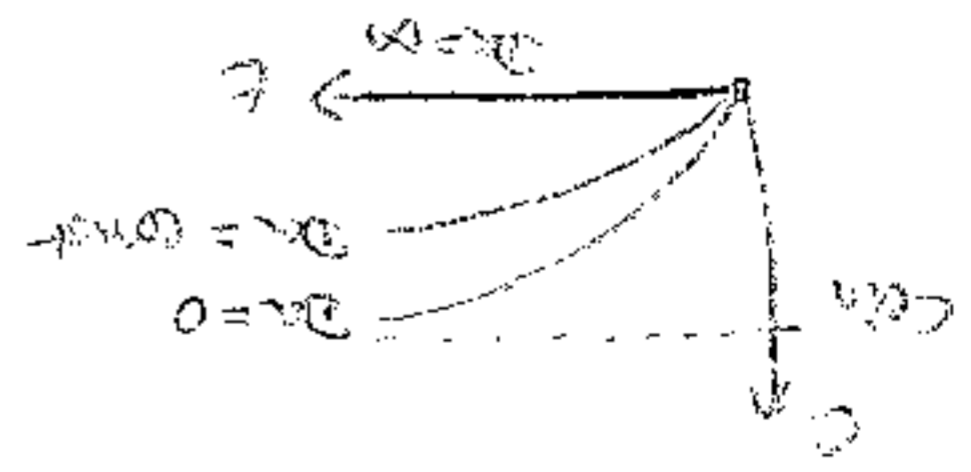
Route ; nicht-neutrale Fluide

→ Drog. Selbstspannung T über Sicherheitsgradient $\frac{\partial \sigma}{\partial y}$ für Neutronen-
 und elektrische Fluide

→ Deformationen der einzelnen Fluide

→ Übertragung von T / $\frac{\partial \sigma}{\partial y}$ - Drog. zum $\frac{\partial \sigma}{\partial y}$ - Drog.

(⇒ mal den Partner in der Sprechstunde fragen, ob es nicht also
 möglich ist)



→ Diagramm: Konzentrationsverlauf über die Zeit

$$S = T + W$$

$$\frac{dC}{dt} V_R = V (C_{in} - C_{out}) - k_1 C(t) V_R$$
 (leicht im Sinn)
 ideal durchmischte Reaktor
 $C(t) = C_{in}$
 Injektion

VT I + II ist die schwierigste Prüfung, die uns in unserem Studium bevorsteht (et verschiedene Meinungen).

Durch dieses Fach habe ich erst wirklich gelernt, was Lernen ist.

Ich denke, es bringt nichts, sich nur mal da mal mitzuschauen und zu

lesen. Man muss sich für mindestens 2 Monate (je nach eigener Auf-

fassungsgabe) vorbereiten und nur noch für VT drin sein. Natürlich

sind die Gotteshunden, die auch Lerngruppen gibt wert.

Ich habe gute 4 Punkte intensiv gelernt, bin durchgefallen, habe

nach 5 Wochen drangegangen und bin nur mit 2,0 rausgegangen.

An diese Prüfung ist auch viel gearbeitet, nämlich solche

Themen gezogen werden. Der Komplex 10 mit den Blausäuren

könte niemals 'rauskommen dürfen... Studient.

Bei Kreuze durchgefallen ist leider einfacher, als man denkt. Sein

permanentes Nachhaken und sein Jeppar für das Kugelisse ist

einem verwunschiedend. Läst man sich aber nicht verwunschieden und

ist sich seiner Sache sicher, dann kann die Prüfungsaufsicht dem

Umständen entsprechend entgegen sein.

Er ist leider ein Prüfer, der nicht immer sagt, ob das, was man die

von sich gegeben hat, richtig oder falsch ist. Das ist wohl auch die

Grund, warum es in dem Prüfungsprotokollen viele Fehler gibt.

Die Not, die man bekommt, steht (meistens) länger nicht im Verhältnis

zum Aufwand, den man betreiben hat. Auch das hängt wieder stark

von der Zeichnung der "nächsten" letzten ab und wie man laut der A1E

der Prüfung zurecht kommt.

Warf: VT ist eine schwere Kenntnisnummer Angelegenheit. 169

man kann sie beibringen!

Viel Freude und Kopfputz!

Prüfungsprotokoll VT, Prof. Kraume, 21.7.99

1. Transport an Platten

- Vortrag: Wärmetransport an Turbinenschaukeln in laminarer und turbulenter Grenzschicht, Veränderung von Geschwindigkeits- und Temperaturprofil durch Filmkühlung.
- Geschwindigkeits- und Temperaturprofil bei Absorption & Desorption bei niedrigen und hohen Partialdrücken zeichnen (Abb.4.16 im SS 98 Skript). Wie ändert sich die Grenzschichtdicke? Grenzschichtdicke einzeichnen.
- Wie ändert sich der Stofftransport bei Absorption und Desorption abhängig vom Partialdruck. (Abb.4.18). Wertebereich der Partialdruckfunktion bei Desorption und Absorption.
- Desorption bei hohem Partialdruck erzeugt einen Stefanstrom. Der Stefanstrom verbessert den Stofftransport. Laut Diagramm wird der Stofftransport aber schlechter. Wird er schlechter oder nicht und warum?

2. Grundlagen

- Was für Bilanzgleichungen gibt es?
- Sind integrale Bilanzen nicht trivial? Wozu dienen sie?
- Machen sie doch mal: Rührkessel mit Reaktion. Wie sieht das Ergebnis aus? Welchen Einfluss hat der Parameter $k_1 \tau$?

3. Partikel

- Geschwindigkeitsprofil an fester und flüssiger Partikel.
- Welche Bedingung muß die Strömung im Innern der flüssigen Partikel erfüllen?
- Muss die positive Fläche im Geschwindigkeitsprofil der inneren Zirkulation gleich der negativen Fläche sein? Warum oder warum nicht?

4. Kolonnen

- Füllkörperkolonne: Druckverlust über Gaslehtrohrgeschwindigkeit darstellen und erklären was passiert (Abb.17.10).
- Darunter zeichnen: Flüssigkeitsinhalt über der Gaslehtrohrgeschwindigkeit (Abb.17.7).
- Wie ändert sich das ganze wenn die Kolonne nicht im Gegenstrom sondern im Gleichstrom von oben nach unten betrieben wird? (Staugrenze, Flutgrenze, Flüssigkeitsinhalt)

5. Fazit

- 1. große Chance: Ein guter Vortrag. Die o.a. Übertragung der Plattenströmung auf die Turbinenschaukeln kam gut an.
- 2. große Chance: Sehr gute Beherrschung des Binärestoffsystems. Das ist ein übersichtliches Gebiet und wird nach einem guten Vortrag ausführlich beleuchtet. Hat bei mir ca. 30 min gedauert.
- Die übrigen Themen wurden eher grob, mit bekannten Fragen abgearbeitet.
- Bei mir wurde nur nach physikalischen Zusammenhängen und der Darstellung der Zusammenhänge in Diagrammen gefragt. Nach Formeln wurde nicht gefragt.
- Ich konnte längst nicht alles sofort beantworten und mußte mir z.B. den Wertebereich der Partialdruckfunktion in Abb.4.18 erst mit Zeichnung herleiten. Prof. Kraume zwingt einen zum Nachdenken und schätzt es, wenn das zum Ergebnis führt. Also Nachdenken, Herleiten, Nachfragen und so die Probleme lösen. M.B. ist es das was er sehen will und honoriert.

• Note: 1,3

Themen

VT I: - Bilanzen und Partikel

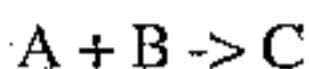
VT II: - Rieselfilm (Vortragsthema) und Bodenkolonne

Vortrag:

Erklärung Rieselfilm:

- zwei kontinuierliche Phase
- Flüssigkeitsströmung an ebenen oder gekrümmten Flächen, deren Bewegung durch die Schwerkraft ausgelöst wird
- Gegenstrom oder Gleichstrom möglich
- keine Impulsübertragung an der Phasengrenzfläche

Hab ganz kurz ohne große Erklärung (oben erwähnter Impulsübertrag an PGF) das Geschwindigkeitsprofil aufgezeichnet und bin dann gleich zur Reaktion 2. Ordnung übergegangen:



Profile aufgezeichnet (bei verschiedenen Lauflängen: null und zwei spätere), erklärt was passiert, auf die endlichen Gradienten der übergehenden Komponente hingewiesen und auf die waagrechten Gradienten an der Wand und der PGF.

Die verschiedenen Eindringtiefen hängen auch von der Diffusions- und Reaktionsgeschwindigkeit ab, also von der Damköhlerzahl. Erstmal noch Sh über x für eine konstante Da gezeichnet und noch ein weiteres Diagramm „entwickelt“. Eine beliebige Lauflänge herausgegriffen und dann dort verschiedene Da eingezeichnet.

Ich erwähnte bei der Einleitung die relativ große spezifische Oberfläche und lasse mich zum Vergleich hinreißen, dass sie allerdings wahrscheinlich nicht so groß wie bei Kugelschüttungen ist. Also musste ich kurz die spezifische Oberfläche berechnen. Er hat mir Werte gegeben.

Dann meinte ich noch, dass sich die Geschwindigkeit verändert wenn das Gas im Gleich- oder Gegenstrom läuft. Dazu das Profil aufgezeichnet und erwähnt, dass sich bei gleichem Volumenstrom dann die Dicke des RF ändert. Hatte zuerst gesagt, dass sie größer wird und durfte mir dann herleiten, dass sie geringer wird. Solche kleinen Fehler stören Kraume nicht weiter, wenn man denn dann seine Hilfestellung annimmt und an das richtige Ergebniss rankommt.

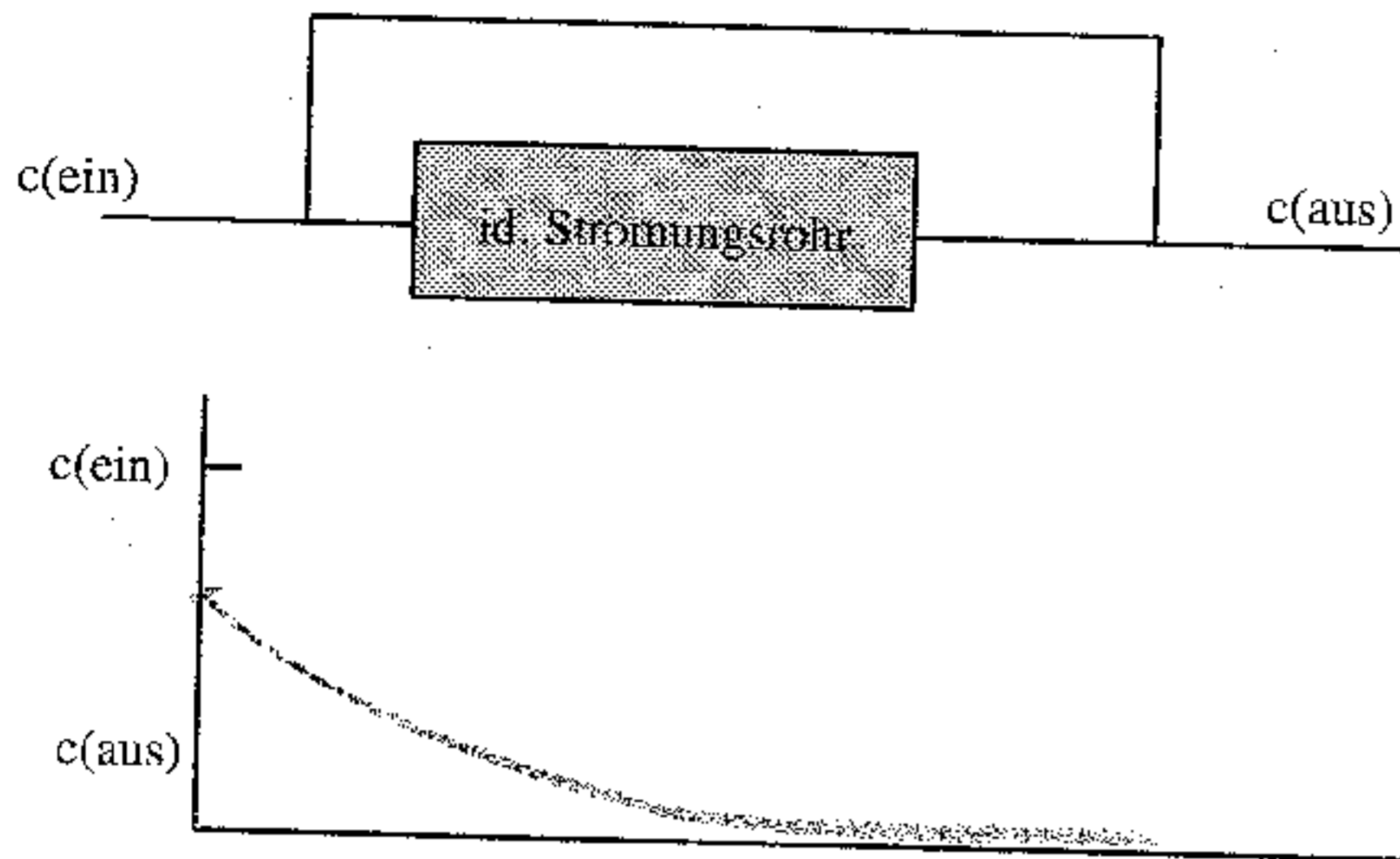
Er wollte noch wissen, wie dick denn so ein Rieselfilm sein kann und wenn ich mich richtig erinnere hab ich Dicken im Millimeterbereich ins Spiel gebracht, aber weiß nicht mehr, was richtig und was falsch war.

Eine Frage war auch noch, wo wir noch zwei kontinuierliche Phasen haben. Antwort: Packungskolonnen.

Bilanz:

Seite 2/3

Strömungsrohr mit Rückführung. Dazu wollte er den Konzentrationsverlauf im Strömungsrohr. Der Verlauf ändert sich ja nicht, jedoch ist die Konzentration am Anfang des Strömungsrohres eine Andere als $c(\text{ein})$



Partikel

Bewegungsgleichung aufschreiben, welcher Durchmesser wird verwendet?

was bedeutet ζ : Reibungsbeiwert

Wenn wir uns eine unendlich dünne Platte vorstellen, die von unten angeströmt wird, dann ist $\zeta = 1$, weil wir keine Reibung haben sondern nur Widerstandkräfte

Wenn die Fläche schließlich dicker wird, müsste ζ größer eins werden, aber wenn wir das ζ -Re-Diagramm betrachten haben wir Werte unter eins.

Ich habe dann erstmal einen Würfel aufgezeichnet und eine Kugel daneben und die Verringerung auf die andere Strömungsform, die Kugel kann besser umströmt werden, geschoben. War auf jeden Fall nicht falsch. Gibt aber vielleicht noch andere Erklärungen.

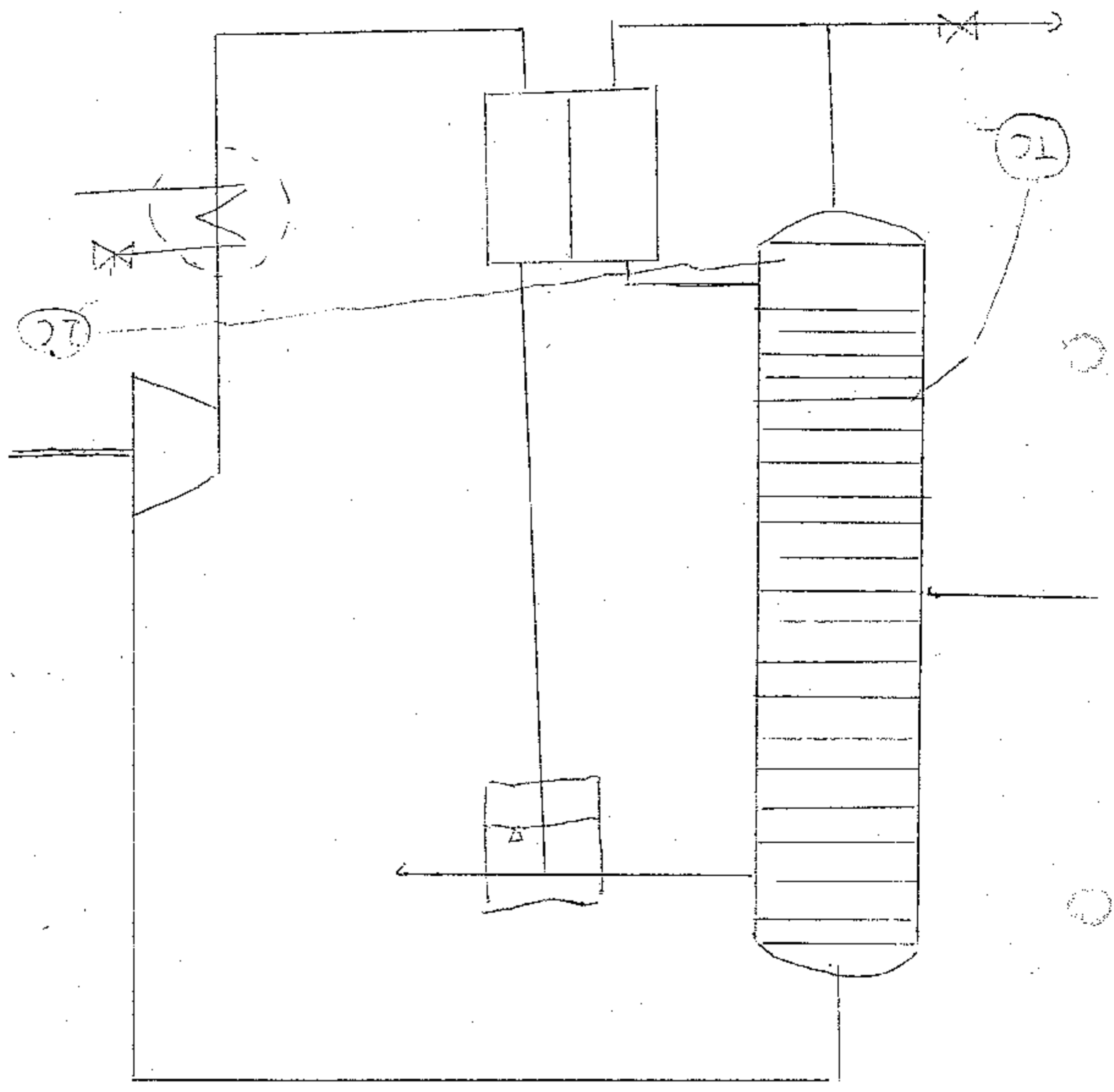
Dann ging es noch darum, welche Kräfte angreifen. Dabei wollte er auf die Druckkraft raus. Ich war vorgewarnt, weil er die Frage an dem Tag schon einmal gestellt hatte, aber konnte ihm da nicht so richtig viel zu sagen.

Bodenkolonne

Hab die Grafik, auf der die Stoffübergänge zu sehen sind, aus dem Skript hingemalt und erläutert (seine Frage weiß ich nicht mehr). Und dann ging es noch um Boden- und Punktverstärkungsverhältnis. Warum kann das eine größer und kleiner 1 sein? Dazu McCabe-Thiele Diagramm aufgemalt und es erklärt.

Desweiteren guckt mal in die Bücher:
 -Desphander; Distillation Dynamics and Control
 -Eckart Blass;
 -Prozesssimulation
 -Chemische Verfahrenstechnik
 alle aus der Lehrbuchsammlung der Bibliothek.
 Viel Erfolg!

So sah das Schaubild gegen ende der Prüfung aus:



Wir haben Mitte Oktober zum Lernen angefangen und alle Fächer, die wir noch so hatten total vernachlässigt, also 5 Tage die Woche für VT.

Wir sind erstmal die Skripte durchgegangen, selber gelesen und ein- bis dreimal die Woche zum gemeinsamen durchquatschen getroffen. Erst zum Schluß zum Wiederholen haben wir die

Prüfungsprotokolle viel benutzt und dann eigentlich auch täglich gemeinsam gelernt. Das würden wir vielleicht nicht mehr so machen, sondern eher gleich nach einem Kapitel auch die bekanntesten

Prüfungsfragen machen.

Viel gehoffen hat auf jeden Fall, dass wir von Anfang an viel gemeinsam besprochen haben. Zum

Schluß waren wir teilweise zu sechst und sonst fast immer zu dritt. Macht auch mehr Spaß so :-)

Wer das Glück hat nicht als erster an dem Prüfungstag geprüft zu werden sollte sich überlegen, ob er nicht vielleicht trotzdem schon früh kommt und sich nach den gestellten Fragen erkundigt.

Die oben erwähnte Bilanz kam an diesem Tag öfters vor – mal bei Grundlagen, mal bei Mischen und Rühren. Auch über die Druckkraft war ich so schon vorgewarnt.

Den Vortrag habe ich zwei Wochen vorher begonnen und so noch ausreichend verfeinern können.

Sprecht die Leute an, die schon Prüfung hatten – vielleicht hatte ja jemand euren Vortrag und kann euch noch Tips geben.

Viel Glück!

Prüfungsprotokoll Verfahrenstechnik (Kraume)

26. Okt. 2004

Dauer: 45 min
Note: 3,7

Vortrag: Bodenkollomien (VII)

VII: Poreffizienz

VII: Polystreuung, Rühren

andere Themen:

Bodenkollomien

Als Vortrag:

Skizzierung am Kopf eines Kolonne
Abb 16.2 Kap 16.11
Abb 16.3 (H McCabe - Thiele - Diagramm)

Wichtig: - Warum sind G und L gleich, wenn sie für Methanol stehen?

(keine Ahnung)

- Eintragen eines Bodens in das McCabe - Thiele Diagramm ($x_1, x_{1, \text{max}}, y_1, y_{1, \text{max}}$)

- Berechnungen: "Gleichgewichtslinie", "Break - grade", x_0, \dots

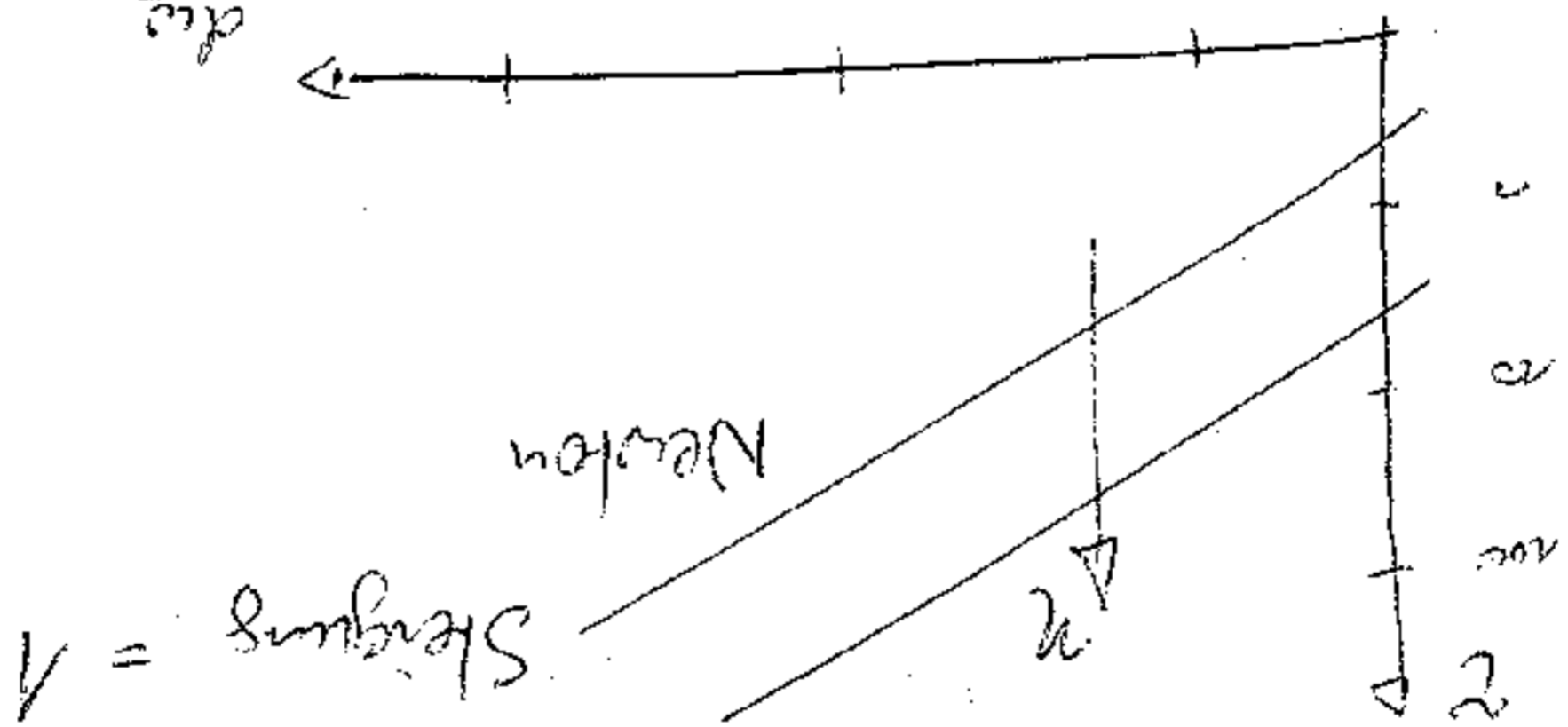
- Verhältnisse auf einem Boden, Konzentrationen - Verlauf von y

- Punkt - und Bodenverstärkung (auch die Gleichungen), Verteilbereich ≥ 1

Rechnung

gleich Eintrag in nichtstationäre Fluide, ohne auf Störungen einzugehen.

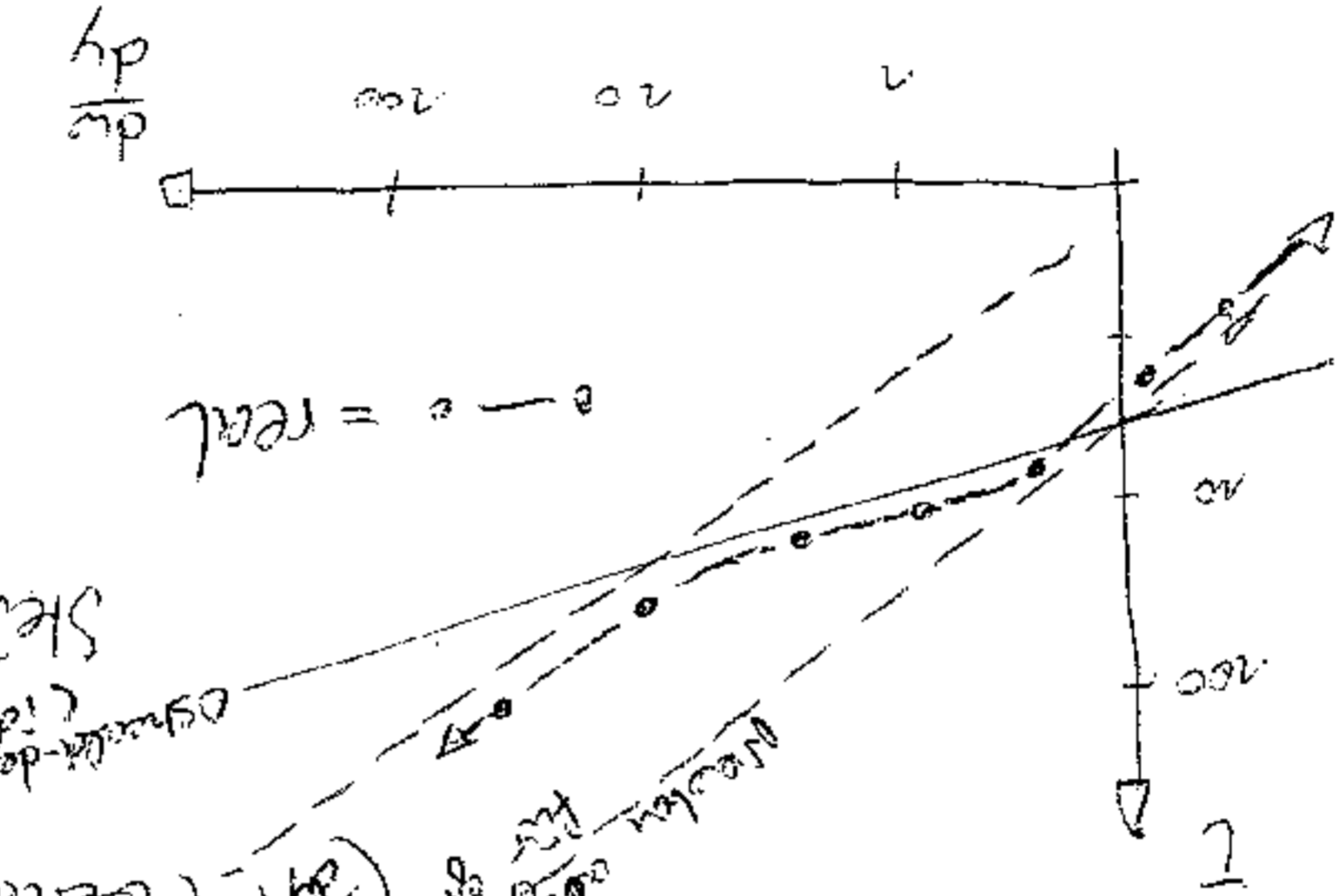
Kurve sollte Fließkurven in einem doppelt-logarithmischen Diagramm eingetragen haben.



Newton: $\tau = \eta \frac{dy}{dz} \Rightarrow \ln \tau = \ln \eta + \ln \frac{dy}{dz}$

$y = m + x$ (Geradengleichung)

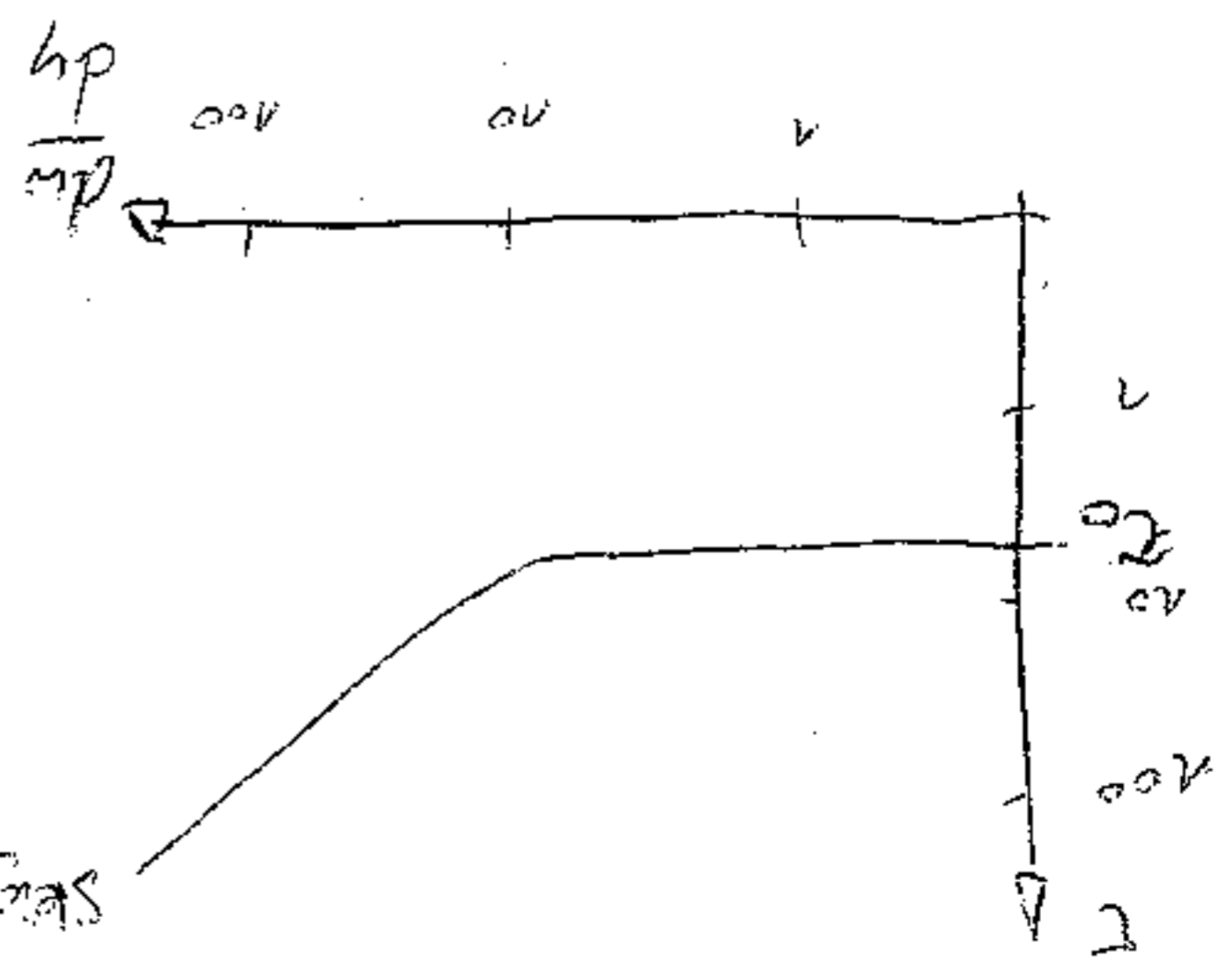
Steigung = $n < 1$ (Starkviskos)
 > 1 (Schwächviskos)



Starkviskos: $\tau = k \left(\frac{dy}{dz} \right)^n \Rightarrow \ln \tau = \ln k + n \cdot \ln \left(\frac{dy}{dz} \right)$

$y = n + m \cdot x$ (Geraden gleichung)

Rühren

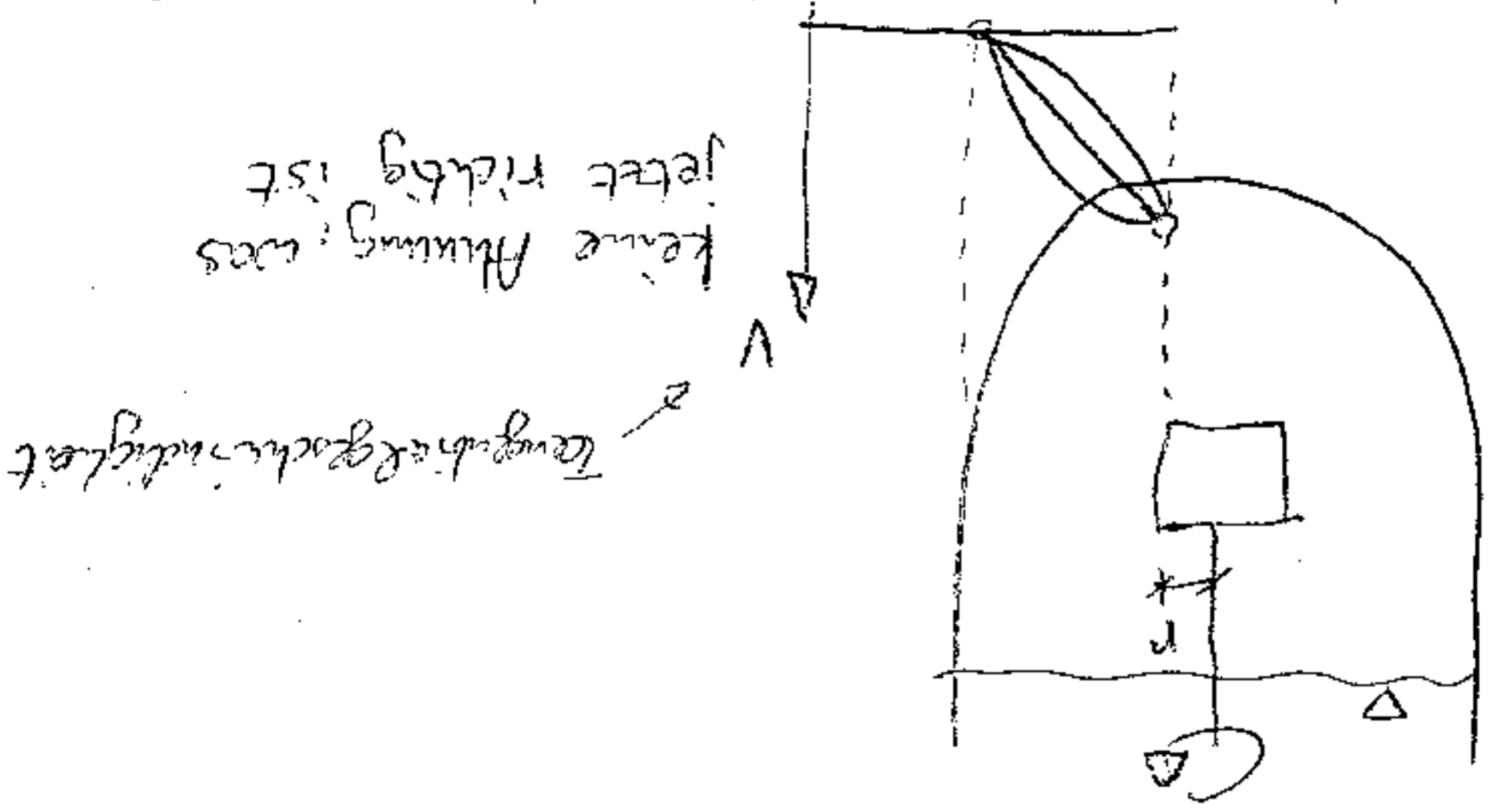


Bingham-Hausigkeit

Aufkang: Ne über Re falsch aufgerechnet

besseri richtig gerechnet, aber falsch interpretiert!

dann Vergabe von Kurven:



Er wollte mir klar machen, das die Leistung mit Re steigt, obwohl die fällt.

$$P = 2 \pi \cdot n \cdot M$$

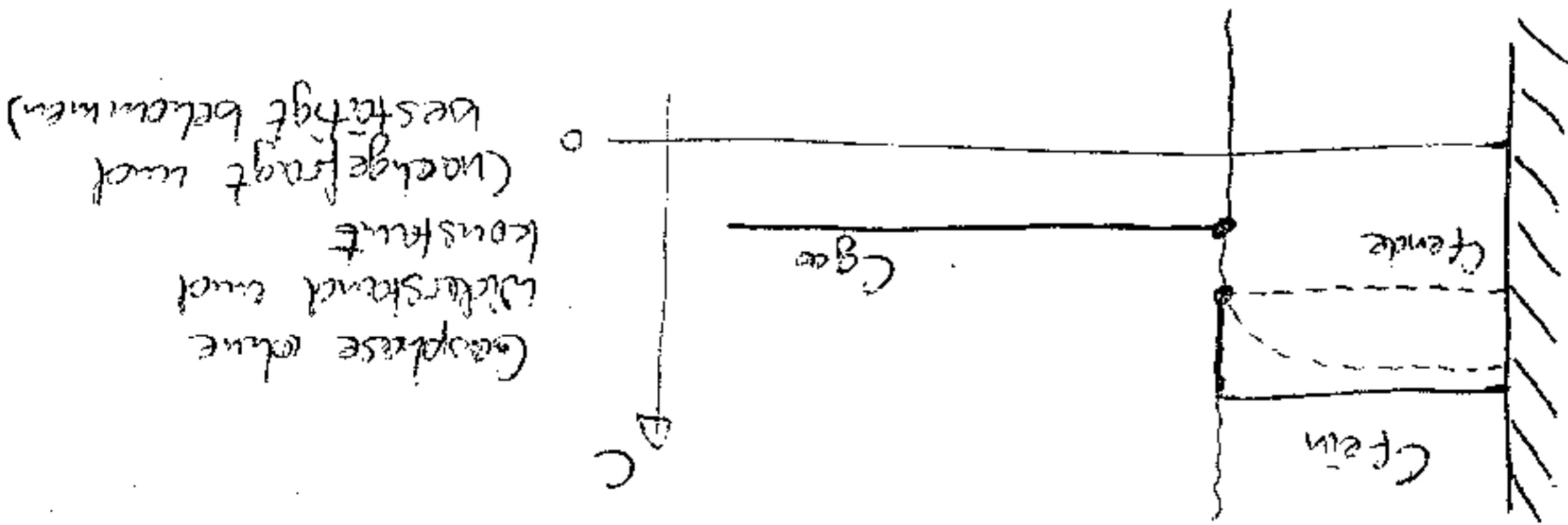
$$M = F \cdot r = \frac{1}{2} A \cdot r = \frac{1}{r} n \cdot \frac{dV}{dt}$$

wenn $n \uparrow$, dann $\frac{dV}{dt} \uparrow$, dann $M \uparrow$

$$\Rightarrow n \uparrow \quad P \uparrow$$

Rieselphin

Nur Konzentrationsverlauf ohne Reaktion:



(nachgefragt, in welche Richtung)

nachgefragt: ist die SH

oder gewichtet SH

Antwort: dann zeichnen sie

mal beides!

unendlich steile
Gradienten

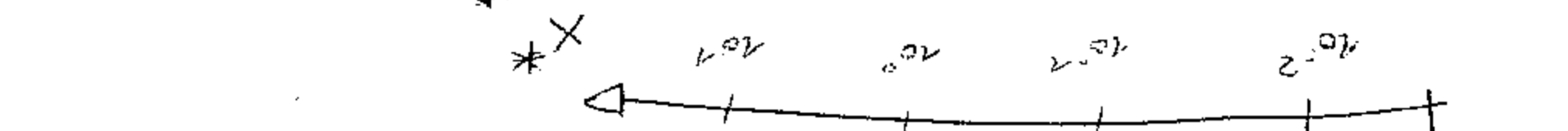
$SH \rightarrow \infty$, da am Anfang

Dann

SH - Diagramm:

Gewichtete SH-zahl
3,41 (nachgefragt)

(nachgefragt)



dann zusammengezwängt

$$SH_{\text{mittel}} = \frac{1}{L^*} \int_0^{L^*} SH dx^*$$

SH(x*) darf nicht 0 werden, da sonst weg

$\frac{1}{L^*} SH$ auch 0 wird

keine Annahme, wie

SH(x*) wenn wirklich

aussieht.

Es sind keine

Grundlagen abgefragt.

(Wenn ich nicht weiterkam

(was oft verkam), so hat Kravine weiter

gehört, anstatt das Niveau zu sehen und verbleibt

doch mal ein paar andere Sachen zu diesem Thema abzufragen.

dc

Prüfungsprotokoll vom 14.4.00

Beisitzer: Patrick Mier

Themen: Rieselfilm, Trocknen, Rühren, Stoffaustausch

Rieselfilme

Vortrag

Abgasreinigung in Rieselfilmapparat (Vergleich phys./chem. Absorption), Zielgröße: Übertragungsfläche über integrale Bilanz um $RF \cdot N_A = \beta \Delta c_{nA}$

Konz.-Profil für phys. Stofftransport mit Abreicherung in der Gasphase, Henry-Gesetz an Phasengrenzfläche, beschreibende DGL (Vernachlässigung Diffusion in x- und Konvektion in y-Richtung; erwähnt), örtlicher/mittlerer Stoffübergangskoeffizient, dazugehöriges Sherwood-Diagramm; Konz.-Profil für ST mit Reaktion 1. Ordnung in Diagramm mit eingezeichnet. Verläufe der Sh-Zahl in Sh-Diagr. mit eingetragen, Definition der Da-Zahl; iterative Berechnung der Fläche

Nachfragen

• Wie kommt man auf $N_{A,beob}$? → Bilanz um Gasraum vorgeführt

• Berechnung von Δc_{in} → alle Konzentrationen bekannt bis auf $c_{A,aus}$, also integrale Bilanz um RF , dabei anpassen, ob Gas und Film im Gleich- oder Gegenstrom

• Berechnung der Sh-Zahl, wie komme ich auf das Diagramm → die beiden unterschiedlichen Möglichkeiten erwähnt mit Randbedingungen; bei der Annahme der geringen Wandungsdicke möchte er wissen, wie sich die Berechnung durch die Reaktion ändert → eigentlich kaum; man kann weiterhin eine analytische Lösung herbeiführen

$$\frac{\partial^2 c_A}{\partial y^2} (w_{max} - k_1) c_A - D_{AB} \frac{\partial c_A}{\partial y^2}$$

lässt sich für Reaktion 1. Ordnung einfach integrieren

• nochmal Konzentrationsprofil mit Reaktion, hatte ich im Vortrag falsch gemacht:

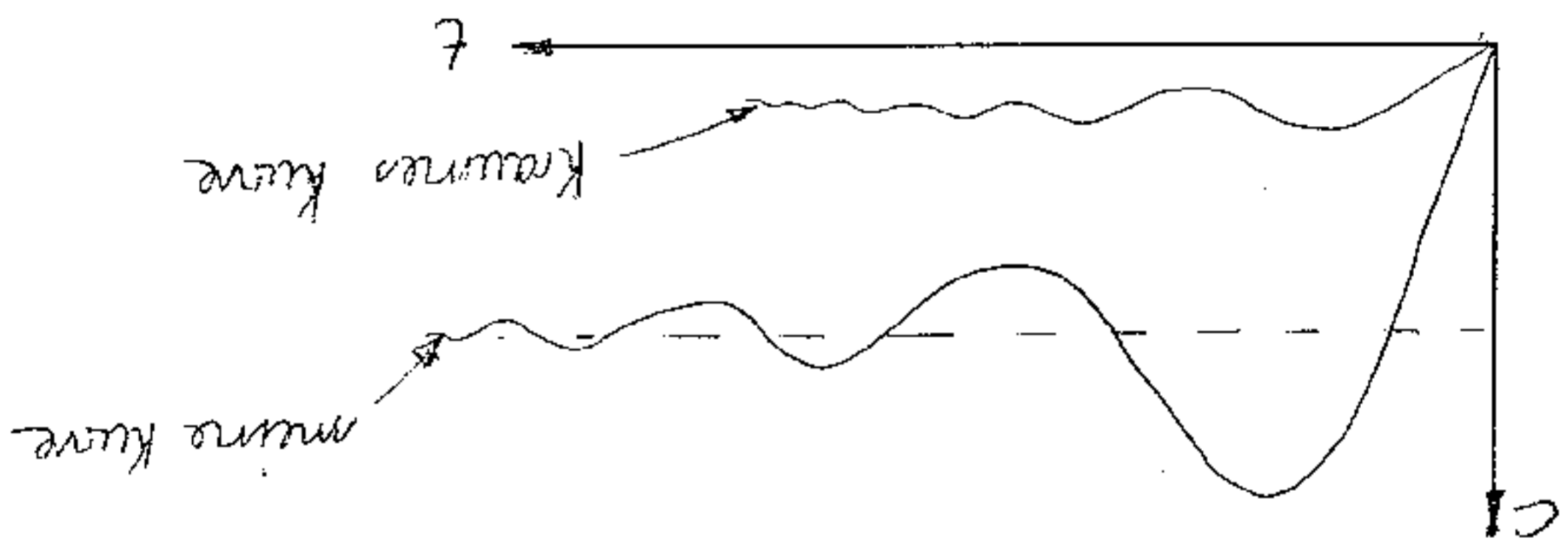
1. durch verbesserten ST hat man bei gleicher Lauflänge x bereits kleinere Konzentratio- nen in der Gasphase und dadurch natürlich auch im Film an der PGF

2. für $x \rightarrow \infty$ ist $c_g = c_f = 0$; dadurch, dass ich Abreicherung in der Gasphase ange- nommen hatte, ergeben sich nicht die gleichen Profile wie im Skript!

• iterative Flächenberechnung näher erläutern → Länge annehmen, A berechnen, β aus abge- lesener Sh-Zahl berechnen, übertragen, ob Ergebnis auf rechter Seite der Bilanz gleich dem zu übertragenden Stoffstrom; was mache ich, wenn rechte Bilanzseite zu klein → ich ver- größere natürlich die Fläche! (hätte man direkt sagen können, aber ich hab erst mühsam das Ergebnis hergeleitet, weil ja β abnimmt mit steigendem x, A aber zu)

8/1

- Kraume hat eine zweite Kurve eingezeichnet (untere) und gefragt, ob so etwas auch denkbar sei → ich hab versucht, eine Erklärung für meine Version zu finden; Kraume meinte, seine Kurve sei z.B. in einem Totraum denkbar, war aber mit meinem Erklärungsversuch zufrieden; Patrick hat noch bemerkt, dass ihm sogar noch ein dritter Kurvenverlauf einfallen würde ???
- Definition des Mischungsgrades → angefangen mit den beiden Definitionen der Abweichung (δ und δ')
- $\Delta\phi_{Vmax}$ und $\Delta\phi_V$ in Diagramm c über t einzeichnen → da hab ich doch etwas gestutzt, $\Delta\phi_{Vmax}$ lässt sich zu jedem beliebigen Zeitpunkt einzeichnen, aber wo ist dann $\Delta\phi_V$? → Abweichung über gesamten Behälter gemittelt
- Mischungsgrad → $M = 1 - \delta$
- wie hängt M von der Zeit ab? → $\delta = \exp\{C_1 - C_2 t\}$



- Farbstoff wird in Rührbehälter gegeben, wie ist der Verlauf der Konzentration über der Zeit an einem bestimmten Ort

Rühren

- nochmal Steigung Isotherme, Isenthalpe → hab ich nicht mehr hingekriegt und geraten, ohne eine Erklärung dafür zu liefern; Kraume meinte, man hätte das aus der Gleichung für h_{1+Y} schon können

$$h_{1+Y} = c_{pL}T + Y_S(c_{pW}T + \Delta h_V) + (Y - Y_S)c_{pW}T$$

- wie berechnet sich Enthalpie h_{1+Y} im Nebelgebiet? Enthalpie des Dampfes? (Trockner)
- verläuft Nebelisotherme steiler als Isenthalpe? → haben wir erstmal verschoben, stattdessen hab ich die Kühlgrenztemperatur erklärt, die ich beim einstufigen Trockner erwähnt hatte (dazu Diag. Temperatur über Strecke für Trocknungsgut und Luft bei unendlich langem Trockner)
- einstufiger Trockner im Mollier-Diagramm → erstmal Mollier-Diagramm erklärt: schräge Koordinatenachsen, Nullpunkte, Definitionen von ϕ , h_{1+Y} , Y ; Trockner einzeichnen

Trocknung

Stoffaustausch

- Gasgehalt in Bläsensäulen als Funktion der Gasleertrohrgeschwindigkeit → Abb. aus Skript angefangen zu erklären

- Zwischenfrage: Achsen logarithmisch oder arithmetisch → ich hab erstmal geraten, sie seien logarithmisch; Patrick meinte aber, ich könne auch erstmal die Kurven einzeichnen; also weiter e_g über v_g ; angenommen, Achsen seien arithmetisch, dann geht $e_g(v_g)$ durch den Nullpunkt; Auftreten von Großblasen, schnellere Aufstiegsgeschwindigkeit, e_g nimmt weniger steil mit v_g zu

- welcher Exponent gehört zu der Kurve (Kraume meinte wohl $e = \text{const} \cdot v_g^1$) → lang überlegt; da es ein arithmetisches Diagramm ist, kann es natürlich nur der Exponent 1 sein!

- wie lässt sich der transportierte Gasvolumenstrom über die Aufstiegsgeschwindigkeit w_B ausdrücken? → war ziemlich verwirrt, weil ich nicht wusste, was er eigentlich wollte; irgendwie kam ich dann auf die Kontigleichung

$$V_g = v_g \cdot A_{\text{quer}} = w_B \cdot e \cdot A_{\text{quer}}$$

Das wars. Sie haben mir nach längerer Beratung eine 1,3 gegeben, aber gemeint, es hätte noch besser sein können, wenn ich nicht einige Sachen übergangen hätte. Sie hätten den Eindruck gehabt, dass ich bei etwas längerem Überlegen auch selber auf manche Antworten gekommen wäre, ohne dass Kraume mir hätte Tips geben müssen. Da ich aber längere Pausen in Prüfungen eher unangenehm finde, habe ich dann einfach irgendwas gesagt. Ich hab aber den Eindruck, dass man sich ruhig Zeit lassen kann mit den Antworten, vorangesetzt. Was bei mir noch hinzukam, war, dass ich einen dicken Patzer in meinen Vortrag eingebaut hatte, der übrigens auch beim Probenvortrag keinem aufgefallen war.

Ich hab ziemlich lang gelernt, kann aber schlecht sagen, wie viele Wochen. Da ich VTI nicht gehört habe, habe ich mir den Stoff parallel zur VT2-Vorlesung selbst erarbeitet. Daher bin ich auch schon recht früh ab und zu in die Sprechstunde gegangen, konnte zwar nicht zu allen Themen Fragen stellen, habe aber gemerkt, worauf es ankommt. Formeln braucht man nur sehr wenige auswendig zu lernen, aber die grundlegenden Diagramme sollte man drauf haben. Die Themen, die bei mir drankamen, waren mir aus Prüfungsprotokollen kaum bekannt, aber er kann ja nicht immer das Gleiche fragen. Die Trocknungsgeschichte war natürlich Standard.

Viel Glück!

Einsteigsthema: Stoffübergang im Bohren \rightarrow Herleitung der Einlaufkennzahl, Re, Se, Sh; Diagn. 3.H (mittl. Sh über Einlaufkennzahl; Kraumes Frage: Was ist z^* ? Wie sieht das gradw. Profil aus? weitere Themen: - Grundlagen (1) - Was passiert für Sh bei weiterer Partikelgröße? - Partikel (2) - Chem. Reaktion? (3) Was ist eine integrale Bilanz? Kraume gibt Bsp \rightarrow Rührkessel mit Chem. Reakt. vom 1. Ord. Bilanzieren! Welche Quant wissen, was das Ergebnis ist / Sprungantwort was passiert, wenn Verweilzeit im Reaktor endlich, $0, \infty$? Auswirkungen auf die Komponente c_A erläutern. (2) Kraume macht Partikel, was ist der Unterschied, wenn fluide Partikel oder feste Partikel? Stellen sie sich vor, sie sitzen auf der Partikel, was sehen sie? Geschwindigkeit Feld für einen Beobachter, welche Partikel Partikel Partikel Sinkgeschwiz Stellen Sie sich am Füllkorperkolonne, welche Partikel Partikel im Abhängigkeit der Gasbelastung vor. Was ist der Partikel das ändert wenn die Kolonne kein oben nach unten durchströmt würde gibt es dann einen Partikel?

Prüfungprotokoll V7 I+II
21.6.99



Vortrag: **Transportprozesse in laminarer Rohrströmung**
 Herleitung der Einlaufkennzahl, Re, Sc, Sh; Abb. 3.11 (mittl. Sh über Einlaufkennzahl). K. fragte dann noch mal nach den Einlaufprofilen für Geschwindigkeit und Konzentration. Wie sieht das Konz-Profil bei het. chem. Reaktion über Einlaufkennzahl aus? RB angeben: $r = n = k_p * c = -D \frac{dc}{dr}$ und in Rohr einzeichnen.

Grundlagen: Was ist eine integrale Bilanz? K. hat CSTR mit homogener Reaktion 1. Ordnung eingezeichnet --> Bilanzieren! Wolte zuerst wissen, was das Ergebnis ist (Sprungantwort). Was passiert, wenn Verweilzeit im Reaktor endlich, Null, unendlich ist? Auswirkungen auf die Komponente A erläutern.

Partikeln: K. zeichnet feste und fluide Partikel. Stellen Sie sich vor, Sie sitzen auf der Partikel, was sehen Sie? Geschwindigkeitfeld für einen Beobachter. Welche Partikel hat größere Sinkgeschwindigkeit?

Kolonnen: Stellen Sie sich eine Füllkörperkolonne vor. K. wollte Flüssigkeitsfüllzahl in Abhängigkeit der Gasbelastung wissen. Was ist Flutpunkt? Was ändert sich, wenn die Kolonne von oben nach unten durchströmt wird? Gibt es dann einen Flutpunkt?

Kommentar: Man hört und liest zwar viel Schlimmes über K., aber die Prüfungsaufgaben sind nicht so schlimm. Ich hatte sicherheitsshalber noch ein paar Freunde mitgenommen. Die Beisitzerin hat keinen Ton gesagt. Störend ist, daß man kein Feedback bekommt. K. fragt wenig nach Formeln, viel nach Verständnis. Vieles, was man unter Normalbedingungen aus dem Ärmel schüttelt, gestattet sich in der Prüfung ungewohnt mühsam. Bei Zeichnungen immer auf Deutlichkeit achten. Skizzen allein reichen nicht, bringen nur Nachfragen. Nichts überlegen!

Empfehlung: Verständnis kann man aus dem Skript sicherlich nicht bekommen. An die Vorlesung erinnern ich mich kaum noch, da ich sie vor drei Jahren gehört habe. Ein zu langes herauszögern ist sicherlich nicht sinnvoll, aber man sollte die Prüfung nicht zu früh machen, weil man sonst nichts aus anderen Fächern gelernt hat. Unersätzlich sind die Sprechstunden. Nicht versäumen!
 Aufwand: drei Monate. Keinerlei Verhältnis zum Ergebnis. Vielleicht sollte man doch darüber nachdenken, anstatt EVT nur ET zu studieren. Als zusätzliche Wahlfächer kann man ja verfahrenstechnische Vorlesungen anderer Professoren besuchen.

Daniel Droste

Prüfungsprotokoll Verfahrenstechnik 1 und 2 am 14.07.2000 bei Prof. Kraume (Beisitzer

Patrick)

Zeit: ca. 60 min.

Lockere, freundliche Atmosphäre. Note 1,0.

Komplexe:

1. Wirbelschicht (Vortrag),
2. Trocknung/Filtration,
3. Rohrströmung,
4. Rieselfilm

Zu 1: Vortrag: Abb. 13.2, 13.1, 13.6 und 13.11a rechts hingzeichnet und folgende Sachverhalte erläutert

- Festberstdruckverlust (Formel, incl. Ergun-zeta und Δh)
- Schwebender Partikelschwarm (Druckverlustformel)
- Leeres Rohr (Druckverlustformel)
- Berechnung der Lockermassgeschwindigkeit
- Druckverlustverlauf in WS qualitativ mit und ohne Blasen
- Feststoffvermischung in WS.

Fragen:

- Diagramm 13.1 arithmetisch oder logarithmisch? (logarithmisch, da Druckverlust im Bereich der Rohrströmung prop. v^2 und trotzdem Gerade)
- Abhängigkeit des Druckverlustes in der Schüttung vom hydraulischen Durchmesser? (wenn d_h größer, dann Δp kleiner werdend, wenn sich sonst nichts ändert)
- Was passiert, wenn man zwei monodisperse Schüttungen hat, aber verschiedene Partikeldurchmesser? (Druckverlustanstiegsgerade im Festbett verschiebt sich mit steigendem Partikeldurchmesser parallel nach rechts zu höheren v hin, ϵ und damit die Gasgeschwindigkeit v an der Partikel bleibt ja gleich für verschiedene Durchmesser gleicher Geometrie, z. B. 0,4 für Kugeln, Gerade geht nicht durch Ursprung, da log-Diagramm, mit etwas Hilfestellung) Was passiert in der WS, wenn man Leerrohrmassgeschwindigkeit v erhöht? (Strömungsgeschwindigkeit v an der Partikel steigt, Kraft an der Partikel wird größer als (Gewichtskraft-Auftrieb), also Beschleunigung der Partikel aufwärts. Dabei Vergrößerung von ϵ in der WS, Abnahme von v an der Partikel, bis sich wieder Gleichgewicht und Schwebzustand einstellt unter der Voraussetzung, daß v an der Partikel kleiner als w_p bleibt, sonst Partikelaustrag)
- Diagramm 13.6 Druckverlust in homogener WS bei größerer Leerrohrmassgeschwindigkeit v (Druckverlust bleibt gleich, aber Steigung wird größer)
- Ist der Druckverlust wirklich linear? (Ja, da das Gas lediglich den Partikelschwarm in Schwebelage hält und die Feststoffverteilung homogen ist bei monodispersen Systemen)

Zu 2: Einstufiger Trockner im Mollierdiagramm.

- Mollierdiagramm hingzeichnet, Zustandspunkte 1-5 und Änderungen erläutert

1. Vortrag: Druckverluste bei der Rohrströmung

--> Laminae und turbulente Einlaufströmung über Rohrquerschnitt

-Wandhaftung

-Turbulenzballen

-Laminae Grenzschicht

-Voll ausgebildetes Profil (Nullgradient nur noch in einem Punkt (Rohrachse))

-Einlaufströmung --> Abb. 3.3 und 3.7.

--> Darstellung des Widerstandsbeiwertes über der Reynoldszahl (Nicuradse)

-Bereiche angeben (laminar, Übergang, turbulent)

-Mabenteilung beachten, da logarithmisch (Kritikpunkt von Kraume)

-Einfluß der Rauigkeit, laminae Unterschicht

-Proportionalitäten

Nachfragen:

-Profiländerung bei höherer Viskosität? --> Keine, da Profil nur von Geschwindigkeitsgradient

abhängig

-Ändert sich turb. Geschw.profil noch über die Länge? --> Nein, sonst wäre es nicht vollständig

ausgebildet

-Schubspannungen bei nichtnewtonischen Fluiden? --> Ostwald de Waele

-Einfluß der Fließexponenten? --> Profilunterschiede, Abb.3.20

2. Grundlagen:

-Integrale und differentielle Bilanzen? --> Unterschiede und verschiedene Anwendungsbereiche

-Bilanz an einem idealen Rührbehälter: Wie kommt man Konzentration c im Reaktor?

Gegeben: Volumenstrom $dV/dt = \text{const.}$, c ein, c aus und Reaktorvolumen V --> Bilanz aufstellen, nach

c auflösen, Integration, Randbedingungen

3. Wirbelschichten:

-Druckverlustdiagramm Δp über Anströmgeschwindigkeit v

-Gleichung für $\Delta p = f_g \cdot f_A/A$, Welches A ist gemeint?

-Warum Δp max konstant

-Wie ändert sich Δp -Verlauf für kleinere Partikel --> hydraulischer ϕ ändert sich, aber auch ρ ändert

sich mit Re-Zahl

$$\Delta p = \zeta \cdot \rho/2 \cdot w^2 \cdot H/d \text{ hydr. mit } w = v/\epsilon$$

4. Bodenkolonnen:

-Wie wird Druckverlust berechnet? --> Über $\Delta p = \zeta \cdot \rho/2 \cdot w^2$

-Wodurch entsteht der Druck? --> Hydrostatischer Druck durch Wassersäule

Kraume: Druckverlustgl. analog zu Umströmung von Partikeln

-Wie gelangt man zu Widerstandsbeiwert? --> Da Kraume von Partikeln gesprochen hatte, und ich

mir in diesem Punkt sehr unsicher war, argumentierte ich über das ζ/Re -Diagramm für fluide Partikel,

was natürlich völlig falsch war.

--> Es existiert trockenere und Durchströmungsdruckverlust

-Woher bekommt man trockenen Druckverlust? --> Über Messungen.--> Nicht praktikabel.

--> Aus Herstellerangaben der verwendeten Böden

1. Stofftransport an festen Partikel

Wie sieht der Konzentrationsverlauf bei der heterogenen chemischen Reaktion an der Partikeloberfläche für drei Pe-Zahlen ($Pe_1 < Pe_2 < Pe_3 = \infty$) und drei Da-Zahlen ($0 = Da_1 < Da_2 < Da_3 = \infty$) aus? Alles in einer Zeichnung, verschiedene Farben! Antwort im Skript.

Bei der Auflösung einer Partikel ändert sich ihr Radius. Wie kann man diese Änderung berechnen/ausdrücken? Welche Zeit braucht die Partikel, bis sie aufgelöst ist? Eigentlich wollte er nur eine Bilanzgleichung um die partikel, bei der ich mich etwas schwerfällig angestellt habe. Bei einer Bilanz also immer erstmal allgemein die Terme bezeichnen, z.B. mit „Speicherung = Transport + Wandlung“ ($S=T+W$).

Hier ist die Speicherung also die Massenänderung dM/dt , Transport der Massenstrom M , der Wandlungsterm

$$d(\rho V) = \rho \frac{dV}{dt} = \rho \frac{4\pi r^2 dr}{dt} = M = \tilde{M} \cdot \dot{n} \cdot A = \tilde{M} \cdot \beta \Delta c \cdot 4\pi r^2, \text{ was hier}$$

auch schon dem Massenstrom gleichgesetzt werden sollte. Ich hatte Probleme, diese Gleichung aufzustellen, da β ja nicht unbedingt konstant ist (ergibt sich aus dem Sh-Diagramm), sondern von der Pe-Zahl abhängt, diese wiederum von der Geschwindigkeit der Partikel und damit von deren Radius abhängt. Aber das war ihm schon viel zu kompliziert!

2. Grundlagen

Diffusion: Prof. Kraume malte zwei Linien, die Ränder einer Platte, auf und kennzeichnete mit zwei Punkten die Niveaus der Konzentration an den Rändern. Dazwischen sollte der Verlauf der Konzentration bei reiner Diffusion gezeichnet werden.

a) in einer Platte: linear, siehe Zeichnung im Skript!

b) in einem Hohlzylinder: er ergaenzte dann in etwas Abstand zu der Platte eine Symmetrieform und gestaltete so aus der Platte einen Hohlzylinder. Da im stationaeren Zustand der Stoffstrom N konstant bleiben muß, sich beim Hohlzylinder aber die Durchtrittsfläche aendert, muss sich auch die Stoffstromdichte aendern

($N = \dot{n} \cdot A$), und zwar muss sie nach aussen hin (groessere Durchtrittsfläche A) kleiner werden => kleinerer Gradient

c) wie b) aber mit hom. chem. Rkt.: Hier wird Stoff verbraucht, d.h. die Kurve liegt fuer $Da=0$ auf der Kurve der reinen Diffusion. Fuer $Da=\infty$ ist sie im gesamten Volumen null, lediglich an den Grenzen herrschen die vorgegebenen Konzentrationen, fuer endliche Da liegen die Kurven dazwischen.

d) wie b) aber mit het. chem. Rkt.: Hier darf natuerlich nur eine Konzentration vorgegeben sein, es findet im weiteren eine Diffusion an die andere Wand statt, an der die Reaktion erfolgt. Je nach Da ist Die Konzentration dort genauso hoch wie an der anderen Wand ($Da=0$), null ($Da=\infty$) oder irgendein Wert dazwischen.

3. Platten

Stromungsprofil fuer Grenzschichthypothese: siehe Abbildung im Skript

Warum dehnt sich die Grenzschicht aus? Im Rohr bildet sich ein stationaeres Profil aus, da die Stromung begrenzt wird durch die Rohrwand, bei der Platte geht man von einem unendlich ausgedehnten Raumangebot neben/ueber der Platte aus, die einen immer weiter fortschreitenden Impulsanstausport ermoeeglicht. Somit aendert sich das Stromungsprofil bei der Platte staendig.

lokaler Widerstandsbeiwert ζ_x / x^* : im Grunde wie das Diagramm zur lokalen Sh-Zahl im Skript, da auch der Widerstand mit dem Geschwindigkeitsgradienten zusammenhaengt

$$(F = \zeta \frac{1}{2} w^2 A \Leftrightarrow \zeta = \frac{F/A}{\frac{1}{2} w^2} = \frac{\tau}{\frac{1}{2} w^2} = \frac{\eta \frac{dw}{dx}}{\frac{1}{2} w^2})$$

Am Beginn der Platte existiert also ein unendlicher Gradient (=unendl. hohes ζ_x), der sich mit steigendem x^* asymptotisch der x-Achse naehert.

Definition fuer Dicke der Geschwindigkeitsgrenzschicht: Ich meinte, dass die Dicke beeinflusst wird von der Lauflaenge, der Viskositaet und der Anstroemgeschwindigkeit. $\delta \downarrow$, wenn $x \downarrow$, $w \uparrow$, $\nu \downarrow$, also $\delta \sim \frac{w}{x^2}$. Aus dimensionsanalyse ergibt sich noch eine Wurzel, und ich erinnerte mich auch noch an einen Faktor, aber das war schon okay so.

4. Zweiphasenstromung

„Nehmen Sie an, sie haben einen Flüssigkeitsstrom in einem Rohr! Wenn Sie jetzt Gas hinzugeben, was passiert?“ Der Druckverlust steigt natürlich an, es gibt verschiedene Methoden, den Druckverlust zu berechnen (heterogenes und homogenes Modell), wobei es beim homogenen Modell immer Schwierigkeiten mit der Bildung der gemittelten Stoffparameter (insbesondere Viskosität) gibt. Beim Heterogenen Modell nutzt man die Lockhart-Martinelli-Funktion (Diagramm zeichnen). Schwierig fand ich dann noch die Frage, ob der Druckverlust beim heterogenen oder beim homogenen Modell grösser sei. Letztlich kamen „wir“ darauf, dass das heterogene Modell einen Schlupf zulässt, d.h. dass das Gas der Flüssigkeit vorausziehen kann. Daraus folgt, dass der lokale Gasgehalt niedriger sein kann.

5. Zusatzfrage

Er wollte mich noch auf 1,7 oder 1,3 prüfen, also musste ich ihm das Rühren Nicht-newtonischer Flüssigkeiten erklären. Diese Diagramme sind auch alle im Skript. Es ging ihm nur darum, dass man das allgemeine Diagramm (Ne/Ro) anwendet, aber die Informationen über das Verhalten der Flüssigkeit aus den Diagrammen zu Schergradient, Drehzahl und Winkelgeschwindigkeit bekommt.

Vortrag: Wirbelschichten

Bei der Kohleverbrennung mittels Wirbelschichtfeuerung kommen die Vorteile von Wirbelschichten zum Teil deutlich zum Ausdruck. Durch eine relativ niedrige Temperatur im gesamten Feuerungsraum kann hierbei die Emission von giftigen Stickoxiden stark reduziert werden. Grund dafür ist zum einen die Verflüchtbarkeit der gesamten Oberflächen aller Partikel, aber auch die gute Feststoffdurchmischung, auf die ich gerne näher eingehen möchte:

Wie kommt es zu dieser guten Durchmischung der fluidisierten Phase? Dazu betrachte ich die Umgebung einer quasi feststofffreien Gasblase, wie sie bei den meisten Wirbelschichten ab einer gewissen Gasleertrockenheit auftreten. Diese Blasen strömen mit einer wesentlich höheren Geschwindigkeit durch die Wirbelschicht als der Teil des Gases, der sich durch die dichte Suspensionsphase bewegt (Abb. 13.6) in unmittelbarer Umgebung der Blase besteht ein linearer Druckverlauf, entsprechend der Hydrostatik. Innerhalb der Blase allerdings ist der Druckgradient praktisch zu vernachlässigen. Allein aus diesem Grund muß an der Blasenkappe ein Überdruck und am unteren Ende ein Unterdruck im Vergleich zur umgebenden Suspensionsphase herrschen, welche eine gewisse Formveränderung der Blase bewirken. Diese Erkenntnis deckt sich auch mit den fluiddynamischen Prinzipien einer umströmten Partikel, als welche die Blase durchaus auch angesehen werden kann.

An der angeströmten Seite befindet sich demnach der Staupunkt, während im Nachlauf, bzw. Wirbelgebiet hinter der Partikel ein Unterdruck herrscht, welcher für die Wirbelbildung verantwortlich ist. Durch diese Rückströmung im Nachlauf wird nun auch Feststoff in die Partikel eingeschoben und steigt mit der Blase auf, bis sich soviel angesammelt hat, daß er abgeworfen werden muß. Durch diesen Mechanismus ist die vertikale Feststoffmischung um bis zu 100x intensiver als die horizontale.

Dieser schnellen Aufwärtsbewegung des Gases muß aus Kontinuitätsgründen eine Abwärtsbewegung entgegen gerichtet sein, was zu einer charakteristischen Blasenverteilung über den Querschnitt führt (Abb. 13.11a). So entstehen Zonen, in denen besonders viele Blasen aufsteigen. Während des Aufstiegs kommt es auch dazu, daß größere Blasen, welche eine höhere Aufstiegs geschwindigkeit besitzen, die kleineren Blasen überholen und diese wie den Feststoff unten einsaugen und mit ihnen koaleszieren. Auf diese Weise wird die Ungleichverteilung der Blasen mit der Steighöhe weiter verstärkt. Des Feststoff im Gegensatz wird bevorzugt dort absinken, wo der Blasenanteil möglichst gering ist und somit die Ungleichverteilung weiter stabilisieren.

Die so entstehende Rückvermischung des Gases wäre bei heterogenen chemischen Reaktionen zwar von Vorteil, da abgereagertes Gas wieder zurückgeschleust wird, allerdings ist die beschriebene intensive Feststoffvermischung einer der signifikanten Vorteile einer Wirbelschicht, da so praktisch keine Temperaturgradienten in der Wirbelschicht entstehen können und eine relativ niedrige Temperatur im gesamten Feuerungsraum realisiert werden kann.

Wie sieht denn so eine Wirbelschichtfeuerung aus?

Abb. 13.14 mit Erklärung wie im Skript

Welche Aufgabe hat denn dieser Siphon?

Der verhindert, bei genügend hohem Feststofffüllstand, daß das Gas durch diesen Bypass strömt.

Sie sagen, der Druckverlauf wäre annähernd linear. Wie ist er denn nun wirklich?

In homogenen Wirbelschichten (Fließbetten mit Flüssigkeit fluidisiert) tatsächlich linear wegen Hydrostatik. In heterogenen (mit Gas fluidisiert) expandiert Gas, wird schneller und hat einen höheren Druckverlust mit zunehmender Steighöhe. (Finde ich eigentlich logisch, er schien aber nicht so zufrieden, hat aber nicht weiter gefragt. Kam aber selbst ins Überlegen, da ja der Druckverlustverlauf konstant ist. Lieber nochmal in der Sprechstunde fragen).

Zeichnen und erklären Sie doch mal den Druckverlustverlauf über der Gasleertrockenheit.

Abb. 13.1 mit genauer Erklärung der Steigungen.

Wie sähen die beiden Kurven für Aluminium- und Goldkugeln (sonst alles gleich) aus?

In Δp steckt $\Delta \rho$. Da Gold schwerer, steigt Goldkurve in Festbett länger an und wird bei höherem Δp parallel zur Alukurve.

Und was ist bei zwei gleichen Materialien, aber unterschiedlichen Durchmesser?

Der waagerechte Teil bleibt bei beiden gleich, da ξ gleich ist und der Rest in der Gleichung

auch. Der Druckverlust in der Feststoffschüttung ist bei kleinen auf Grund der kleineren Durchmesser aber größer als bei den größeren. Also diesmal zwei Parallelen im ersten Anstieg.

Platten

Wie sehen die Geschwindigkeitsfelder in x-Richtung bei der GSH aus? Abb. 4.3 mit ausführlicher Erklärung.

Haben die Profile auf der Platte einen Bauch?

Nein, nur bei der numerischen Lösung.

Wie sieht das Profil direkt an der Plattenspitze aus?

Überall Außengeschwindigkeit, nur an Platte null, also unendlicher Gradient.

Wovon ist denn die Grenzschichtdicke abhängig?

Formel 4.10 im Kopf gehabt, aber trotzdem lieber so getan, als leite ich mir die Einflußgrößen gerade selber her. Tip am Rande: Lieber nie sofort das Ergebnis herausprusten, lieber kurz überlegen und dann ganz langsam anhand von Formeln und lautem Gemurmel das Ergebnis herleiten.

Wie sieht denn der Grenzschichtverlauf aus, wenn in etwas Abstand eine zweite Platte parallel liegt?

Praktisch Strömungsanlauf, wie beim Rohr. Hier allerdings natürlich Kanalströmung.

Wie sieht denn der Widerstandsbeiwert-Verlauf aus?

Nach $GSH \zeta \sim Re^{-1/2}$, also fallende Gerade im doppeltlog. Diagramm ζ über Re .

Ich wollte aber den Verlauf über der Lauflänge.

Da $Re = wx/v$ ist das gleich.

Und wie sieht das im arithmetischen Diagramm aus?

Praktisch wie Hyperbel, Grenzwert bei $x \rightarrow 0$ ist unendlich (Geschwindigkeitsgradient ist unendlich), für $x \rightarrow \infty$ ist 0.

Trocknung

Mollier-Diagramm in allen Einzeinheiten

Achsen (Größen, Einheiten und arithmetisch), Iso-Verläufen, Steigungen mit Herleitung im Nebelgebiet, Definitionen für Nullpunkte und sonstige Größen. Alles genau wie im Skript.

Einstufige Trocknung im Fließbild und Mollier-Diagramm

Auch genau wie im Skript.

Zuerst ziemliche Bedenken gehabt, da dieses Thema doch recht verworren ist. Allerdings ist Kraume da selbst anscheinend nicht ganz so tief in der Materie, so daß er sich auf „normale“ Fragen beschränkt und keine Fallen stellt. Hier läßt sich mit ausgiebigen Antworten gut Zeit schinden, so daß er für den letzten Komplex wenig Zeit mehr hatte.

2-Phasen-Strömung

Ich weiß leider nicht mehr genau alle Fragen, da ich inzwischen zwei Wochen verweist war. Auf jeden Fall mußte ich die Grundlagen des homogenen und heterogenen erklären, was Schlupf bedeutet und wie er zustande kommt.

Angenommen, es befindet sich ein Volumenprozent Gas in der Flüssigkeitsströmung, macht sich da der Schlupf bemerkbar?

Das ist praktisch eine Biasenströmung mit sehr geringen Gasanteil, da wird der Schlupf ca. 1 sein. Eigentlich wollte Kraume 1 Massenprozent sagen, dann sieht das natürlich schon etwas anders aus.

Wie berechnet sich der Druckverlust beim heterogenen Modell?

Bin nur auf den Reibungsdruckverlust eingegangen, der mit Hilfe von Lockhardt und Martinelle zu berechnen ist. Gleichungen und Diagramm dafür hingemalt und erklärt.

Dann war's auch schon vorbei. Die Atmosphäre war recht angenehm, man mußte allerdings ständig auf der Hut sein, keine falschen Formulierungen zu verwenden, die man nur irgendwie auswendig gelernt, aber nicht verstanden hat. Trotzdem schienen sie mir wohlgesonnen, was vielleicht auch daran lag, daß ich nach Frankreich will und sie es mir nicht allzu schwer machen wollten.

Viel Erfolg!

• Was wird da aufgetragen?
 \rightarrow ξ über $\tau_{c_{\text{un}}} = \frac{8 \xi^2}{\tau_w}$

• Woher kommt diese seltsame Definition?

\rightarrow Die Herleitung habe ich in einem Vorlesungsprotokoll
 ungenügend abgedeckt und wir vor der Prüfung zu Glück
 noch mal angesehen, weil ich glaubt habe, dass sie zu
 diesem Diagramm dazugehört. Nach Patricks Reaktion
 zu urteilen, ist sie nicht allgernein bekannt.

\rightarrow Geschwindigkeitsprofil mit ξ ausdrücken: $w(r) = 2v(1 - (\frac{r}{\xi})^2)$
 \rightarrow Wandgradient $\frac{dw}{dr} \Big|_R = \frac{4v}{R} = \frac{8v}{d} \Rightarrow \tau_w = \frac{d}{8\eta}$

$\tau_{c_{\text{un}}} = \frac{d \Delta p}{4 \mu s} \Rightarrow \tau_{c_{\text{un}}} = \frac{8 \xi^2 v}{d}$

• Was ist das hier das Ganze?

\rightarrow $\tau_{c_{\text{un}}}$ unabhängig von der Viskosität ausdrücken, da
 diese ja bei nicht-newtonischen Fluiden nicht pauschal
 angegeben werden kann

2. Komplex 1: Grundlagen

• Welche Bieanzengeidungen gibt es?, erläutern

• Bieane an einer Partikel mit reiner Diffusion
 durchführen, "und dann sollen Sie noch..."
 \rightarrow ja ja, $Sh = 2$ soll rauskommen (Standard)
 \rightarrow $c(r)$ herleiten, Gradient berechnen, β damit
 ausdrücken, in Sh -Definition einsetzen, fertig!

3. Komplex 6: Rieselfläche

• Hier kann man zeichnen Rieselfläche mit Anfangskonzentration

26.11.93, 14⁰⁰

Beisitzer: Patrick Hier

1. Vortrag: nicht-newtonsche Fluide (Komplex 2: Rolle

• Prinzipieller Unterschied zu newtonschen Fluiden

• Scheinbare Viskosität + Ostwald-de Waele
 $\tau = \eta_s \frac{du}{dy} = k \left(\frac{du}{dy}\right)^n \Rightarrow \eta_s = k \left(\frac{du}{dy}\right)^{n-1}$

k und n erklärt

• Fließkurven real + Ostwald-de Waele erklärt, geradlinig

Beispiele genannt

• Probleme des Ansatzes

• Geschwindigkeitsprofile

Nachfragen:

• Wie hängt der Druckverlust mit den Gradienten $\frac{du}{dy}$

zusammen?

→ Kraftbilanz: $\tau = r \frac{dp}{dr}$

• Was ist zu $\frac{dp}{dr}$ zu sagen?

→ const., daher $\frac{dp}{dr}$

• Wie kommt man allgemein zu Druckverlust?

→ $\Delta p = \int_0^R \tau \cdot 2r \cdot dr$ aus Navier-Stokes-Diagramm

(gezeichnet, erklärt)

• Und bei nicht-newtonschen Fluiden?

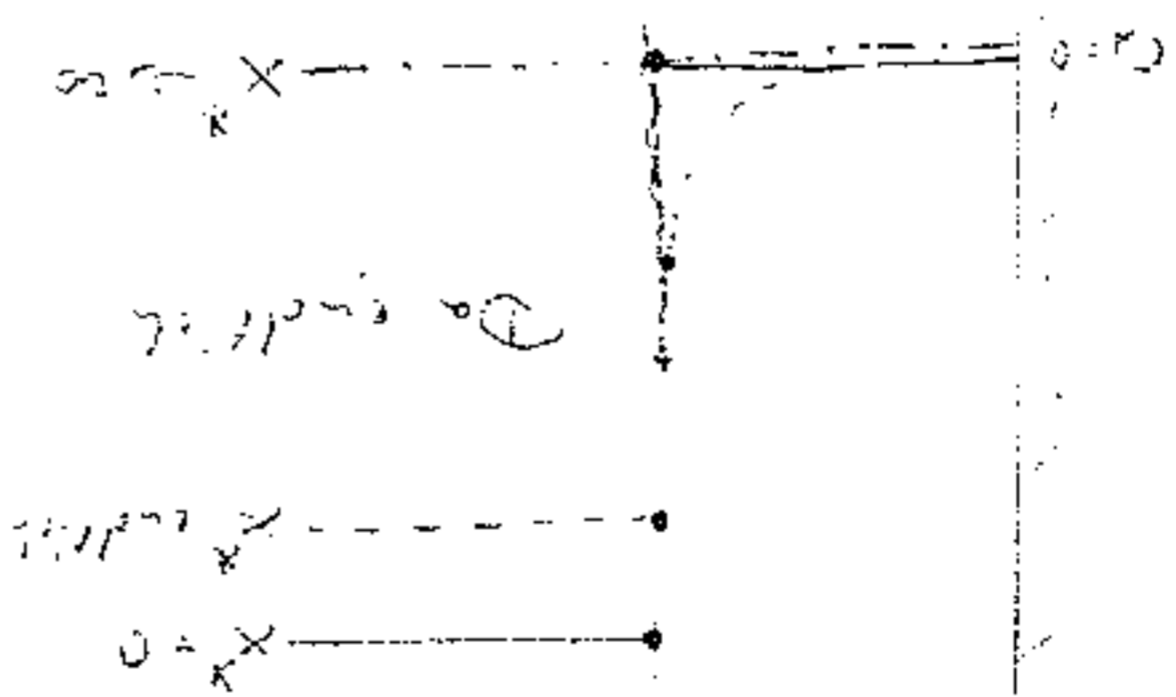
→ Entsprechendes Diagramm gezeichnet, aber Achsenbeschriftung vergessen

in Flüssig- und Gasphase ($x^*=0$), Profile für ein betriebliches Da und verschiedene La-Profile zeichnen (Reaktion 1. Ordnung), Zusatzinformationen soll ich mir erfragen, also:

→ Abreicherung in Gasphase: ja

→ Widerstand: nur im Film

→ Phasengleichgewicht: Henry, $H^* = \frac{c_g}{c_l} = 2$



• Wie sieht das Profil für $Da \rightarrow \infty$ aus?

→ unendlicher Gradient

• $SL(x^*)$ für Reaktion 2. Ordnung zeichnen

→ Abb. 10.18, Patrick gab zu, daß der Verlauf dort, wo B verbraucht ist, schwer zu erkennen ist

• Das gleiche für Reaktion 1. Ordnung → also Abb. 10.9 für verschiedene Da-Werten

→ Kurven beginnen wie bei rein physikalischen Transport ($Da=0$) und verlaufen dann aber höher

→ Nachdem ich die 3,41 für $x^* \rightarrow \infty$ erwähnt hatte, sah ich Herrn Krause fragen: „a“, und er meinte: „Wein“

das werde ich jetzt nicht fragen.“

→ $Da \rightarrow \infty$: $SL \rightarrow \infty$, wegen Gradient, da hatte ich erst falsch gedacht, sollte deswegen nochmal die

Definition von β hinschreiben

4. Komplex 7: Partikel

Herr Krause zeichnet eine Partikel, $S_p > S_g$,
eine feste Partikel, die andere eine fluide. Ich soll
mir vorstellen, daß ich mich mit der Partikel mitbewege
(Später nannte er mir als Alternative eine Partikel, die
durch eine Strömung in Schube gelassen wird und
die ich von außen betrachte)

→ Prinzipienweise hat mich seine Aufgabenstellung
leidet irritiert, so daß ich nicht wußte, ob dabei das
- Skript gezeichnete Profil für die fluide Partikel
Voraussetzung (mit dem ich auch schon Schwierigkeiten habe),
ich mußte mich also ganz langsam ranfassen

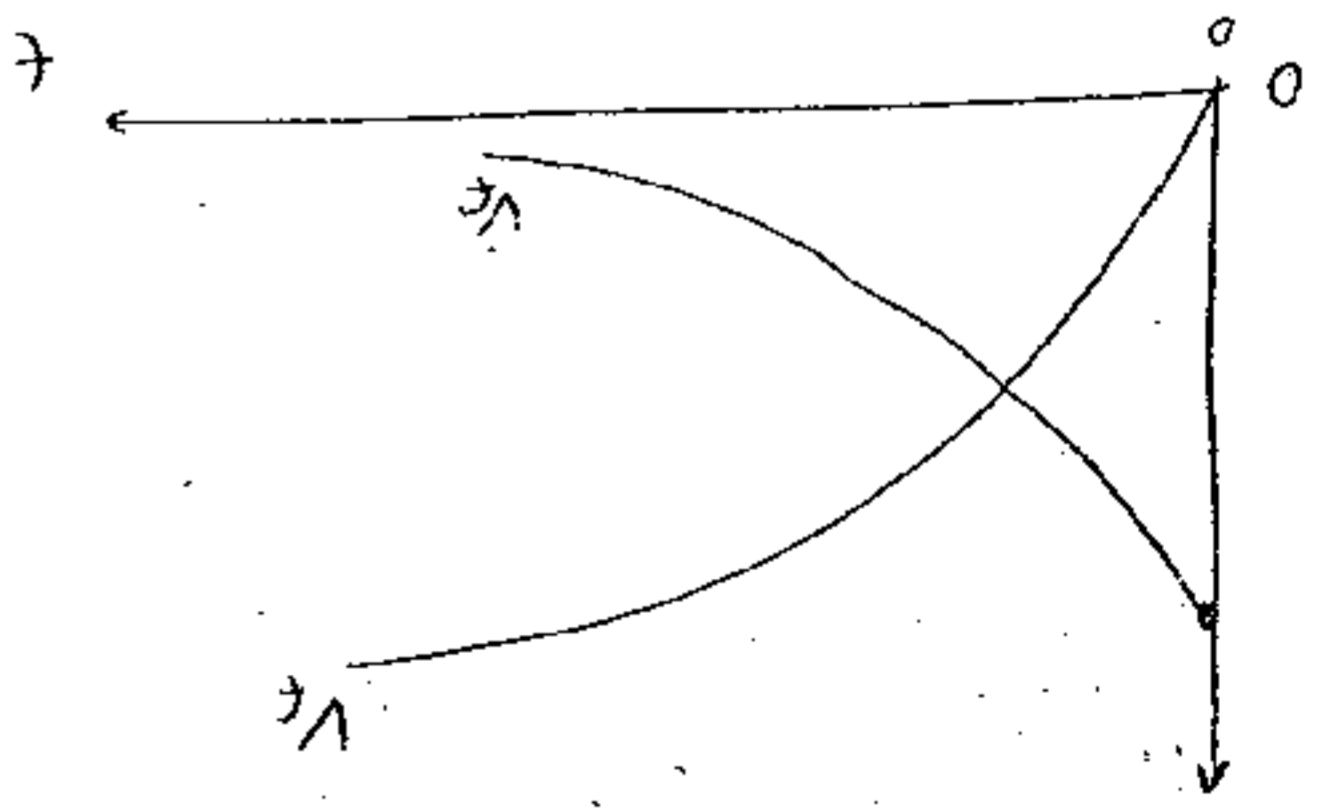
- Sie haben in größerer Entfernung für beide Partikel
die Geschwindigkeit eingezeichnet. Ist das wirklich so?
→ Eine eine mathematische Erklärung anzubieten, meinte
ich, daß fluide Partikel niedrigere Strömungswiderstände
haben. Daher muß man die fluide Partikel mit höherer
Geschwindigkeit anströmen, damit sie einen nicht vernachlässigt
zur Krause meinte, so könnte man sich das schon
vorstellen, wie wenn man einen Frosch festhalten will

Fazit:
Ich habe schon Glück gehabt, weil so viele Standardfragen
abzuarbeiten. Aber auch sonst war die Atmosphäre sehr
nett.

Ein simples "Das weiß ich nicht" läßt Herr Krause nicht zu,
er will, daß man sich bis zur Lösung, notfalls durch Neben-
rechnungen, durchkämpft. Dabei kommt man manchmal
auf Dinge, die man vorher gar nicht gemerkt bzw. verstanden hat.
Ich kann diese Definition für Krause nicht (ist)

1) Filtration - Kugelfiltration

$\Delta p = \text{const} \Rightarrow$ Verlauf von V_t und V_f



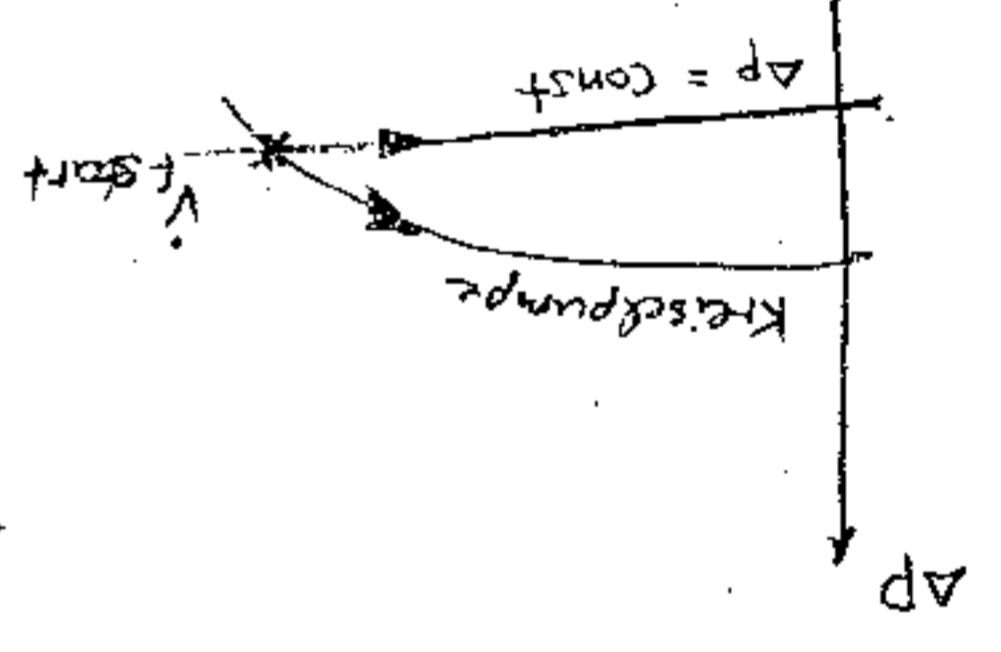
V_f hat Hyperbel-Verlauf

$f(x) = \frac{x}{1+x}$; für $t \rightarrow \infty$ wird

V 0, aber Fläche geht $\rightarrow \infty$

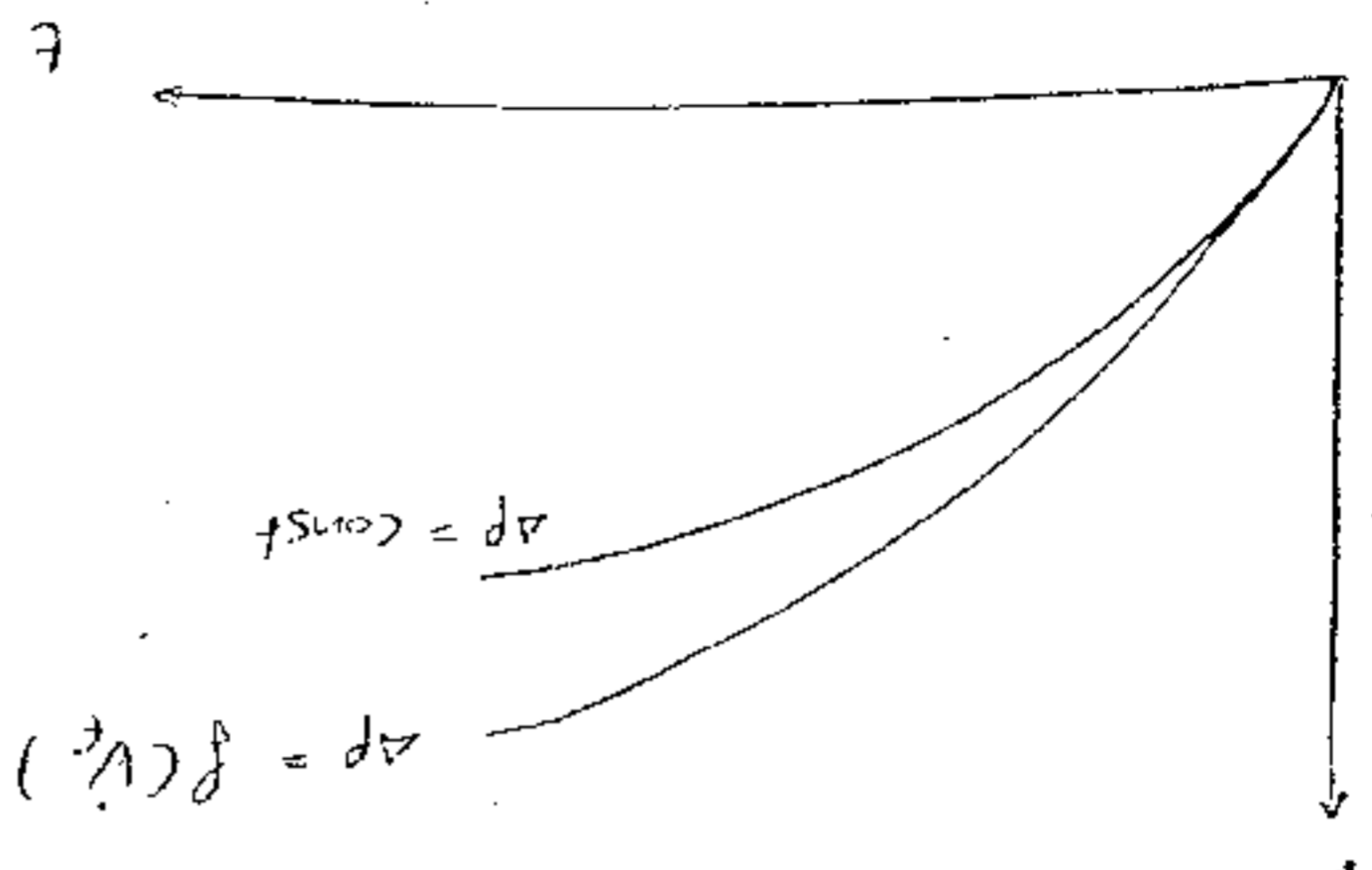
V_t wird nicht konstant;

* $\Delta p = f(V_t)$ Kreiselpumpe



V_t

* Vergleich



Blasensäulen

$\hookrightarrow E_g(V_g)$ (Abb. 19.9)

$\hookrightarrow a(V_g)$ (Abb. 19.10) ⁽¹⁰⁷⁾

im homogenen Bereich E_g und $a \sim V_g$

soäter dann Exponent < 1 (großblasen).

AP steigt Kreiselpumpe
 (steigt so, steigt ab; nur 100% ist
 silber)



Note: 1,3

Erfahrungswerte: Wirtelschleife

Anforderungen: Polare, Frequenz, Rückführung, Rückführung

(1) Wirtelschleife - Vortrag: $\Delta p, v_g$ - Diagramm, 3 Teile

(Planieren) Arbeit durch Steuerung
 I: Konstante Drehmoment, II: (Leeren etc.)

formulierung: Haltezeit
 von I: $\Delta p \sim v_g$
 II: $\Delta p = \text{const}$
 III: $\Delta p \sim v_g^2$

sehr anspruchsvoll auf II

sowohl formelmäßig als auch

anschaulich eingetragt

E-, L-Erklärung, normale

were sind, auch, Kurvenhaft
 (erklärt, wie v_g abfällt)

Frage: warum?

Warum I. Abschnitt länger

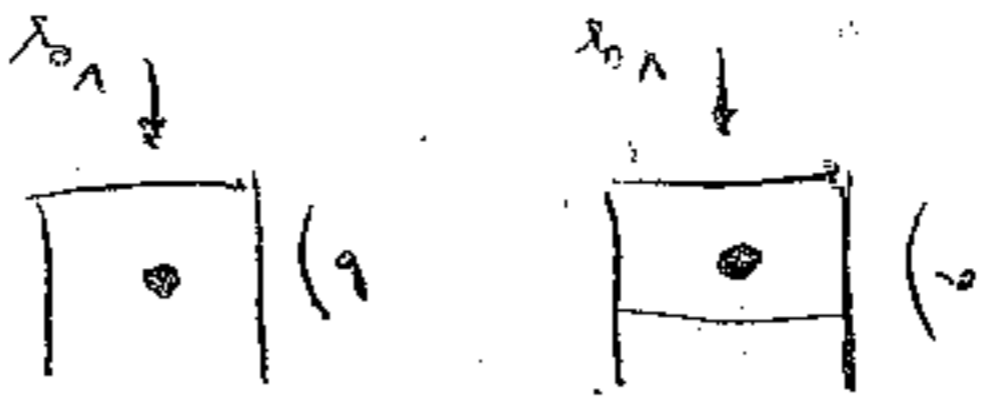
Re mit der Qualität, Annahme kleiner Teilchen

mit kleineren Teilchen \rightarrow Re für

Sie haben zwei Wirtelschleife und betrachten

längere in Teilchen, was passiert, wenn

v_g auf $v_g/2$ vgl steigt



Polare

Im Balken b) ist nur noch ein Teil der vorhanden, das bei weiterer v_y -Erhöhung angetragem wird, im Balken a) dehnt sich das Fließbett einfach weiter an
 Wo kann man die Funktion b) im σ_p, v_y -Diagramm finden
 Beim Übergang Abschnitt II nach III

Wann ist für Niet - Newtonsche Fluide charakteristisch

Es ist kein nötig, die Fließkurve guckt:



- 1 dilatant
- 2 newtonsch
- 3 pseudo-plast
- 4 Bingham

liegt die Kurve immer so

Nein: Steigung ist stoffspezifisch aber der linear

was bedeutet negative scheinbare Viskosität?

Bswahl die Waale - Ansatz Mikrostruktur und Ordnung erzählt

weil sie nichts sagte, hat mit verbunden

Leite sie doch nach τ_0 für ein Bingham - Fließgesetz

weil, bei

Es ist kein es nur mit viel Hilfe geschafft, weil sie

will nicht wert er können wollte

also Bingham: $\tau = \tau_0 + \eta \frac{dv_x}{dy}$ mit $\eta = \text{const}$

$$\tau = \tau_0 + \eta \frac{dv_x}{dy} \quad \tau_0 = \text{Bingham}$$

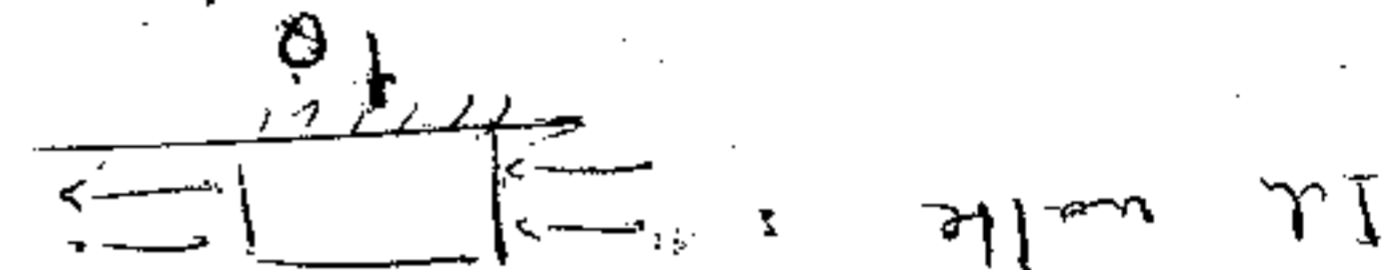
3) Teekanz?

? Erkläre sie mir ein einfaches Produktionsprogramm, das es erlaubt

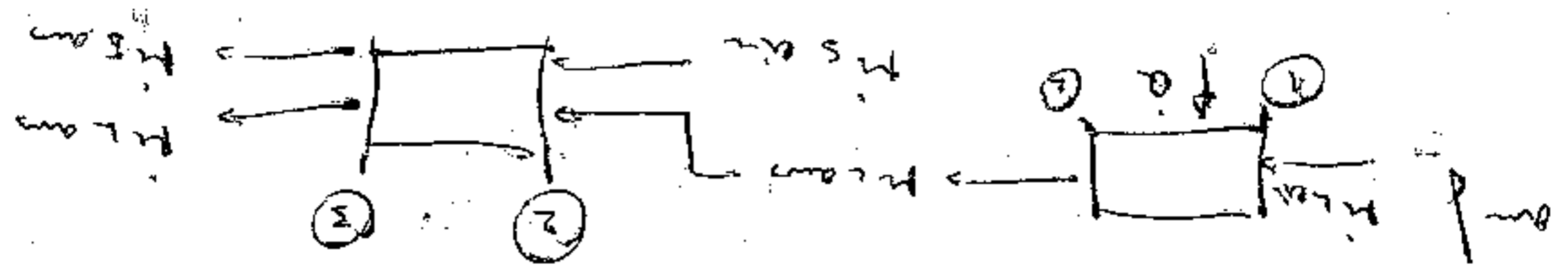
Ich will das Kaffee-Programm, das es erlaubt, was bei hohen Werten / Isolieren, Isotopen, $\psi = \text{const}$, was bei

$\psi > 1$, wo $\log \psi = 0$ ($\psi = \psi - \text{Aktiv}$) ...
 Dann will ich wie im Skript die Punkte 1, 2, 3

Zeichnen Sie mir mal ein Feldbild



Erkläre mich durch sein Nachfragen aber dann doch



? Das Problem ist Thermodynamik nicht erlaubt

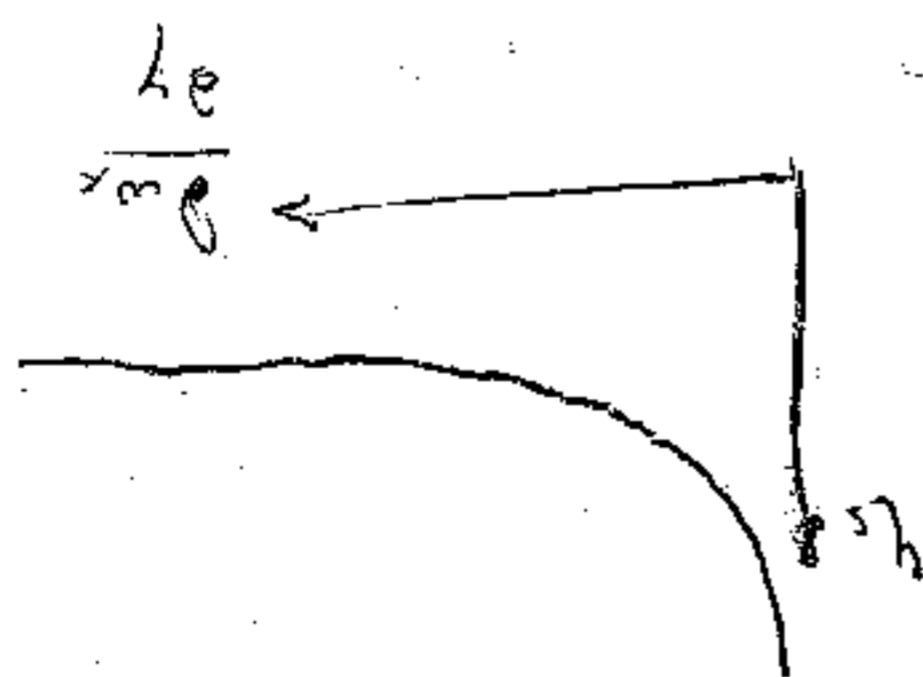
Das wäre es wenn 3 auf $\psi = 1$, das heißt aber so lange

Produktions = wirtschaftliche nicht erlaubt

$$\frac{\text{Kaufkraft}}{\text{Verkaufkraft}} = \dots$$

amplitude = ...

=> also eine Hypothese



$$\frac{\partial \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \right)}{\partial \left(\frac{\partial \psi}{\partial y} \right)} + \dots$$

Allgemeines zur Prüfung

Für eine gute Zensur sollte man auf alle Fälle das Bilanzieren (differentiell und integral) verstanden haben!!!

Auswendiggelernte Bilanzen bringens nicht!!

Weiterhin ist es wichtig zu wissen, daß man auf alle Fälle Fragen bekommen wird, die man auf Anhieb nicht beantworten kann. Ihr müßt dann am Besten aus dem Urschleim anfangen zu argumentieren, meistens ist es nicht unbedingt wichtig gleich die volle Lösung zu präsentieren.

Im Gegenteil: Auch wenn man die Lösung schon im Kopf hat, sollte man beim Urschleim anfangen und die Lösung langsam mit „wenn—dann“ Beziehungen entwickeln. Denn Kraume fragt sonst sofort, wie man denn auf den dargestellten Sachverhalt kommt, was manchmal völlig verwirren kann, wenn er nur darauf abzielt, daß man z.B. noch nicht erwähnt hat, daß an der Wand die Schubspannung $=0$ ist!

Kraume steht völlig auf Herleitungen aus dem Bauch, auch wenn man nicht auf das entsprechende Ergebnis kommt, honoriert er alleine schon die Bemühung (Allerdings nicht bei Standardthemen). Bei der Rührergeschichte mit dem Primär- und Sekundärprofil (siehe oben) kam ich z.B. auf kein anständiges Ergebnis, ich spekulierte auf der Grundlage ganz allgemeiner Betrachtungen:

Rührer überträgt Impuls an das Fluid, dieser Impulstransport muß in der Rührerebene am größten sein und nach oben bzw. unten hin abnehmen. Anschaulich: Der Rührer kann das Fluid eben nicht überall gleich gut bewegen, sondern nur dann, wenn er wie gesagt von der Oberfläche bis auf den Boden reicht. Mit ein bißchen Hilfe kam ich dann irgendwann darauf, daß das Sekundärprofil genauso aussieht, wie z.B. beim Scheibenrührer. Da Kraume aber immernochmal nachhakt, fragte er mich danach, warum denn die auftretende Radialkraft, bei einem definiertem Radius aber verschiedener Höhe im Rührkessel in verschiedene Richtung zeigt. Ich sollte also näher auf die Kräfte eingehen und nicht nur allgemein über



Impulstransport reden.

Da kam ich auch mit spekulieren nicht weiter. Aber das war dann wohl auch die 1,0 Frage!

Im Behälter b) ist nur noch ein Teilchen vorhanden, das bei weiterer v_g -Erhöhung ausgetragen wird.
 Im Behälter a) dehnt sich das Flüssbett einfach weiter aus

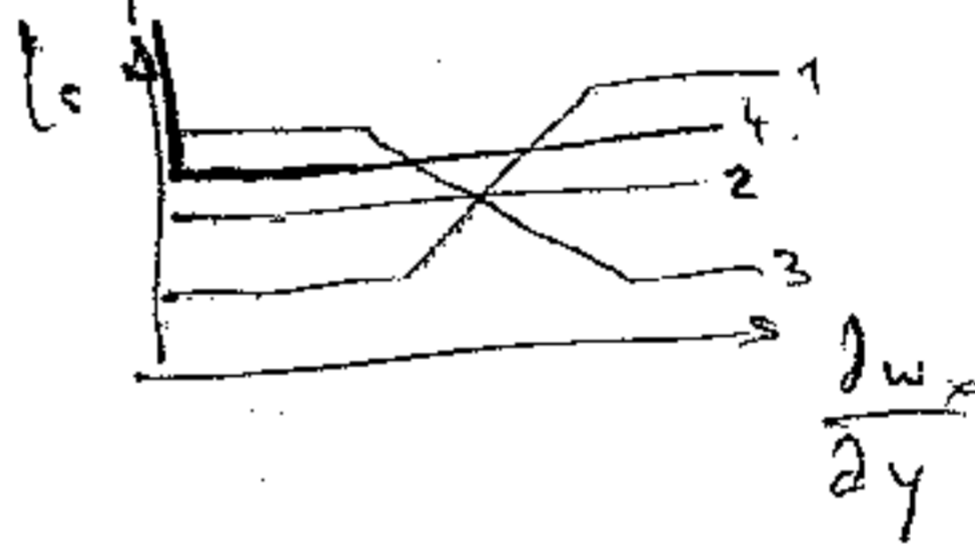
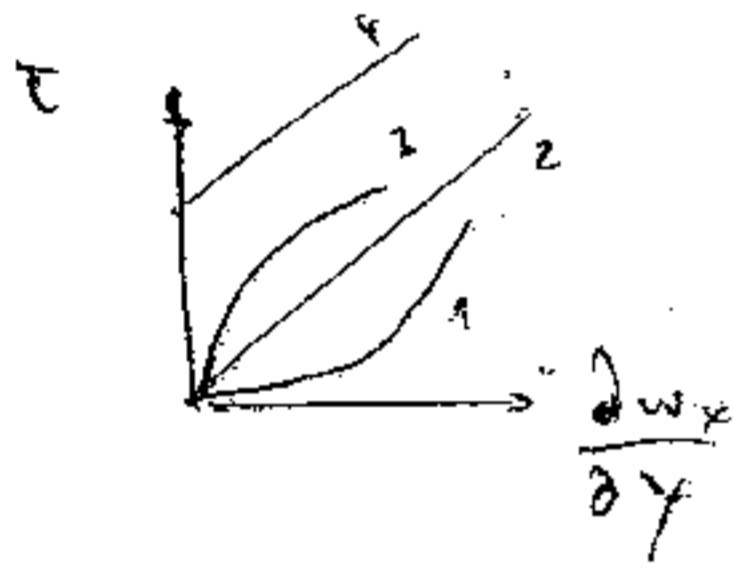
Wo kann man den Zustand b) im sp, v_g -Diagramm finden

Beim Übergang Abschnitt II nach III

1) Probe:

Was ist für Nicht-Newtonsche Fluide charakteristisch

Ich habe richtig die Fließkurven gezeichnet:



- 1 dilatant
- 2 newtonsch
- 3 pseudo-plast
- 4 Bingham

liegt die Kurve immer so

Nein: Steigung ist stoffspezifisch aber eben linear

Was bedeutet eigentlich schwindbare Viskosität?

Oswald die Werte - Ansatz hingestrichen und irgendwas erzählt, weil ich nichts wusste, hat mich unterbrochen

Leiten sie doch mal τ_0 für eine Bingham-Flüssigkeit math. her!

[Ich habe es nur mit viel Hilfe geschafft, weil ich nicht wusste, worauf er hinaus wollte]

also Bingham: $\tau = \tau_0 + \eta \frac{dw}{dy}$ mit $y = \text{const}$

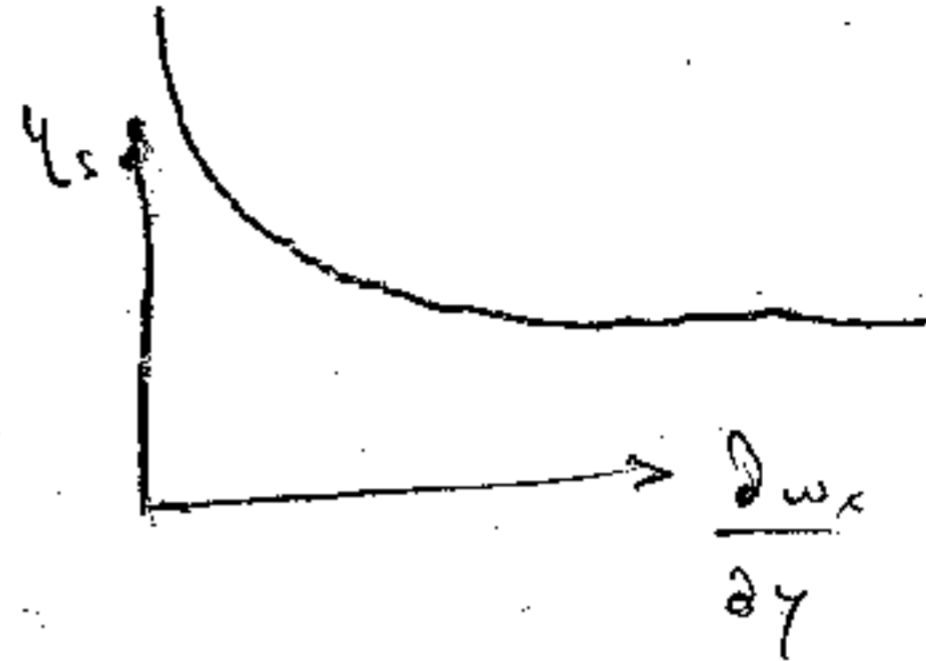
$\eta_{\text{Bingham}} = \frac{d\tau}{d(\frac{dw}{dy})}$

$$\Rightarrow \psi_{\text{Bingham}} = \frac{\tau_0}{\left(\frac{\partial w_x}{\partial y}\right)} + \left(\frac{\partial w_x}{\partial y}\right)$$

109

anscheinend: $\psi_{\text{Bingham}} = \frac{\text{konstante}}{\text{variable}} + \text{konstante}$

\Rightarrow also eine Hyperbel




(3) Trocknung:

? Erklären sie mir einen einstufigen Trockner

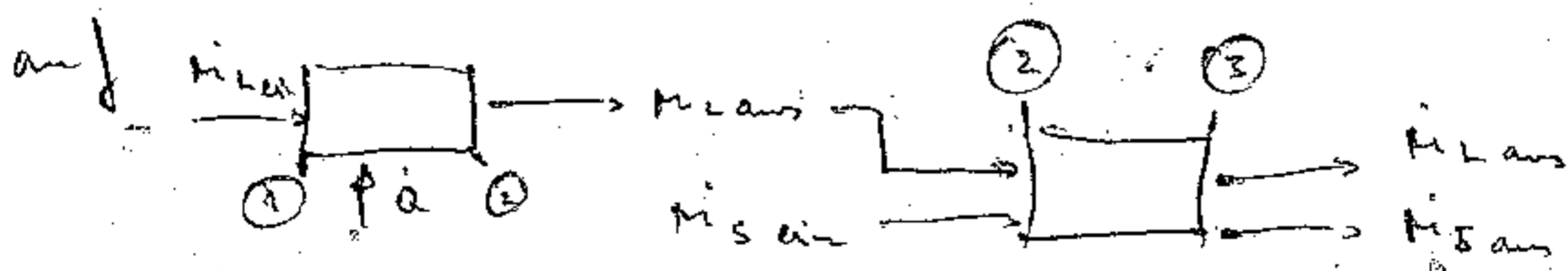
\Rightarrow Ich wollte das Mollier-Diagramm, das er erst mal skizziert haben wollte (Isoklinen, Isenthalpen, $\psi = \text{const}$, was bei $\psi > 1$, wo liegt $\psi = 0$ (= y-Achse) ...)

Dann wollte ich wie im Skript die Punkte ①, ②, ③

? Zeichnen Sie mir mal ein Fließbild

\Rightarrow Ich wollte:  n.s.w.

Er brachte mich durch seine Nachfragen aber dann doch



? Ist Trockner ist thermodynamisch nicht rentabel

\Rightarrow Das wäre er wenn ③ auf $\psi = 1$, das heißt aber so langer Trockner, wirtschaftlich nicht rentabel

Vorlesung: Bioethanol

Themen: Platten

• Trübschleudung

• Fällfällung

• Zentrifuge

Vorlesung: Bioethanol

- Dgl. Stoffübergang flüssigflüssig von Ethanol

- RB: (keine Verteilung in Gasphase), keine poröse, keine große

- Def: $B(x)$, B

- Darsberg: Sh & Re x^*

Zusatz: kein chem. Re. 1. Ordnung, Da Def.

Nachfrage

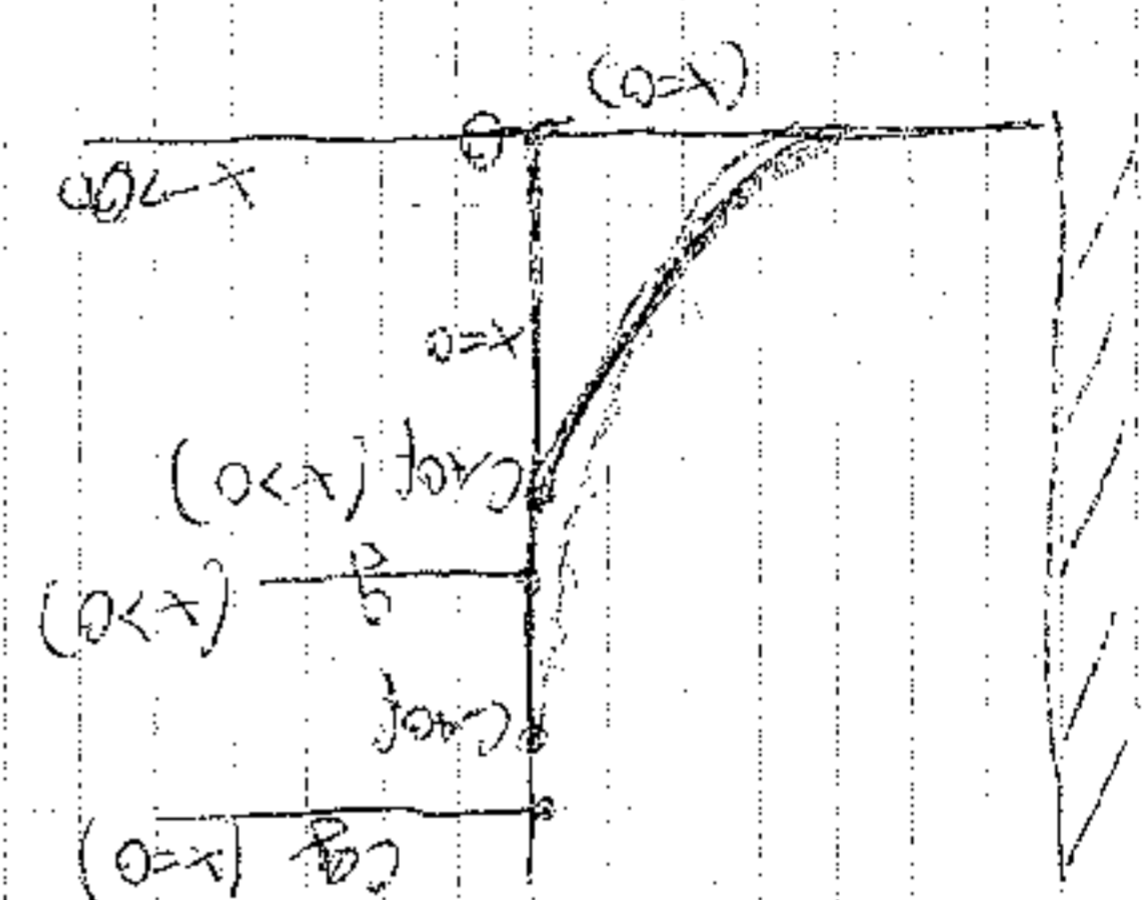
- Bewegung chem. Re. mit Verteilung in Gasphase

• mit Da Ausdruck

konstant (Multiplikation)

$c_{A,0} = N_x \cdot c_{A,0}$

$(c_g = 0 \text{ m. } q = 0)$



- Wieo Verteilung Stoffübergang in Gasphase

$\rightarrow q_{A,0} = 0$ da: $\frac{dc_A}{dx}$

DaB (Gas) \gg DaB (Flüss.) \ll $\frac{dc_A}{dx}$ (Gas) \ll $\frac{dc_A}{dx}$ (Flüss.)

kein Tropf alle dort nur Lösung freier

Umwort: Mischschichten sind nur 3 Zehnerpotenzen

(Dars gas) 10^{-6} alle DaB Flüss: 10^{10} (Licht 100 m) (Licht 100 m)

(59)

Best-Stoffschichtung

- Wie sieht der Widerstandsbeiwert aus

→ Umlogge zu Radius

$$\rightarrow \Delta p = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot \frac{L}{d_n}$$

(natürlich nur bei definiert!)

$$d_n = 4 \cdot \frac{\text{durchschnittliche Fläche}}{\text{benutzter Umfang}} = 4 \cdot \frac{V_f}{A_p}$$

$$v = v/E$$

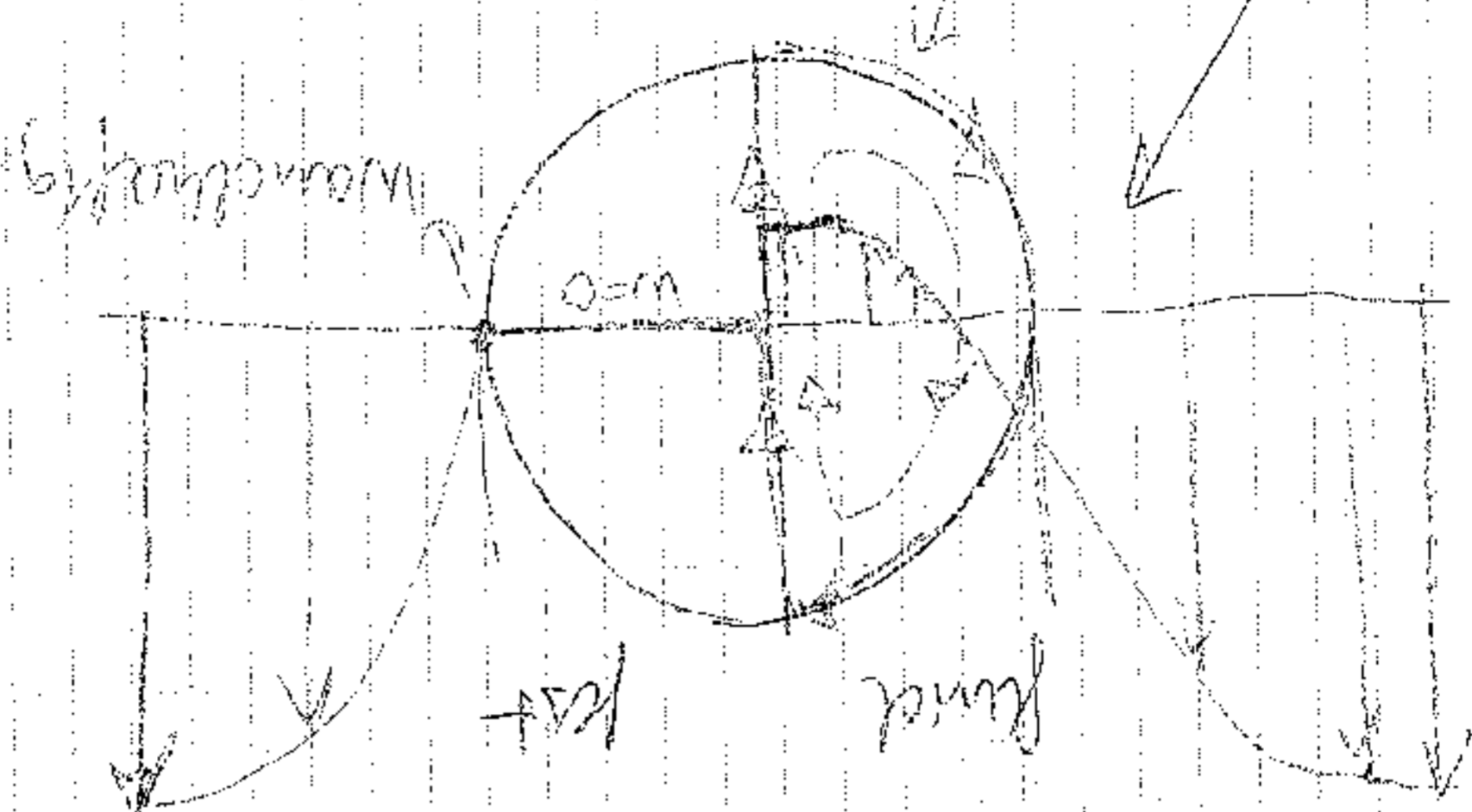
(hat wenig bei wasser operation)
 (bis kein wasser noch 2 steht)

falls, gradus

- Diagramm zeichnen $\zeta = f(Re)$

Partikeln:

- zu rechenbare Partikel hat kein Problem
- große Dichte als Teilchen (Kugeln)
- von sehen gradus, profile aus, wenn
- bei wasser in wasser befinde?



→ Partikel $n = \text{const}$
 $\lambda_{grad} = \text{const}$
 sind am selben gradus
 Bestimmung

$$n \cdot \frac{d_n}{d_n} = n \cdot \frac{d_n}{d_n}$$

Stoff nach B. Brander oder Krume ist in diesem Fall egal

Vortrag: Spärlicher technologischer Fortschritt nicht-Merton'scher Punkte und das Kurven

renwickelweise besondere Vorgehen bei Berechnungen

Nachfrage vom Flachkurvenverhaltensmodell: wie kaufen die Kurven aus, genauer zeichnen?

(Anfangs- und End- in verschiedenen, d.h. andere Steigungen der Geraden, müssen durch

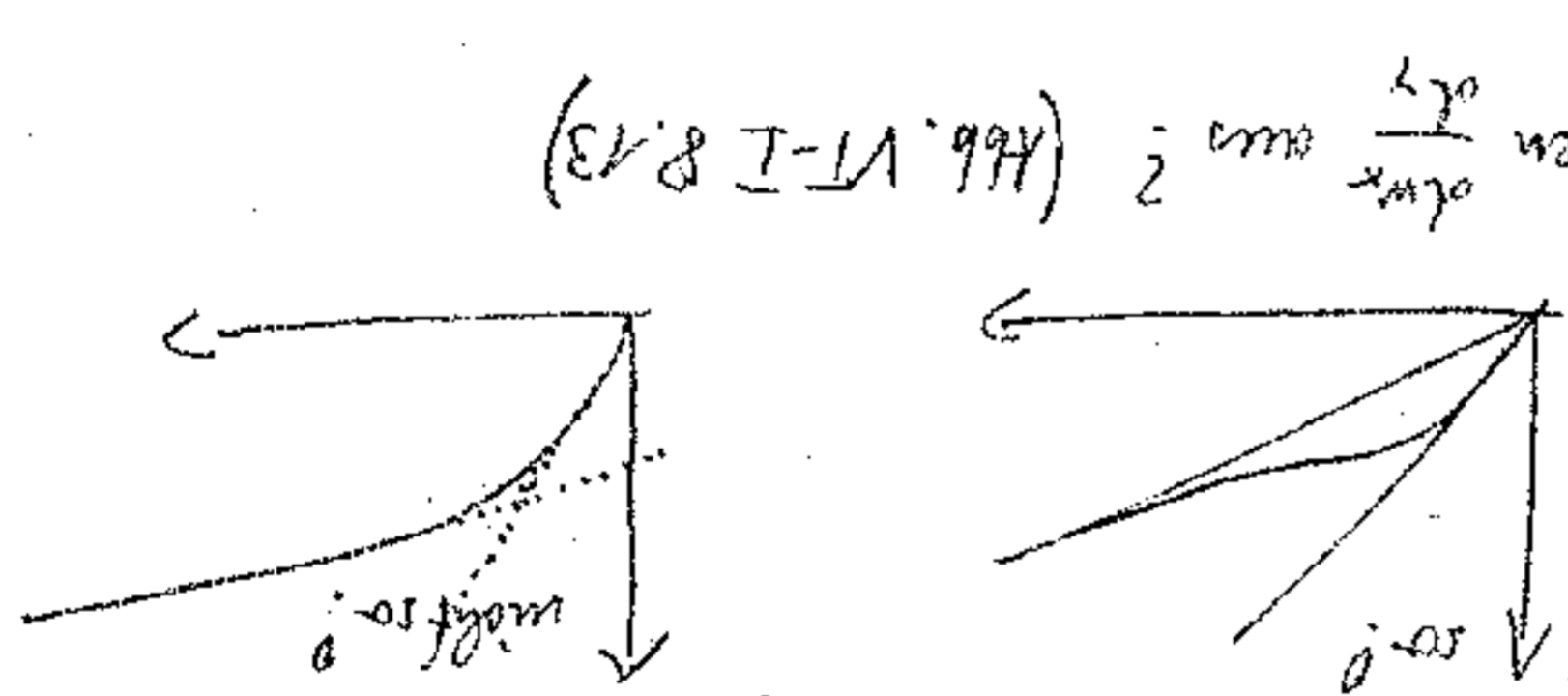
dem Mittelpunkt gehen)

Was ist die erkennbare

Veränderung? zeichnen

erkennen

Wie sieht Diagramm in gegen $\frac{dy}{dx}$ aus? (Abb. VI-1 8.13)



Profile:

Profile von Geraden und Konz. bei niedrigen und hohen Partikelkonzentrationen, zeichnen

erhalten (veränderte Grenzschichtstärken?) (Abb. VI-1 5.14)

Diagramm $\frac{Sh_{max}}{Sh_{min}}$ über Partikelkonzentration K_p zeichnen (Abb. 5.16)

(war nicht mehr präsent, Verteilung des Verbrauchs ferner er gut?), Verkauf ableiten

Nachfrage: ist dann Maximum der Stoffübergangskoeffizient bei höchsten P_a als bei niedrigen P_a ?

auswickeln vor Sh ?

(Nur, natürlich nicht $0.5h$ ist Maß für Gradient der Konz. (Diffusion), Stoffstrom als

Dann ergibt sich natürlich noch aus Konzentration, diese ist maßf. von Größenänderungen größer als der Oberflächenstrom (Stoffstrom?))

VT-Prüfungsprotokoll vom 7.6.95

Prüfer Kraume Betsch 1. Januar

Risikofilm:

- Vortrag (Konzentrationsprofil + $Sh \cdot z^2$ -Diagramm für rein physikalischen Stofftransport, Konzentrationsprofil + $Sh \cdot z^2$ -Diagramm in Abhängigkeit von Da für Stofftransport mit homogener Reaktion + Ordnung)
- Grenzfall für unendlich große Da im $Sh \cdot z^2$ -Diagramm enthalten? Wie darzustellen? ($U \cdot z^2$ -Diagramm)
- Warum Sh konstant für große z^2 ? (Verteilung über integrale Stoffbilanz und mittlere log. Konzentrationsänderung)
- Randbedingungen bei rein physikalischen Stofftransport? Warum Stofftransport an laminarem Film bei achsel? (sonst konvektiver Transport quer zur Strömungsrichtung, Problemzeit)
- Muß zur Berechnung des Stofftransports Geschwindigkeitsprofil bekannt sein? (Ja, wegen konvektivem Transports in Strömungsrichtung)

Platten:

- Geschwindigkeitsprofil w_x + Gradienten + Strömungsverlauf erklären
- Grenzschichtdefiniert? ($0,99 w_{\infty}$) Warum nicht genau w_{∞} ? Grenzschichtverlauf?

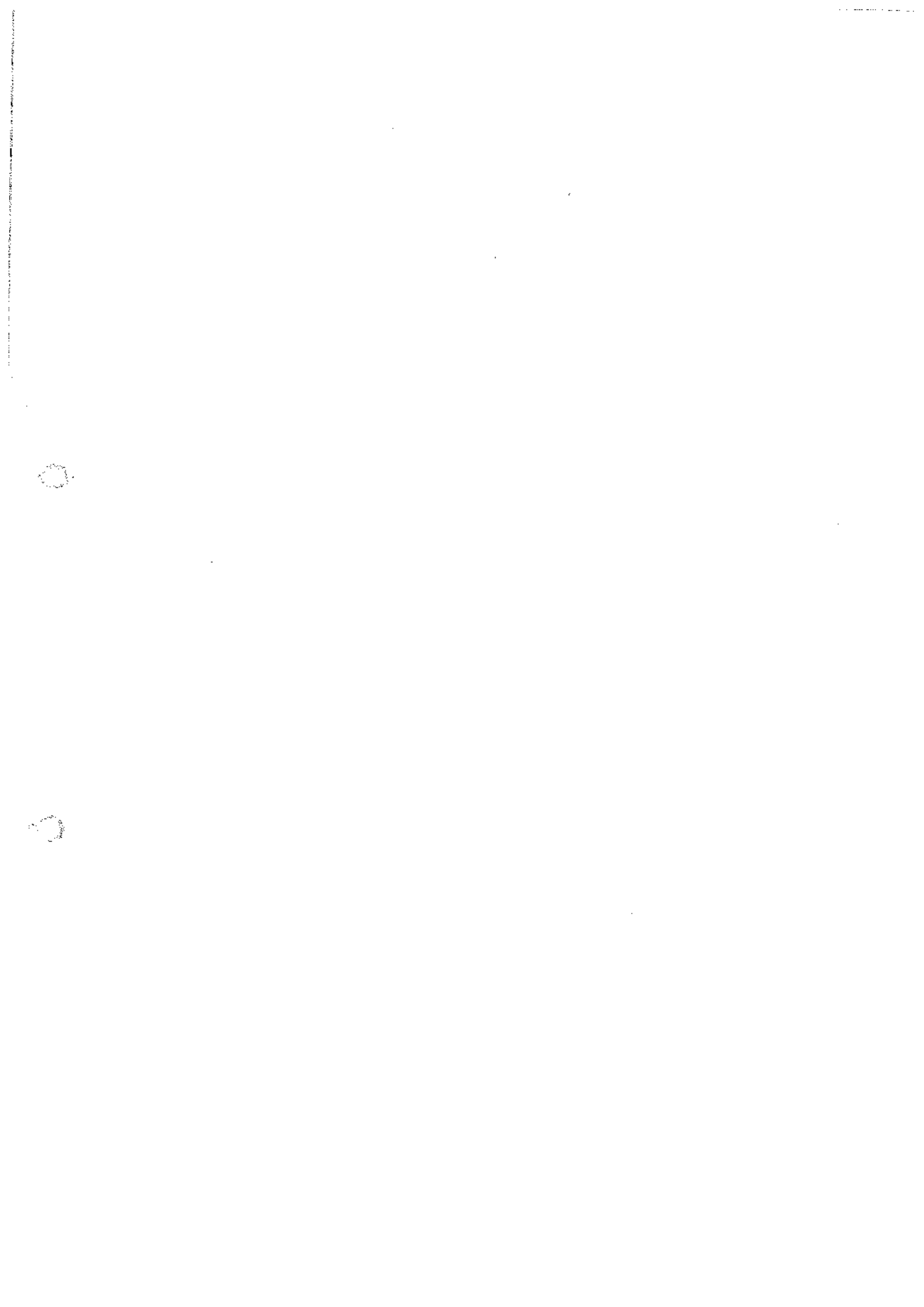
Rührer:

- Primärströmung erklären
- Tangentialgeschwindigkeitsprofil? Wie sähe es aus, wenn Behälter drehtbar gelagert (wahrhaftig u. ...): wie bei extrem niedrigviskoser Flüssigkeit? (überall u_{∞} , außer direkt am Rührer)
- Sekundärströmung erklären
- Leistungsdiagramm $Ne/Re(Ga)$ -Definition? Auswirkung von Trombeln? Leistungsbeitrag mit zunehmender Re-Zahl geringer (nein, wegen Ne/Re -Definition)
- Scale-Up? Voraussetzungen (gleiche Geometrie, gleiches Fluid, gleicher volumenzugbezogener Leistungsbeitrag, ...)

Partikel II:

- Unterschiede von Sinkgeschwindigkeiten bei Einzelpartikel und Partikelschwarm? Umströmungsbilder?
- Abhängigkeit vom Feststoffgehalt als Formel und Diagramm? Was bedeutet anschaulich Feststoffgehalt gleich 1 bzw. gleich 0?
- Bei mir zumindest kaum Fragen, die nicht mit dem Wissen aus dem Skript hätten beantwortet werden können (scheint aber Glücksache zu sein, vor mir jemand über Besonderheiten von Vakuumbodenkolonnen ausgefragt). Unbedingt eher selber rüberprüfen!
- Prüfung(en) besitzen, um Kraumes Prüfungsstil einschätzen zu können. Viel Glück!







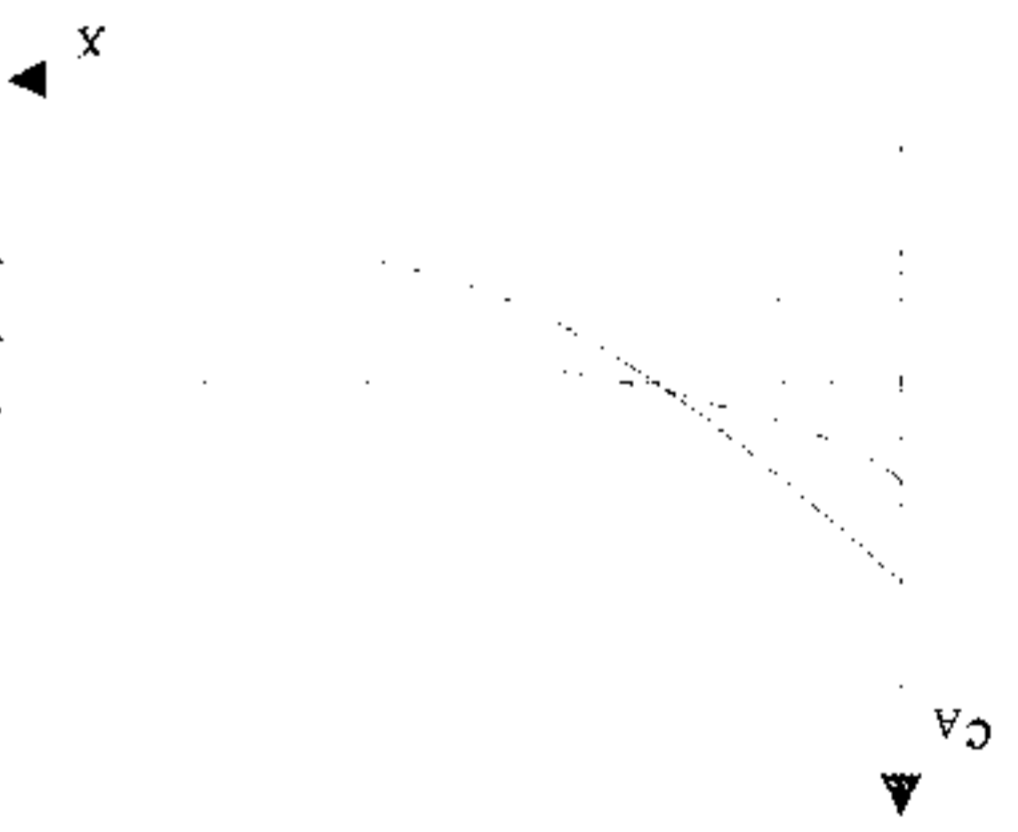
Zuerst hab ich eine integrale Bilanz gemacht, dann aber gemerkt, dass ich das Konzentrationsprofil für die reaktion brauche und das nur über eine differentielle Bilanz bekomme:

$$w \frac{dc_A}{dx} = kc_A$$

mit der AB: $c_A(x=0) = c_1 * V_{\text{punkt}_1} / (V_{\text{punkt}_1} + c_2 * V_{\text{punkt}_2}) / (V_{\text{punkt}_1} + V_{\text{punkt}_2})$

Jetzt kam noch die Frage wie sich V_{punkt_2} auf c_A über x auswirkt: ich war dann zu blöd das ganze als Verweilzeitproblem zu erkennen.

V_{punkt_2} gegen ∞ ideal durchmischt
 V_{punkt_2} ist endlich
 V_{punkt_2} gegen 0 Kolbenströmung



Partikeln:

Stoffübergang an fester Partikel ohne Reaktion;

Sh über Pe erklärt mit Variation von Sc, Kraume wollte noch Geschwindigkeitsprofil für verschiedene Sc-Zahlen.

Rühren:

Leistungsdiagramm für Rührer erklären; wie sieht die Leistungsbestimmung bei nicht-Newtonischen Flüssigkeiten aus? wie im Skript.

Und sonst:

Wenn ich die Fragen vorher gewusst hätte, hätte ich das ganze für relativ einfach gehalten. In der Prüfung haben sich dann aber doch einige Fehler eingeschlichen. Diese beruhen meist darauf, dass ich schnell eine Antwort geben wollte, ohne großes Schweigen ausbrechen zu lassen. Kraume meinte auch nachher, dass ich ein ums andere Mal einen Schnellschuss ins Blaue gemacht hätte, wo er mich dann erst wieder mit Nachfragen zurück auf die richtige Spur gebracht hätte. ALSO denke ich mal: lieber erst nachdenken, das Schweigen aushalten, und dann antworten.

In der Prüfung gab es einige Situationen, in denen ich mir die Lösung erst mühsam erarbeiten musste, auch bei Themen von denen ich glaube, dass ich sie sicher beherrsche. Aber ich denke Kraume will genau darauf hinaus, dass man sich die Dinge über grundlegende Beziehungen herleitet und nicht auswendiglernt.

Gelernt habe ich 7 Wochen, die ersten 5 Wochen ein bisschen lasch, die letzten sehr intensiv. Ich denke man muss mindestens doppelt soviel lernen wie für andere anspruchsvolle

Prüfungen. Gerade in VT bieten sich Lerngruppen an, aber wenn sag ich das.

Ich habe die Atmosphäre in der Prüfung nicht als besonders unangenehm empfunden.

Bodenkolonnen

Als Vortrag:

Bilanzierung am Kopf einer Kolonne
 Abb 16.2 Kap 16.1.1
 Abb 16.3 (McLacke - Thiele-Programm)

Wichtig: - Warum sind G und L gleich, wenn sie für Methanome stehen? (keine Ahnung)

- Eintragen eines Bodens in das McLacke-Thiele Diagramm ($x_n, x_{n+1}, y_n, y_{n+1}$)
- Berechnungen: "Reichigkeitslage", "Bilanzgrade", x_0, \dots
- Verhältnisse auf einem Boden, Konzentrationen Verlauf von y
- Punkt- und Bodenverstärkung (auch die Gleichungen), Wertebereich ≥ 1

Dauer: 45 min
 Note: 3,7

Vortrag: Bodenkolonnen (VII)
 andere Themen: VII: Poreffektivität
 VII: Rohrströmung, Röhren

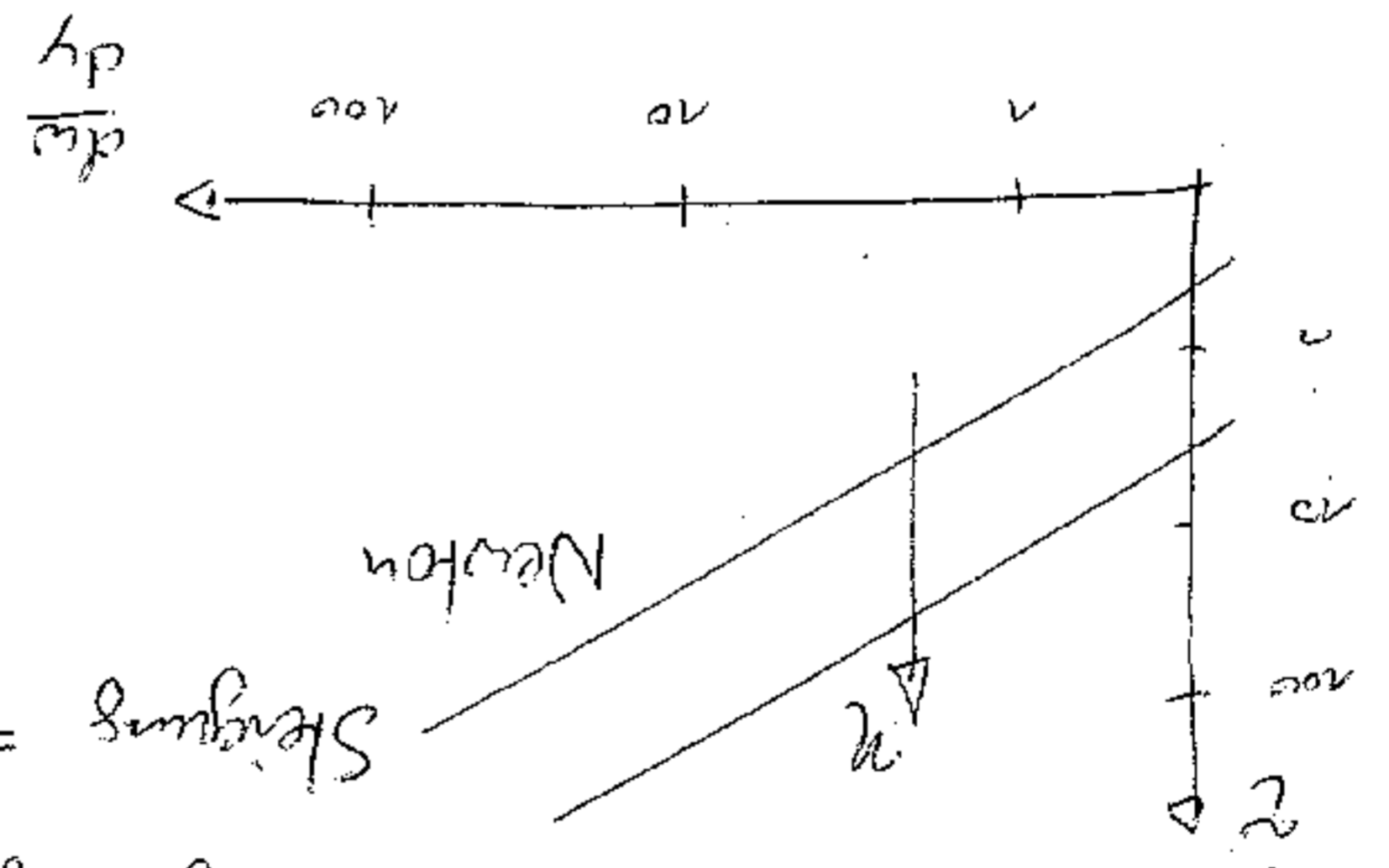
26. Okt. 2001

Prüfungsprotokoll Verfahrenstechnik (Kraume)

Rohrströmung

Gleich Einstieg in nichtströmende Fluide, ohne auf Strömungen einzugehen.

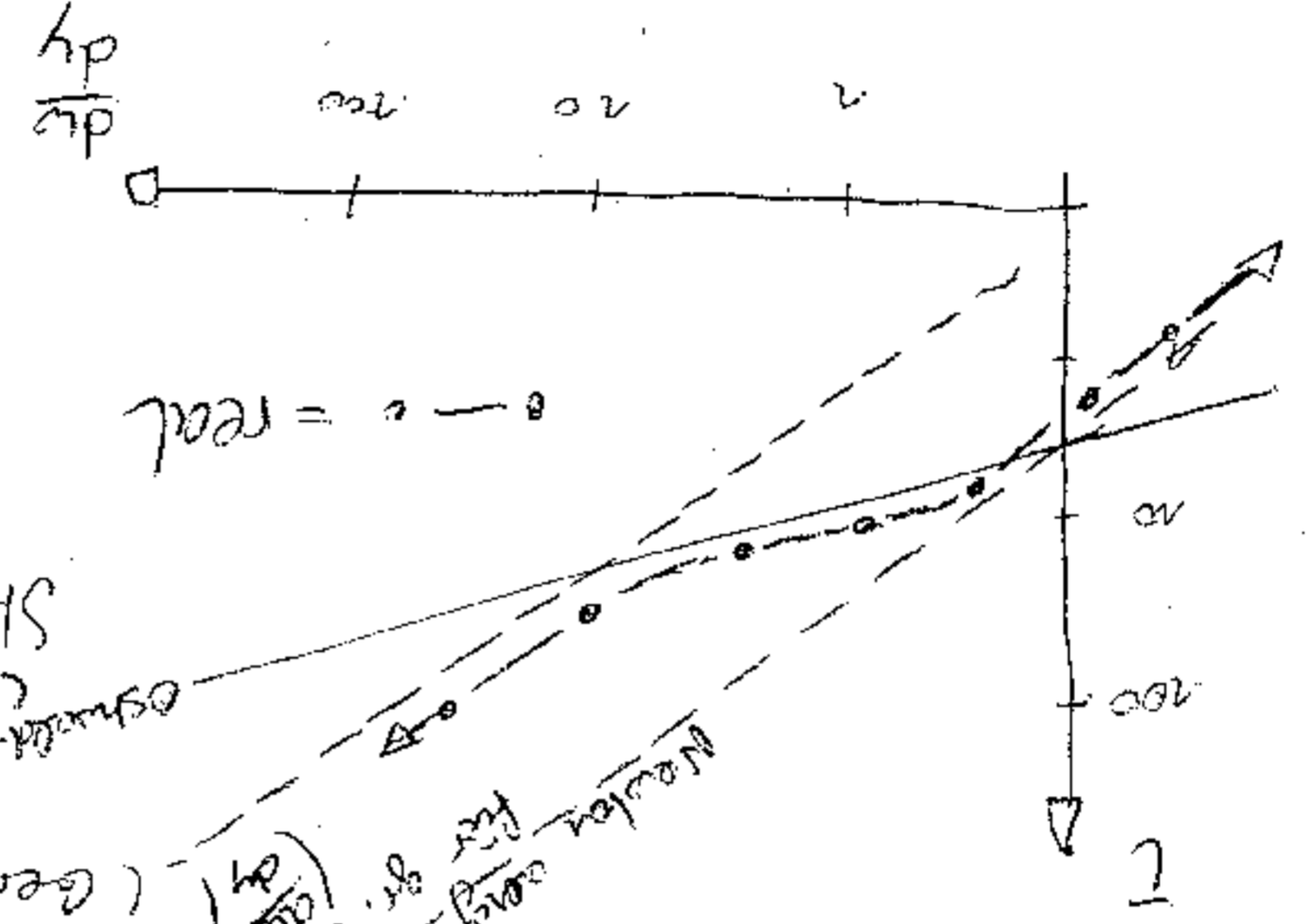
Kranke wollte Piezuren in einem doppelt-kognitiven Diagramm eintragen haben.



Absteigen: $\tau = \eta \frac{dv}{dy}$
 $\Rightarrow \ln \tau = \ln \eta + \ln \frac{dv}{dy}$
 $y = x$

(Geradengleichung)
 Steigung = 1
 Symmetrie (idem)

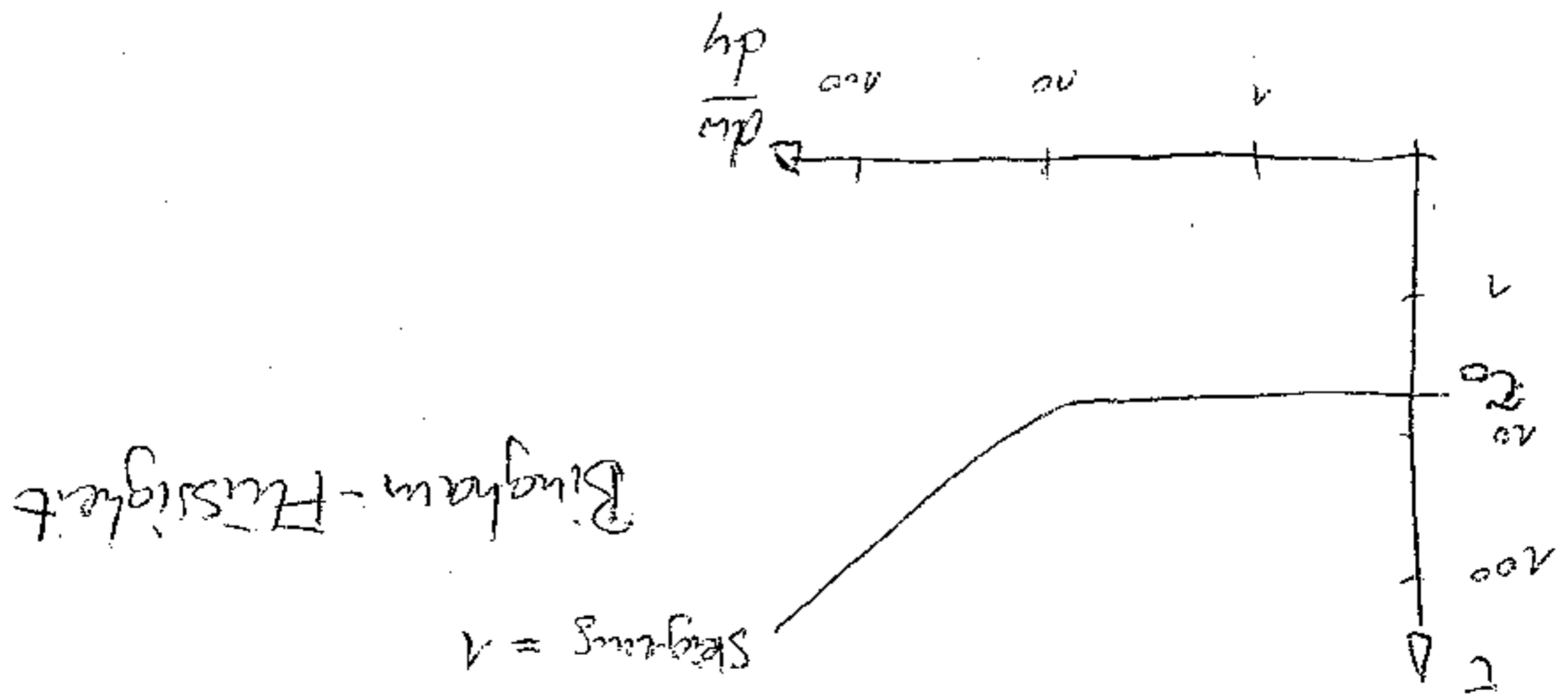
Shuller $n < 1$ ν Skes
 > 1 dilatant



Strukturviskosität: $\tau = k \left(\frac{dv}{dy} \right)^n$
 $\Rightarrow \ln \tau = \ln k + n \cdot \ln \left(\frac{dv}{dy} \right)$
 $y = n \cdot x$

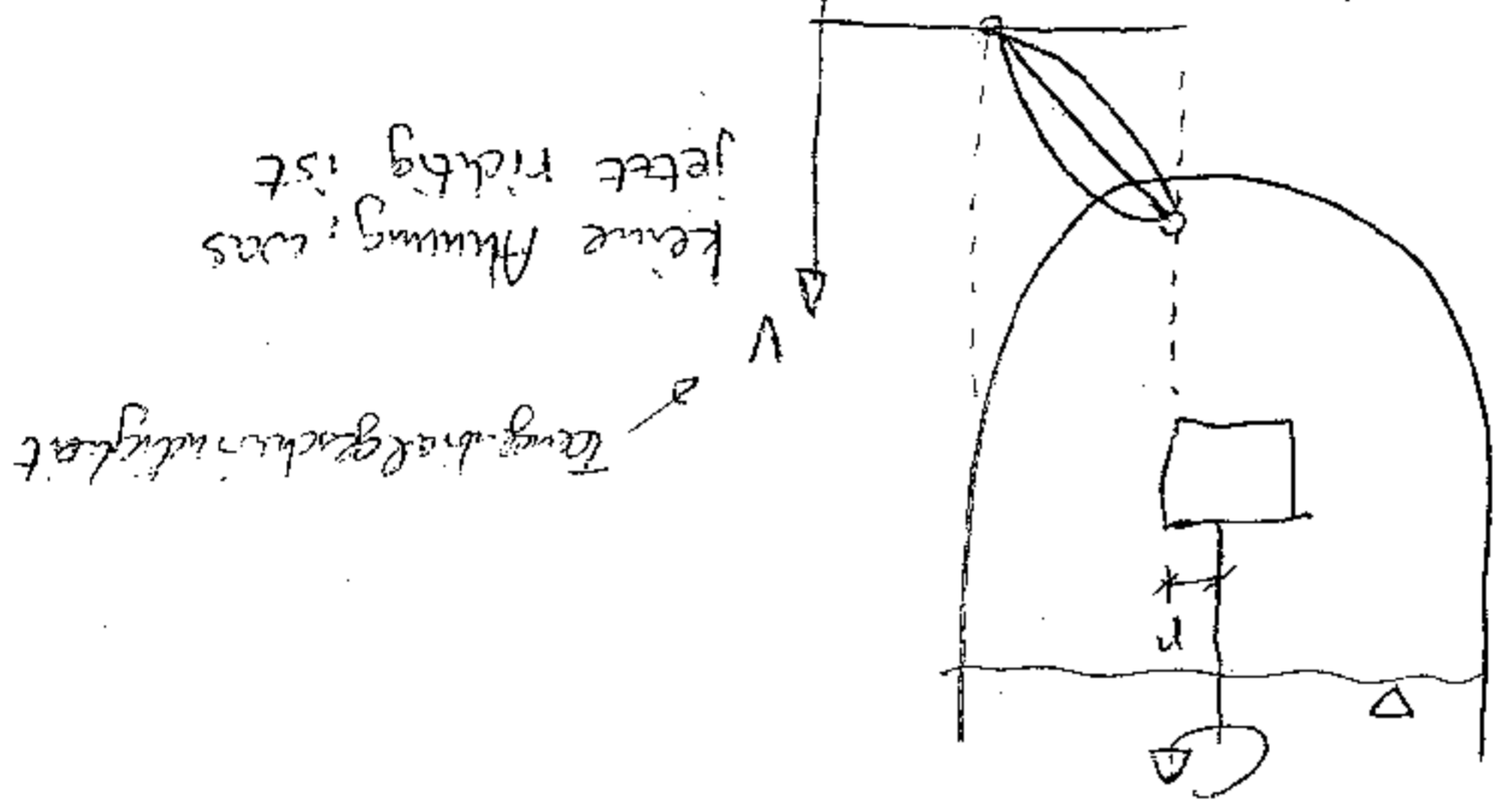
(Geraden gleichung)

Rühren



Anfangs: Ne über Re falsch aufgerechnet
 besser: richtig gerechnet, aber Re aber falsch interpretiert!

dann Vergabe von Kurven:



Er wollte nur klar machen, das die Leistung mit Re steigt, obwohl die fällt.

$$P = 2\pi \cdot n \cdot M$$

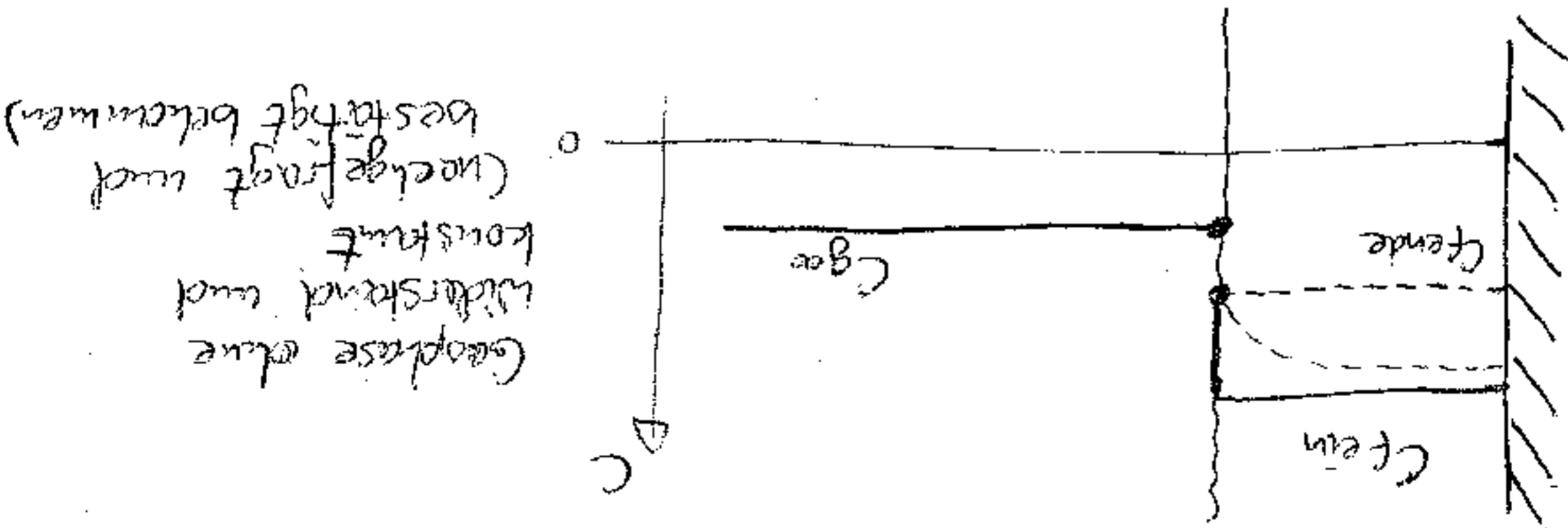
$$M = F \cdot r = \frac{c}{A} \cdot r = \frac{A}{r} \cdot n \cdot \frac{dr}{dr}$$

wenn $n \uparrow$, dann $\frac{dr}{dr} \downarrow$, dann $M \uparrow$

$$\Rightarrow n \uparrow \Rightarrow P \uparrow$$

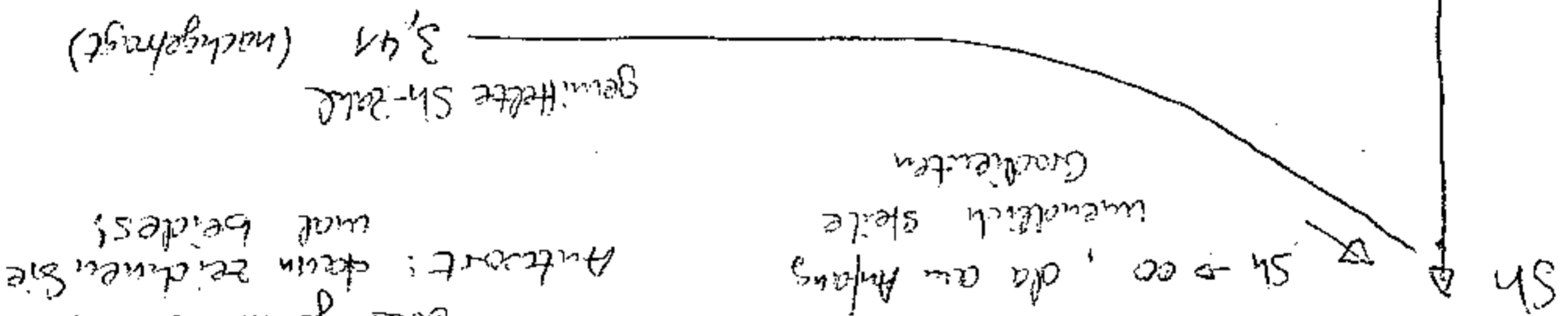
Rieselphin

Nur Konzentrationsverlauf ohne Reaktion:



(nachgefragt, in welche Richtung)

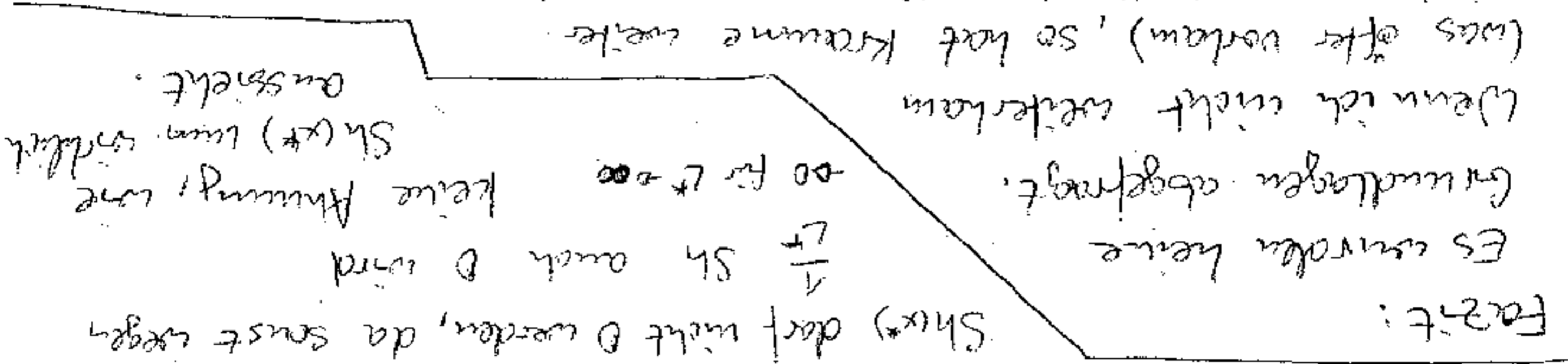
Dann SH-Diagramm:



nachgefragt: orthal SH
oder gewählt SH
Antwort: dann zeichnen Sie
und beides!

dann Zusammengefasst

$$SH_{\text{mittel}} = \frac{1}{L^*} \int_0^{L^*} SH_{\text{ges}} dx^*$$



Fazit:

Es werden keine Grundlagen abgefragt.
Wenn ich nicht weiterhau
(was öfter vorkommt), so hat Krümmung weiter
aussehen.
SH(x*) darf nicht 0 werden, da sonst wegen $\frac{1}{L^*} SH$ auch 0 wird
keine Annahme; wie SH(x*) um
aussehen.

gebort, anstatt das Niveau zu sehen und verbleibt
doch mal ein paar andere Sachen zu diesem Thema abzufragen.



→ Aufmerksamkeitsleistung

$(0.8) \cdot 2 \cdot 1 = 1.6$

→ Leistungsdauer: 1.2

$\Delta p = \frac{1}{2}$

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

→ ...

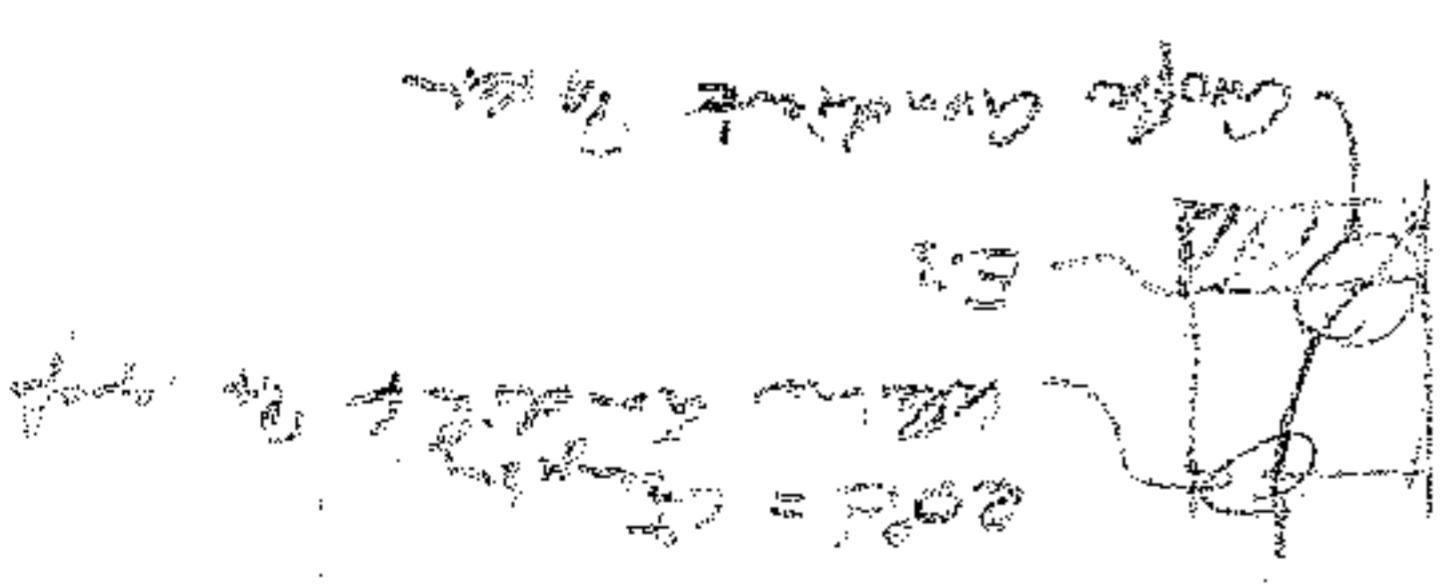
→ ...

*

* ...
 * ...
 * ...
 * ...
 * ...
 * ...
 * ...
 * ...
 * ...
 * ...

Program

* ...
 * ...
 * ...
 * ...
 * ...
 * ...



* ...
 * ...
 * ...

Final Review



0

0

* Die ...
 * Die ...
 * Die ...
 * Die ...
 * Die ...
 * Die ...
 * Die ...
 * Die ...
 * Die ...
 * Die ...

Handwritten text in a yellow box

Beisitzer: J. Ritter, Dauer 35 min, Note: 1.0

1. Rüstlegsthem: Reynoldsscher Farbdäversuch (Übungsstoff) und Nikoradse-Diagramm (sandraube Rohre)

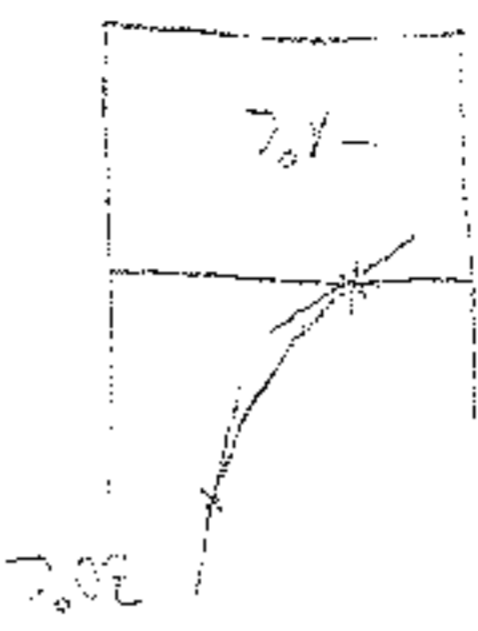
Nachfragen:
- Turbulenz physikalisch erklären mit Zeichnung => Turbulenzballen, die sich quer zur Strömungsrichtung bewegen
- Kann Strömung laminar bleiben, wenn Störung (z.B. durch Erschütterung) auftritt? => ja, in der laminaren Strömung werden Störungen gedämpft und klingen ab, bei höherem Re können Störungen nicht gedämpft werden (eine Rohrströmung kann, wenn man Störungen weitgehend vermeidet, sogar bei Re=50000 laminar bleiben)

- Wenn ich Rohrleitung dimensioniere, kann ich dann sagen, ich nehme immer sehr große Rohre (damit kleiner Druckverlust)? => Nein, zwar sind dann die Betriebskosten niedrig, aber die Investitionskosten für die Rohre hoch, also Optimum finden, welche Geschwindigkeiten wählt man denn so in der Praxis? => 2 m/s für Flüssigkeiten und 20 m/s für Gase (hat er in der VL erzählt)

- Stoffübergang: Zeichnen Sie Sh über dimensionslose Lauflänge, was heißt denn $Sc=0.7$? => Viskosität gleich null, also reibungsfreies Fluid, Kolbenprofil für Geschwindigkeit
- Warum ist denn Sh bei reibungsfreien Fluiden deutlich höher? => weil an der Rohrwand hohe Geschwindigkeit, guter konvektiver Antransport von Stoff, guter Stoffübergang

2. Grundlagen: Stefan-Diffusion

- Phänomene erklären, Beispiel bringen (Wasserglas)
- Wie sieht die Sache aus, wenn wir Eis statt Wasser im Wasserglas haben? => Auch Eis hat Dampfdruck, aber i.d.R. kleiner als Partialdruck in der warmen Luft (außer wir haben sehr niedrige relative Luftfeuchte), also nicht Verdunstung, sondern Kondensation.
- Partialdruckprofil von Wasser malen (Kondensations)



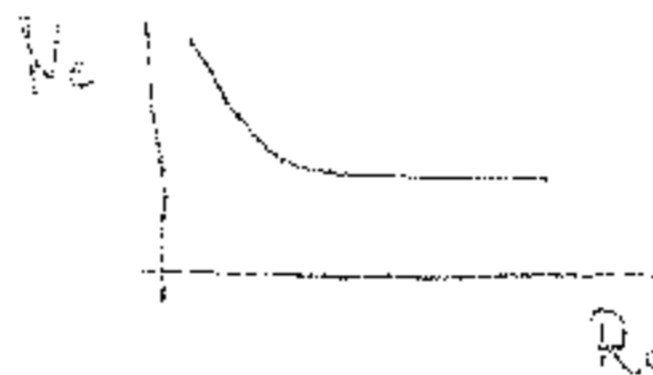
- Gradienten diskutieren, sind die endlich, welcher ist größer? Beide endlich, da sonst kein diffusiver Stofftransport. Wegen $m = \frac{D}{c} \frac{dm}{dx} = - \frac{D}{c} \frac{dm}{dx} = - \frac{D}{c} \frac{dm}{dx}$
bei hohem Partialdruck kleiner Gradient und bei kleinem Partialdruck großer Gradient.

3. Platte:

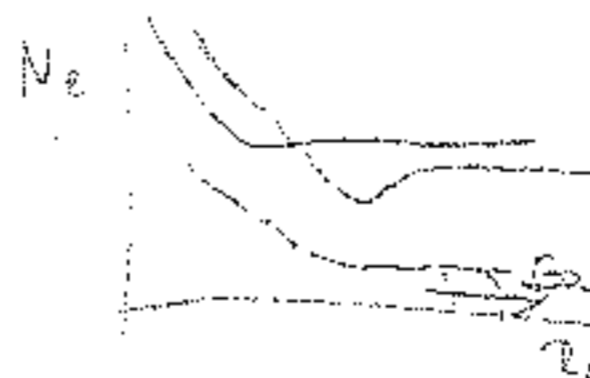
- Phänomene beim Stoffübergang bei hohen Partialdrücken an der Platte: allgemein Einfluß auf Sh und $zeta$ erklären.
- Geschwindigkeitsprofile für Absorption und Desorption malen, Konz.-Profile mündlich beschreiben
- Sh über $[A_0]$ malen, warum sinkt denn Sh_{eins} bei der Desorption? => Meine mit Überzeugung vorgebrachte Antwort, durch den Stefan-Strom werde das Konz.-Profil von der Platte weggeblasen, damit sinke Konz.-Gradient an der Platte und damit auch der Stoffübergang, war leider falsch. Nun wurde ich zur richtigen Antwort (mit viel Hilfe) hingeführt. Lösung: Stefan-Strom verbessert inner Stoffübergang, da er bei Absorption und Desorption in die gleiche Richtung wie Diffusionsstrom weist, diesen also noch vergrößert. Eine an einem Volumenelement aufgestellte Bilanz ergibt folgende (jeweils ein- und austretende) Ströme: Konvektiver Strom in x-Richtung, Stefanstrom in y-Richtung und Diffusionsstrom in y-Richtung (Diffusion in x-Richtung bei hinreichender Konvektion vernachlässigbar). Obwohl der Stefan-Strom an sich den Stoffübergang verbessert, führt er auch zu einer Verkleinerung der Geschwindigkeit in x-Richtung an der Platte, also einem schlechteren konvektiven Stoffantransport in x-Richtung und damit insgesamt zu einer Verkleinerung von Sh .

4. Röhren

- Welche Rühraufgaben gibt es?
- Was ist die Aufgabe eines Ingenieurs beim Röhren? => Hohe Effizienz, d.h. beim Dispergieren von Gas hoher Gaseintrag oder beim Homogenisieren von Flüssigkeiten kurze Mischzeit bei möglichst geringem Energieeintrag. Verschiedene Rühraufgaben, verschiedene Rührer.
- Ne über Re malen? =>



- Gibt es auch noch andere Verläufe? =>



- Ist der eingezeichnete Einbruch der Ne-Zahl nicht prima, weil wir Energie sparen? Nein, weil wir überwiegend Luft röhren statt Wasser und wir unsere Energie nicht in das Wasser eintragen, wo sie aber zur Erfüllung der Mischauflage hin soll. Außerdem kann Welle brechen, da Unwucht in Luft nicht so gut gedämpft wird. (Kraume ergänzte, daß auch die Lager leiden).

- Wie groß wird denn so die Ne-Zahl im turbulenten Bereich? => Ne ca. gleich 5 für Scheibenrührer.
- Kann die auch 10 oder 0.1 werden? => Weiß ich nicht.

Wie mißt man denn Leistung P? => Winkelgeschwindigkeit mal

Drehmoment. Wo greift denn das Drehmoment an? => Am Umfang der Welle. Moment kann mit Dehnungsmeßstreifen gemessen werden, da Wellentorsion durch angreifendes Moment auftritt. Danach wollte er noch wissen, ob Torsion der Welle erwünscht ist und ob man Rührer für dynamische oder statische Lastfälle auslegt. Die Frage sei aber außer Konkurrenz. Da ich nicht weiß, ob meine Improvisationen zum Thema "Konstruktion eines Rührers" richtig sind, sei auf die Wiedergabe verzichtet.

Allgemeines:

Bei reiner VT-I Prüfung werden die Themen nicht ausgelost, er fragt dann wohl immer Grundlagen, Rohr, Platte, Rühren. Es ist unbedingt zu empfehlen, sich die eine oder andere Prüfung vorher anzuhören, da Kraumes Prüfungsstil gewöhnungsbedürftig ist. Obwohl die Prüfungsatmosphäre meiner Prüfung (im Gegensatz zu der Prüfung, die ich mir vorher angeschaut hatte) durchaus nett war, hat er auch bei richtigen Antworten immer ein Haar in der Suppe zu finden versucht. Es kommt aber immerhin auch manchmal positives Feedback. Weitere Tips: Anmerkungen in der VL, die nicht im Skript stehen, werden gerne gefragt. Zur Vorbereitung reicht das Skript (mit Kommentaren aus der VL) voll aus, bei Unklarheiten hilft aber manchmal ein Blick in die Brauer-Bücher. Und: Besuch der Sprechstunden der Assis und Tutoren ist sehr lohnend.

Viel Glück!

• Andreas

Rührer

Welche Rühraufgaben gibt es? \Rightarrow z.B. Homogenisieren, Suspendieren, Verbesserung der Wärmeübertragung

Wie komme ich auf benötigte Rührerleistung \Rightarrow Rührzeitcharakteristik gezeichnet (zur Bestimmung von Re)

Was ist eine bestimmte Rührwirkung? \Rightarrow relative Abweichung definiert

Was passiert mit der $n \theta$ über Re -Kurve für bessere Rührwirkung? \Rightarrow rutscht wohl nach oben

Weiter mit Leistung $\Rightarrow Ne$ über Re gezeichnet, Re hatten wir schon bestimmt, Ne ablesen, P ausrechnen

Wie lege ich Drehzahl fest? \Rightarrow etwas geknوبelt, muß man aber wohl erstmal setzen

Partikeln II

Wie sieht Sh über Pe bei fester Partikel aus? \Rightarrow Erst eine Kurve gezeichnet, er wollte aber gleich vollständiges Diagramm mit Sc als Parameter, konnte er haben

Steigungen für $Pe \rightarrow \infty$? $\Rightarrow 1/3$ für $Sc \rightarrow \infty$, alle anderen $1/2$

Was besagt Sc ? \Rightarrow Steigendes Sc : entweder v steigt, d.h. Annäherung an schleichende Strömung oder geringeres D , d.h. höherer Widerstand gegen ST

Was passiert, wenn $v = \text{const}$? Da hakte es bei mir plötzlich aus: zwar konnte ich noch die Definition von Pe hinschreiben, aber weiter kam ich nicht. Absolutes Blackout. Kraume hat auch nicht geholfen, ist sogar dem Assi in den Arm gefallen. Hätte er noch etwas anderes gefragt, hätte ich vielleicht noch was beantworten können. So hörte die Prüfung mit einer etwas unangenehmen Pause auf.

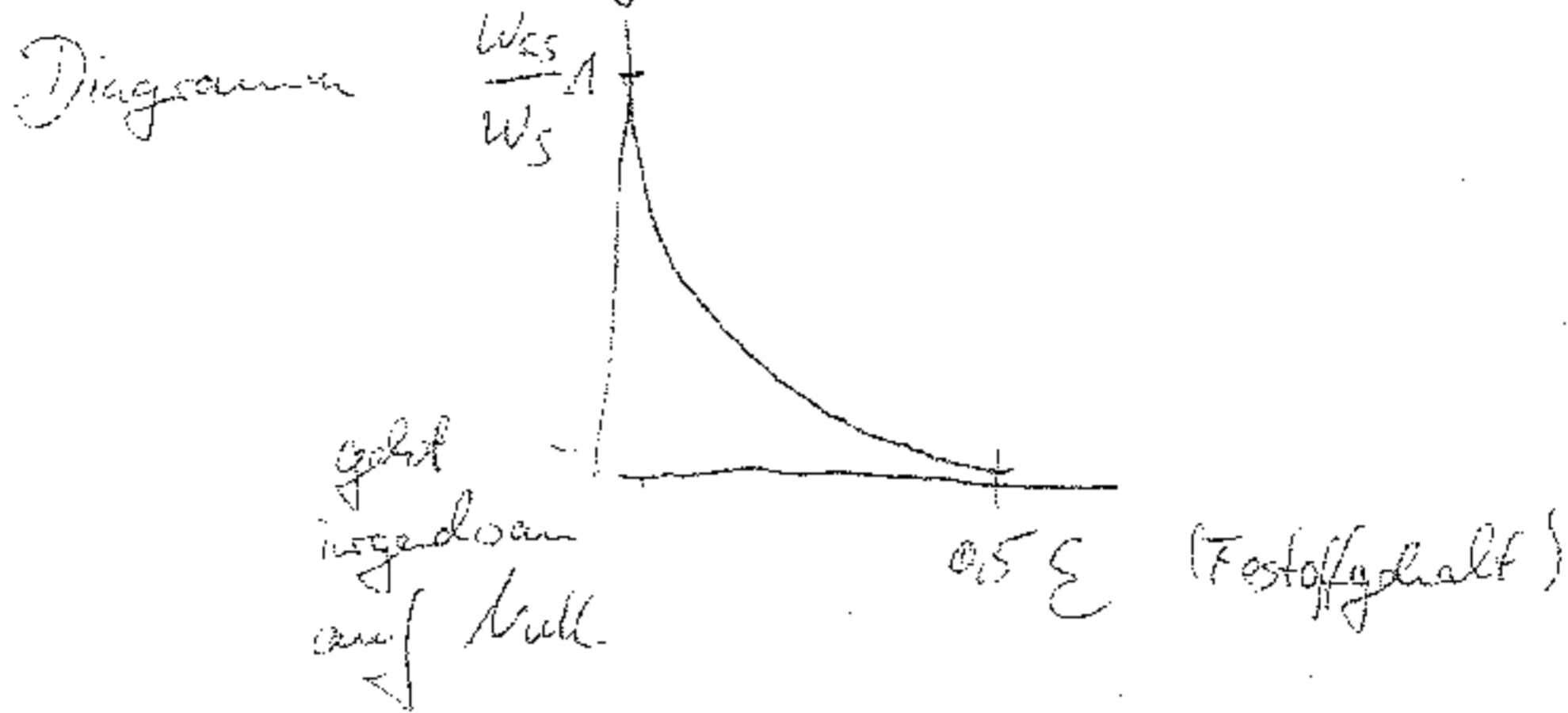
Insgesamt war ich doch zu schlecht vorbereitet, hätte vielleicht noch zwei Wochen mit der Prüfung warten sollen. Hatte viel auf Verständnis gelernt und war auch oft in der Sprechstunde, was sehr zu empfehlen ist. Nötig ist aber auch, alle grundlegenden Diagramme und Zusammenhänge einfach auswendig parat zu haben. Das saß bei mir noch nicht so richtig, deshalb war ich unsicher, alles kam viel zu schleppend. Auf Kraume wirkte vieles zu plakativ, es ist also auf jeden Fall wichtig, die Zusammenhänge nicht nur verstanden zu haben, sondern auch gut und flüssig wiedergeben zu können.

In diesem Sinne, viel Erfolg!

Juan

Vortrag = Wirbelschichten

Wahlfrage: mit welcher Geschwindigkeit müssen einzelne Partikel im Schwarm angeströmt werden?



Polwe = keine Profile über der Rohrlänge
 Sh über x^* warum wird Sh konstant? Wird noch

Stoff ausfragen: Definition von Sc_m

Ist der Stofffluss über dem Radius konstant? Verwirrt mich, weil ich den Stoffstrom für das gleiche hielt. Also: Stofffluss = Stoffstromdichte, d.h. er ist nicht konstant, da die Oberfläche eines Zylinders mit dem Radius wächst.

Warum ist der ST bei $Sc = 0$ besser? $Sc = 0$ bedeutet Kolbenprofil also eine höhere Geschw. an der Wand also bessere Konvektion.

Rührer - Strömungsbilder: Primär Sekundärströmung



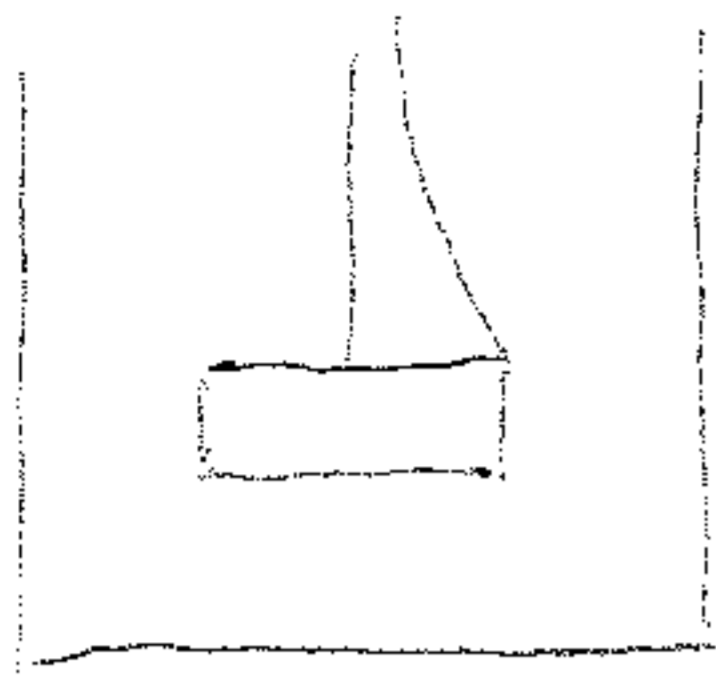
Warum entsteht Sekundärströmung?
 Wegen Zentrifugalkräfte.

Weshalb die oben oben und unten nicht? Doch, aber sie sind nicht so stark, weil die Rotationsgeschw. ^{d. Flüssigkeit} im großen Entfernungen des Rührers nicht so groß ist, denn die Flüssigkeit wird an der Wand abstrahlt.

noch Kater

Geschwindigkeitsprofil der Primärströmung über der Höhe bei

5) Rohrradius zeichnen: Sie nimmt mit Höhe ab \Rightarrow geringere Zentrifugalkraft.



Weil außen was nach außen strömt, muß an Kontinuitätsgründe auch was zurückströmen.

Partikelbewegung

über Re zeichnen & definieren. Wichtig ist nicht und das war schlecht, also immer die Definitionen kennen!

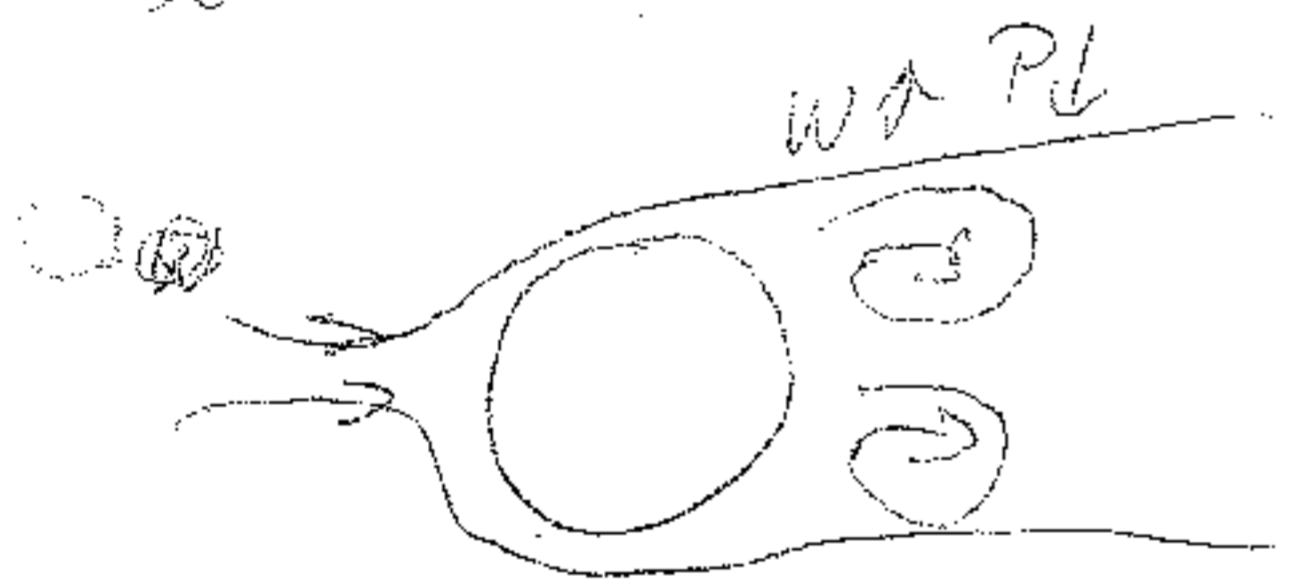
Wann nimmt bei turbulenter Umschlagpunkt & so stark es?

Durchmesser nimmt insofern Reibungskräfte der Länge anliegenden

Strömung. Man muß sich Stromfäden betrachten:

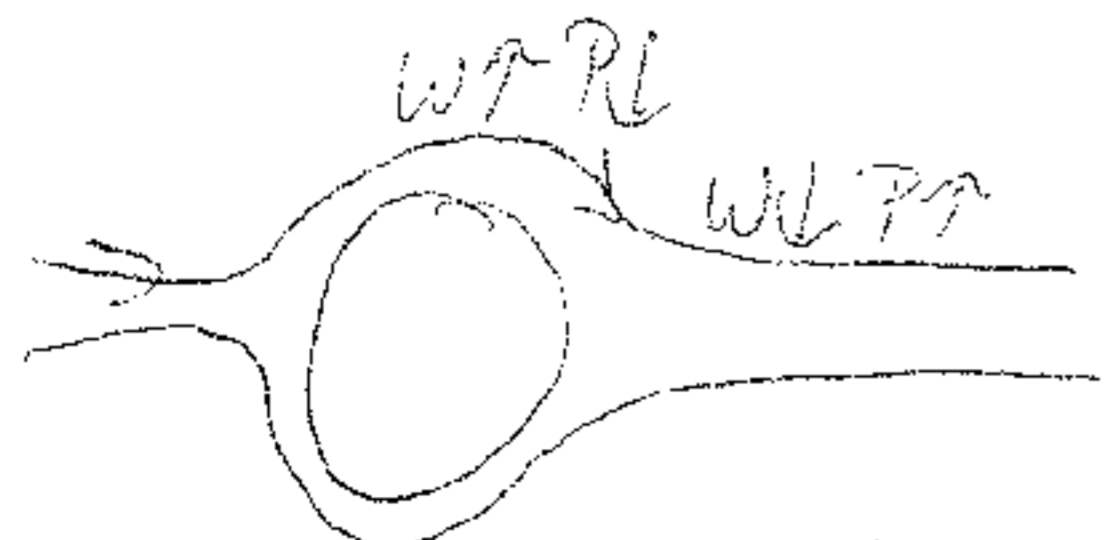
laminar turbulentes Bereich

Drücke am Stromfäden erklären sich aus Bernoulli: Wenn Geschwindigkeit steigt muß Druck sinken dem Umkehrgebiet Stromfäden prägt Druck auf



turbulenter Bereich

Hinter der Partikel wird der Stromfäden immer langsamer - also steigt der Druck!



Wichtig: Stokes: Reibungskräfte; Newton: Tangentialkräfte Turbulent Druck
 braune Schicht mit dem vielen Fäden durcheinander, wenn ich etwas nicht
 genau weiß: Einfache Dinge wie Kugelflächenkräfte aufzeichnen können!

Note: 1,3

1) Vortrag: Wirbelschichten

- allgem. Prinzip, Druckverlust $\Delta p = \frac{F_A - F_B}{A}$

- Diagramm Δp über Geschwindigkeit v_g
 „ „ „ „ über d^*

Kraume wollte anschließend natürlich wissen, wie es denn möglich sei, daß sich im Bereich konstanten Druckes die Gasleitgeschw. ändert und sonst nichts?! \Rightarrow Gleichgewicht zw. v_g und Schwereverdrängungswiss., Wirkungsgrad steigt usw. Er wollte denn anhand von Geschw. profilen ~~an~~ Partikeln sehen, wie sich der Verdrängungsstrom bei unterschiedl. Wirbelgrad auswirkt. Er hat mich dann schließlich aus dem Konzept gebracht, als er meinte, daß bei steigendem ϵ also ~~die~~ mittlere Geschw. zw. d. Partikeln sinkt, *eigo*: die Partikel fällt runter! ~~Das~~ Wichtig war ihm, daß die relative Geschw. zw. Fluid und Partikel konst. ist und die mittl. Geschw. in dem Maße sinkt, wie die Gasleitgeschw. gestiegen wird. *(also die mittl. Geschw. eigentl. konst. ist. ... was mir in der Prüfung ein Tick zu kompliziert!!)*

2) Grundlagen

- Stefan-Strom

Kraume hat öfter mal nachgefragt, um thermodynamische Grundkenntnisse zu prüfen: warum kondensiert Wasser aus der Luft auf der Eisoberfläche usw. War ein wenig peinlich!

~~Kraume~~ Partialdruckprofil, Gradientenbetrachtung, ist der Gradient für Komponente B null; nein; waso findet dann kein Übergang statt? Ich hatte bisher nur die Version gehört, daß es nur ein Gradient verbotzen ist, der Stoffdurch-

off. für B, jedoch sehr, sehr klein wäre. Dem ist nicht so; man erklärt sich das so, daß ein Gleichgew. zw. diffusivem Transport aufgrund des Gradienten und einem konvektivem Abtransport (in die entgegengesetzte Richtung!!) durch Stefan besteht - und das alles über der PGF!!

3) Platten

→ Geschwindigkeitsprofile, real oder GS-Hypoth. ? Real!
Wieso überhaupt wie, was ist Geschw. Grenzschicht, wieso O, SS-Was., warum Verlauf umkehrung usw. & kann eine Geschw. → via Tangentialproja, anhalt der GS wegen Verdrängung!!

4) Blasensäulen

Nicht so meine Spezialität; ich hatte gehofft, daß ich ihn mit allgem. Bilanzgleichungen (konvektivem, Dispersions- & Reaktions term, Stoffübergang) abspizieren könnte, leider wollte er noch die mathematische Formulierung sehen. Na ja, er hat mir beim Basteln geholfen.

Die Stimmung war überaus locker, wobei er mir anschließend erzählte, daß ich bei anderen Prüfungen bzw. Industrie usw. mich vorsichtiger verhalten sollte. Die Mängel bei den Bilanzgl. konnte er entschuldigen, da insgesamt der Eindruck entstanden sei, daß ich mich über den Verleisungsstoff hinaus mit dem Thema auseinandergesetzt hätte. Außerdem meinte er, daß sich gleich beim Eruskriegs Thema das Niveau herausstelle und dementsprechend die Fragen auch zu den anderen komplexen kommen. Ich würde jedem empfehlen, ~~bei~~ beim Eruskrieg einen möglichst guten Eindruck zu hinterlassen; ich glaube, er verzicht einen kleinen Patzer dann eher ...

Prüfungsprotokoll - Verfahrenstechnik I & II

Datum: 1.7.96
Uhrzeit: 16.00 - 16.45
Note: 1,0

Prüfer: Prof. Kraume
Beisitzer: Patrick Mier

1. Wirbelschichten

Vortrag: Mechanismen der Feststoffdurchmischung in heterogenen **Wirbelschichten**

- Druckprofil durch eine Gasblase in der Wirbelschicht gemalt/erläutert.
- Feststoffdurchmischung aufgrund des Anstiegs einer Einzelblase gemalt/erläutert.

- Nachfragen:
- Warum ist das Druckprofil in einer homogenen Wirbelschicht linear?
 - Druckverlust über Wirbelschicht als Funktion der Gasleerrohrgeschwindigkeit malen.
 - Warum ist $\Delta p = \text{const}$ über die Wirbelschicht? $\left(\Delta p = \frac{F_G - F_A}{A} \right)$
 - Wie löst man das Problem des Auftrags von Feststoffpartikeln im Abgas? (Zyklon)
 - Was ist ein Zyklon? Wie sieht einer aus? Wie funktioniert er?
 - Wie wird der Feststoff aus dem Zyklon zurück in die Wirbelschicht transportiert, ohne daß das Gas aus der Wirbelschicht unten in den Zyklon hineinströmt? (Rücklauf muß fluidisiert werden. Ich spekulierte dann viel über Gebläse, bevor er mir schließlich erzählte, man verwende einen Syphon. Diese Antwort steht zwar doch im Skript, aber er gab zu, die Frage sei außer Konkurrenz.)

2. Filtration

Kuchenfiltration:

- Filtratvolumen bei konstantem Δp als Funktion der Zeit mit Kuchenporosität als Parameter malen.
- Wie sieht der Filtratvolumenstrom bei $t \rightarrow \infty$ aus? (nimmt ständig ab, bleibt aber > 0 , solange der Kuchen inkompressibel ist und reine Oberflächenfiltration stattfindet)
- Wie würde sich der Filtratvolumenstrom qualitativ mit Δp ändern, wenn der Kuchen kompressibel wäre? (Maximum bei einer optimalen Druckdifferenz Δp_{opt} , weil die Porosität und daher die Durchlässigkeit mit steigendem Δp abnimmt.)
- Wie wird dies mathematisch beschrieben? Was für Ansätze gibt es? (Ich wußte keine, er schien aber mit meiner Antwort zufrieden zu sein, daß der Kuchenwiderstandsterm in der Filtergleichung eine Funktion von Δp wäre. Ableitung dieser Gleichung nach Δp würde dann Δp_{opt} liefern.)

3. Platten

- w_x -Profil vor, über und hinter der Platte malen und erläutern.
- w_y -Profil gleichweis.
- Warum nimmt w_x schon vor der Platte ab? (Rückstauereffekt in der Flüssigkeit)
- Würde dieser Effekt stattfinden, selbst wenn die Platte infinitesimal dünn wäre? (Ja - Wandhaftung \rightarrow Abbremsung)
- Was ist $\left. \frac{\partial w_x}{\partial y} \right|_{y=0}$ vor der Platte? (Null - Symmetrie)

4. Kolonnen

- Wie sieht das Konzentrationsprofil auf einem Boden aus? (Kommt darauf an, wie gut die Durchmischung auf dem Boden ist. Profile für vollständige Durchmischung sowie Kolbenströmung gemalt.)
- McCabe-Thiele Diagramm malen.
- Punkt- und Bodenverstärkungsverhältnis definieren und erläutern.
- Wie kann das Bodenverstärkungsverhältnis größer als Eins sein? (weil die Definition annimmt, die Konzentration sei überall auf dem Boden x_n . In der Tat liegt die mittlere Konzentration irgendwo zwischen x_{n+1} und x_n .)
- Stellen Sie das Punkt- und Bodenverstärkungsverhältnis schematisch in das McCabe-Thiele Diagramm dar, und zeigen Sie, wie das Bodenverstärkungsverhältnis größer als Eins sein kann.

Allgemeines

- Prüfungsatmosphäre: sehr angenehm.
- Er wurde gleich nach dem Vortrag etwas informaler. Ich bekam das Gefühl, er hatte zu diesem Zeitpunkt meine ungefähre Note schon beschlossen, d.h. nach 5 Minuten der Prüfung. Ich vermute also:
Guter Vortrag \rightarrow Gute Laune \rightarrow Gute Note !
- Er stellte mir keine Fragen, die nicht aus dem Skript hätten beantwortet werden können.
- Er prüft hauptsächlich, ob man den Stoff physikalisch verstanden hat. Es ist also gar nicht nötig, viele Gleichungen auswendig zu lernen. Allerdings muß man häufig die physikalischen Beziehungen kennen, die durch Gleichungen mathematisch dargestellt werden.
- Ich habe die Sprechstunden mit den Assistenten sehr nützlich gefunden, denn:
 - i) die Assistenten haben aktuelles Prüfungswissen, und
 - ii) man hat die Gelegenheit, das Erklären des Stoffes zu üben.

Viel Glück!

Vortrag : Rieselfilm

Def. , beschreibende DGL für das Konzentrationsprofil , Lösungsansätze ,
Sh-x* Diagramm

Nachdem ich noch mit der Erweiterung um einen Reaktionsterm anfangen wollte , hat er abgebrochen und mit seinen Fragen angefangen :

- warum kann Diffusion in x-Richtung vernachlässigt werden ?
- was ist mit konvektivem Transport in y-Richtung ?
- wann ist Voraussetzung $dw/dy = 0$ (an der PGF) gerechtfertigt , wann nicht ?
- wie versteh ich nich' , bei Gleichheit der Schubspannungen an der PGF ergibt sich da nicht wegen der 10 mal höheren kin. Viskosität in der Gasphase dort ein kleinerer Gradient ? (Nein , da noch die Dichte zu berücksichtigen ist !)
- wie sieht das Geschw.profil bei Beeinflussung durch Gasgegen- bzw. gleichstrom aus?
- vergleichen sie den Fall des Gegenstroms mit einer zweiphasig durchströmten Füllkörperkolonne , wie sieht dort das Geschw.profil des Films von Staupunkt bis Flutpunkt aus ?

1. Komplex VT I : Platten

- Vergleichen sie die Geschw. und Konz.profile bei niedrigem Partialdruck (äquimol. Diff.) mit denen bei hohem Partialdruck der diffundierenden Komponente (eins. Diff.)
- Begründen der Profile können !
- Kennzeichnen sie den Einfluß auf die Sh-Zahl im Diagramm Sheins/Shäqui über $|A_p|$
- Verschlechtert denn der Stefan-Strom den Stofftransport ? , ich denke der verbessert ihn immer , das sieht hier bei der Desorption nicht so aus ?
(Stefan verbessert immer den S.transport , da er in gleiche Richtung weist wie Diff. bei der Desorption verringert sich durch den Stefan-Strom aber die Geschwindigkeit an der Platte wodurch ein deutlich geringerer konv. Stofftransp. erfolgt ; außerdem werden Gradienten kleiner)
- Grenzen für c (bez. Oberfl.geschw.) sowie A_p für Abs. und Des. können und sagen können was für ein Zustand bei den Grenzwerten vorliegt !

2. Komplex VT I : Filtration

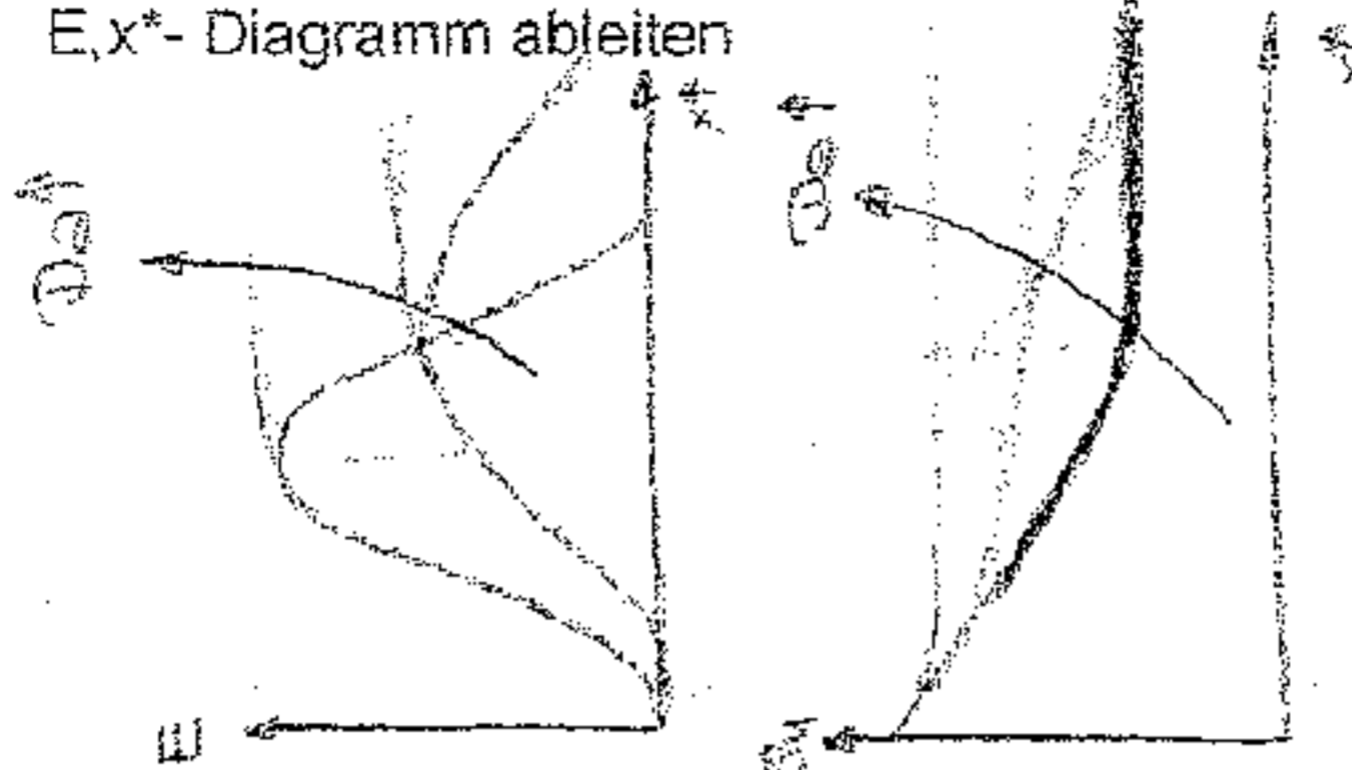
- Diagramm Vf über t für konst. Druckdifferenz , auch für größere und kleinere ΔP !
- Wie sieht das Diagramm für kompressiblen Filterkuchen aus (wenn Filterk. noch ein (wenn auch kleines) Lückenvolumen aufweist !)
- anhand Standard Druckverlustgleichung erklären warum Durchsatz mit der Zeit abnimmt (Schichthöhe steigt , wenn ΔP und Rest const , kann also nur w mit der Zeit sinken d.h. Volumenstrom geht langsam gegen Null ; gleich Null erst bei sehr sehr großer Schichthöhe H !)

2. Komplex VT II : Mehrphasenströmungen

- Wann ist pneumatischer Transport in horiz. Röhren möglich ? (Bedingungen nennen und erklären)

Vortrag **Rieselfilm**: Definition, Anwendung, Vorteile, Profile für homogene Reaktionen 1. und 2. Ordnung, E, x^* -Diagramm mit Da als Parameter

Zusatzfragen: Definition von Da , Konzentrationsprofile für x gegen unendlich für verschiedene Da -Zahlen, Sh, x^* -Diagramm mit Da als Parameter aus E, x^* -Diagramm ableiten



Rohre--nicht newtonsche Fluide: $\tau, dw/dr$ -Diagramm alles dazu sagen: realer Verlauf, Beispiele, Formel für den Ostwald-Ansatz mit Gültigkeitsbereich, Abhängigkeit der Ostwald-Konstante $k=f(T)=f(dw/dr)$, k steigt mit steigender Temperatur analog zu Flüssigkeitsviskositäten, welche Fluide sind newtonsch? Organische Stoffe und Gase!

Rühren: Leistung bei newtonschen Fluiden, wenn Abmessung, Stoffdaten und Drehzahl bekannt: Re berechnen, damit in die Leistungscharakteristik, diese zeichnen, Proportionalitäten erklären können; Leistung bei nicht newtonschen Fluiden, wenn Drehzahl und Abmessung bekannt: nach Metzner und Otto linearer Zusammenhang zw. Drehzahl und Schubspannung, daraus folgt Berechnung der Scheinviskosität und damit Bestimmung von Re , wieder in die Leistungscharakteristik;

$$u \cdot k_2 = \left| \frac{dw}{dr} \right| \Rightarrow \eta_s = k \left(\frac{dw}{dr} \right)^{1/n-1} \Rightarrow Re \text{ mit } \eta_s$$

Frage nach der experimentellen Bestimmung: Leistungscharakteristik ist bekannt, Einstellen einer bestimmten Drehzahl, Berechnung der Re -Zahl, Ablesen einer Re -Zahl mit der man die Viskosität bestimmen kann.

Blasensäulen: Bilanz aufstellen und alle Terme erklären: Stofftransport durch Konzentrationsdifferenz, Konvektion durch Feedstrom, Rückvermischung durch Dispersion, Frage: auch bei homogenem Strömungszustand Dispersion? Ja, denn aufsteigende Blasen ziehen Flüssigkeit mit nach oben, Geschwindigkeitsprofil einer aufsteigenden Blase in ruhendem Medium zeichnen, Ergebnis der aufgestellten Bilanz zeichnen als Konzentrationsprofil über der Höhe: vollständige Durchmischung, Kolbenströmung, Dispersion, Oberflächenkonzentrationen miteintragen und erklären (Oberflächenkonz. steigen nach unten hin an, da hydrostatischer Druck nach unten hin steigt, so daß Gaskonz. auch steigt, demzufolge muß Oberflächenkonz. der Flüssigkeit nach Henry auch steigen).

Prüfungsprotokoll Verfahrenstechnik

Datum: 31.5.99

Prüfer: Kraume

Beisitzer: Joachim Ritter

Note: 1,3

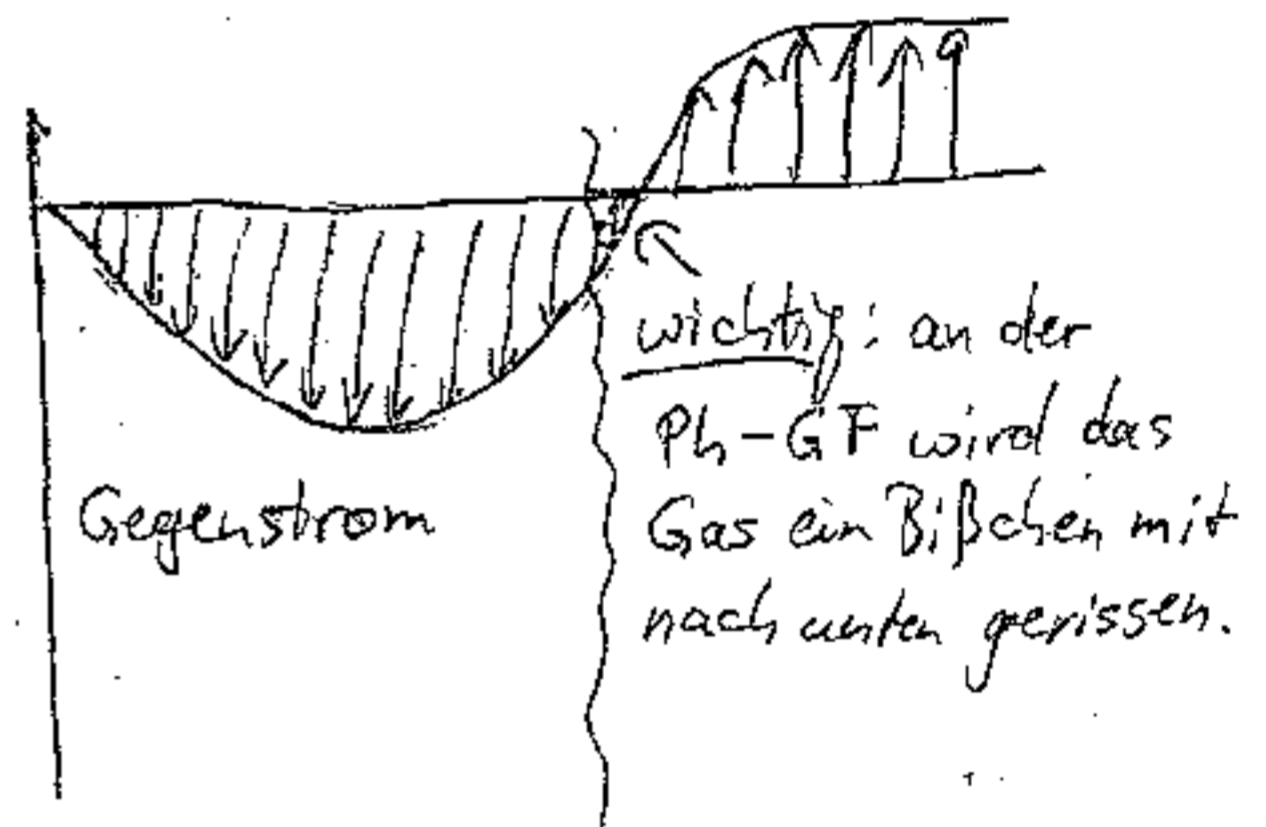
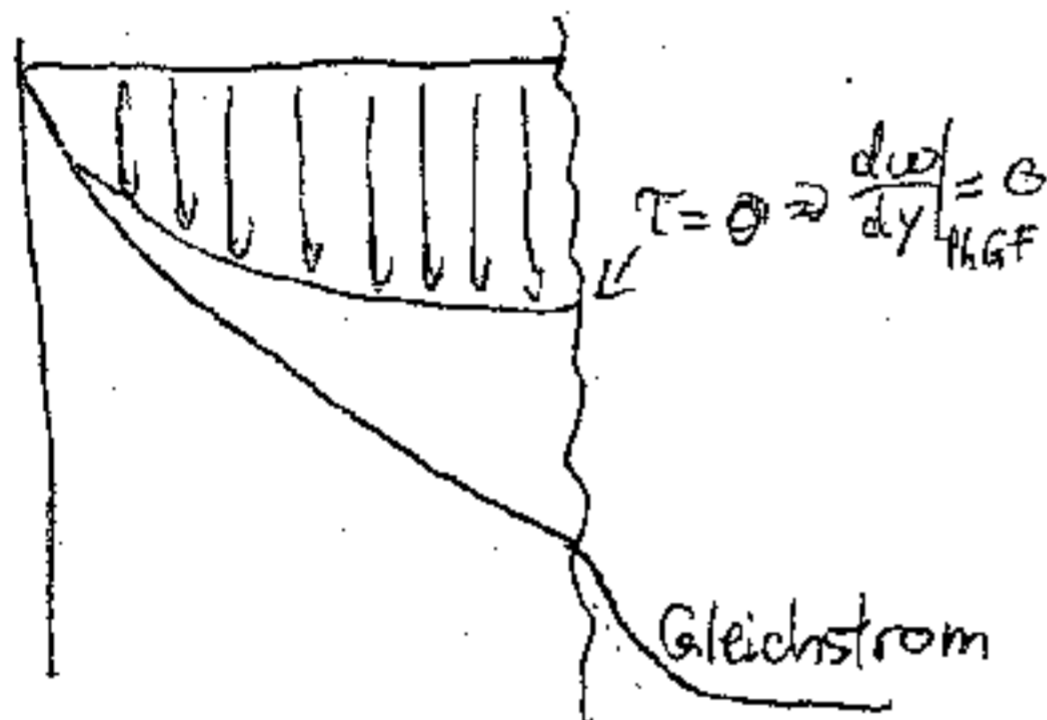
Vortrag: Einfluß homogener und heterogener Reaktionen auf den Stofftransport beim Rieselfilm (Konz.-Profile, Sherwood-über-Lauflänge-Diagramme, Betrachtungen für $Da = \infty$.)

Nachfragen: Können die Konz.-Gradienten von A und B im Film bei der Konz. 2. Ordnung = 0 werden?

> Nein, dann gäbe es ja keinen Stofftransport

Wie ist die Da-Zahl bei 2. Ordnung definiert?

Fluiddynamik: Geschw.-Profil, Randbedingungen, wie sähe es denn aus, wenn die Gasphase im Gleichstrom fließt, wie im Gegenstrom.



Wenn ich die Umfangsbelastung konstant halte, was passiert?

> Filmdicke ändert sich, weil die mittlere Geschwindigkeit sich ändert.

Kennen sie ein technisches System, wo die Gasphase im Gegenstrom zum Film fließt und sich die Filmdicke vergrößert?

> Füllkörperkolonne, Aufstau des Fluids am Staupunkt.

Woran erkenne ich denn den Staupunkt?

> Flüssigkeitsbelastung über Gasleerrohrgeschw. aufgezeichnet

Und was hat jetzt so eine Füllkörperkolonne mit einem Rieselfilm zu tun?

> An den Füllkörpern rieselt die Flüssigkeit entlang, sodaß ich das praktisch als Rieselfilm betrachten kann.

Grundlagen:

Was ist Turbulenz?

> Turbulenzballen bewirken Transport quer zur Strömungsrichtung, laminares und turbulentes w-Profil am Rohr aufgezeichnet und Unterschiede erklärt.

Wodurch kommt denn Turbulenz zustande?

> Hohe Re (Trägheitskräfte \gg Zähigkeitskräfte), Einfluß der Rohrrauigkeit

Aber da gibts doch noch andere Turbulenzarten

> Grenzflächenturbulenz, Gitterturbulenz, Turbulenz durch Oszillation instablier Blasen (alle erklärt)

Wie zeigen sich in der Navier-Stokes-Gleichung meine turbulenten Impulsströme?

> $w = w - \overline{w^2} + w - \text{strich}$. Zeitlich gemittelt ergeben $w - \text{strich} = 0$, kommen sie im Quadrat vor, bleiben die Terme aber stehen.

Kennen Sie einen Ansatz, um Turbulenz zu berechnen?

> Prandtl'sche Mischungsweg-Hypothese. Sollte ich dann herleiten, ich kannte aber nur die zu Grunde liegenden Überlegungen (siehe Skript).

Platten:

Geschwindigkeitsprofile mit Grenzschicht-Hypothese zeichnen

Wie kommt man denn auf die Grenzschicht-Hypothese?

> Navier-Stokes und Konti an ebener Strömung dimensionslos machen, unter der Annahme großer Re.Zahlen kürzen sich dann Terme mit $1/Re$ raus, die so vereinfachte DGL kann dann analytisch gelöst werden.

Wann gilt die GSH?

> Bei $Re > 100$. Außerdem bietet sie keine Möglichkeit, die Strömung hinter der Platte zu berechnen.

Stoffaustausch:

Stoffbilanz an der Blasensäule (hier brauchte ich nur die auftretenden Ströme zu nennen und erklären was Dispersion ist und wodurch sie entsteht).

Wie komme ich denn an meine Dispersionskoeffizienten?

Kann man messen durch Aufgabe von Tracer-Substanzen, z.B. Impuls aufgeben, c am Ausgang messen. Grenzfälle Kolbenströmung ($D=0$) und totale Vermischung ($D=\infty$).

Was habe ich dann von meiner Stoffbilanz?

> Daraus erhalte ich eine DGL, um mein c -Profil über die Höhe bestimmen zu können

Dann zeichnen Sie doch mal so ein c -Profil

> Einfluß des hydr. Drucks auf die Gleichgewichts-Konz beachten (höhere Löslichkeit), Grenzfälle $D=0$ (Konz-Sprung am Eingang) und $D=\infty$.

Kann auch sowas passieren (Kurve b in Zeichnung)?

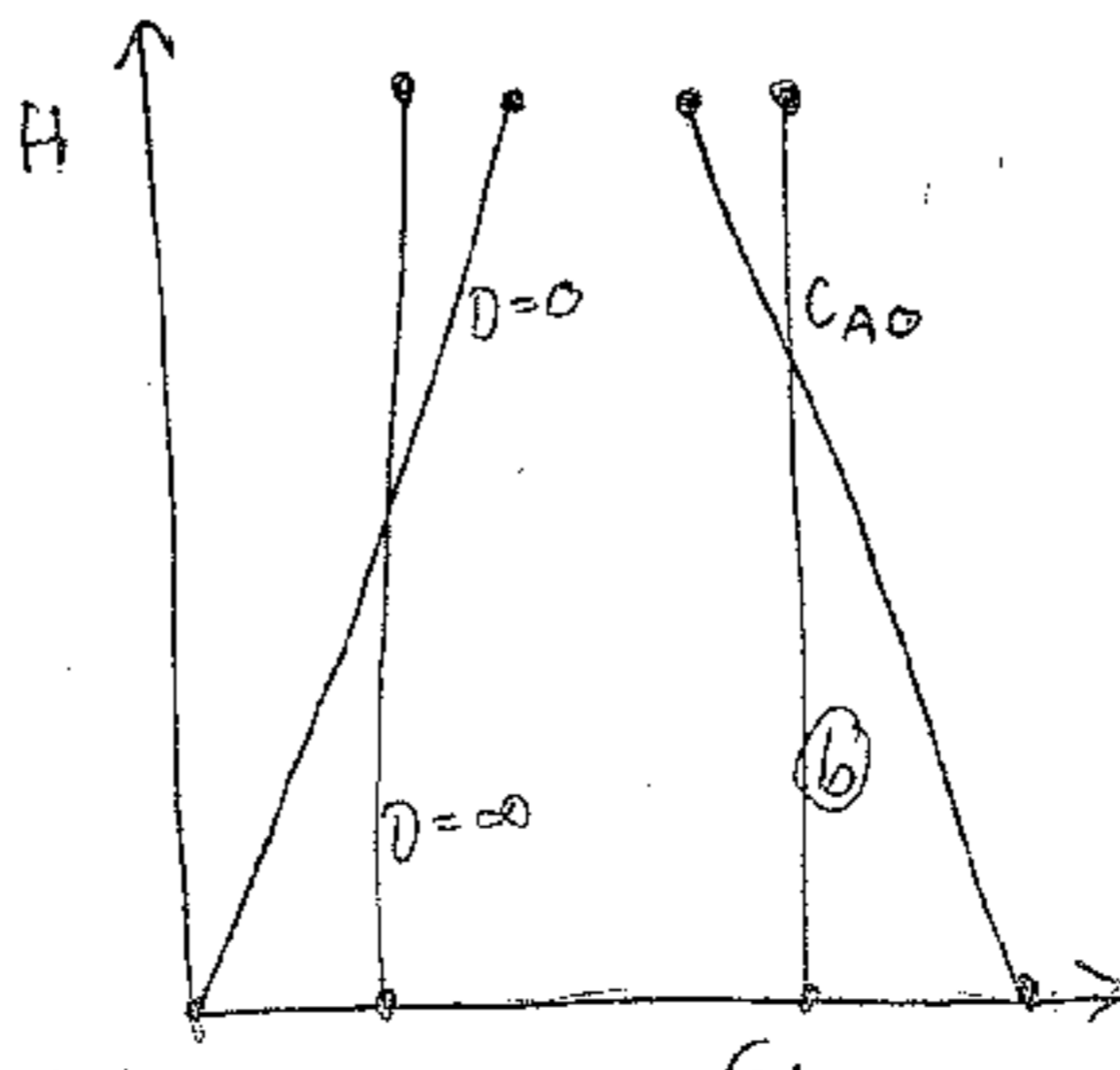
> Ja, bei vollständiger Durchmischung kann die mittlere Konz. auch höher werden als die GG-Konz ganz oben.

Allgemeines: Sehr anspruchsvolle Prüfung, aber freundliche Atmosphäre. Kraume möchte physikalisches Verständnis sehen, er stellt schwere Fragen, gibt aber auch Tips, wenn man steckenbleibt. Dann kann er allerdings auch ganz schön hartnäckig an einer Sache rumbohren. Er gibt viel positives Feedback, sodaß die anfängliche Nervosität schnell überwunden ist. Sehr ausschlaggebend ist glaube ich der Vortrag, er macht sich schon ein Bild von einem und guckt dann nur noch, ob das auch stimmt. Jedenfalls hat er mir nach der Prüfung gesagt, ihm wäre nach dem Vortrag schon klar gewesen, daß das eine sehr gute Prüfung wird, daher hätte er dann mal gleich was ziemlich ungewöhnliches und schweres gefragt, nämlich die Herleitung der Prandtl'schen Mischungsweghypothese, was mich dann auch um die 1,0 gebracht hätte.

Das schien ihm leid zu tun, ich war aber trotzdem sehr zufrieden.

Gelernt habe ich sehr lange (3 Monate), hauptsächlich mit dem Skript. Wichtig ist, regelmäßig zu den Sprechstunden zu gehen und auf jeden Fall mit anderen zusammen zu lernen, denn nur so lernt man, über den Stoff zu diskutieren und sich anhand von grundlegenden Überlegungen auf die Lösung eines Problems hinzuarbeiten, so wie Kraume es mag.

Viel Glück!



Prüfungsprotokoll Verfahrenstechnik

Prüfer: Kraume

Datum: 5.5.97

Note: 1.0

Themen: Rieselfilm (Vortrag), Rohre, Filtration, 2-ph-Strömungen

1. Rieselfilm

- Vortrag: Geschwindigkeitsprofil
Konzentrationsprofil mit und ohne Reaktion
Sh über x^* , mit und ohne Reaktion
- Nachfragen: Keine Konvektion in y-Richtung: Warum? - Ich habe gesagt, daß man bei geringer Löslichkeit der diff. Komponente man von äquimolarer Diffusion ausgehen kann usw...er war aber erst zufrieden, als ich sagte, daß es keinen Stefan-Strom gibt.
Definition der Damköhler-Zahl: ich hatte sie im Vortrag mit $Da = k_1 \cdot \delta / D$ definiert, so ist sie nicht dimensionslos!! Es muß entweder $Da = kn \cdot \delta / D$ heißen oder $Da = k_1 \cdot \delta^2 / D$!!!
3,41-wieso? ich habe gesagt, daß n_A gegen 0 geht, weil A gegen Unendlich geht und auch δc_A gegen 0. 0 durch 0 ergibt 3,41!! Daraufhin hat er **lauthals** gelacht, die Antwort aber trotzdem akzeptiert.
Sh-lokal größer oder kleiner als Sh? - Immer kleiner
Enhancement Faktor - wie ist er definiert, Diagramm und wie verläuft er für Da gegen Unendlich? $E = \text{Unendlich}$ für $x^* > 0$

2. Rohre

- Geschwindigkeitsprofil: turbulent und laminar - Kraume will, daß man die Turbulenzballen auch wirklich ins Profil einzeichnet und den Platzwechsel mit Pfeilen erklärt.
- Herleitung des Geschwindigkeitsprofils aus Kräftebilanz. Wieso ist der Druckverlust über die Länge konstant? - Ich: laminare Strömung, konstantes n . Nein. Wie hängt denn der Druckverlust mit der Schubspannung an der Wand zusammen? Aus der Kräftebilanz (dabei $r=R$ einsetzen) erkennt man: wenn Gradient konstant, dann ist es auch der Druckverlust.

3. Filtration

- Filtratvolumen und Filtratvolumenstrom über t. Wie hängen sie zusammen, Grenzwerte für t gegen unendlich. Ist Volumenstrom bei Null endlich oder unendlich. Endlich natürlich, aber wieso. Druckverlustgleichung nur für das Filtermedium: bei konstantem δ -p muß w auch endlich sein.

4. 2-Phasen-Strömung

- Homogenes und heterogenes Modell erklären
- Wieso ist das Gas immer schneller als die Flüssigkeit? Schlupf, Druckverlust, Kompressibilität des Gases usw.. hat ihm alles nicht gereicht. Angenommen man hat einen sehr großen Fl-Volumenstrom und einen kleinen Gas-V. Wieso ist das trotzdem schneller. Wiedrum Druckverlust - ist ja für beide Phasen gleich. Also Druckverlust des Gases dem der Flüssigkeit gleichgesetzt und, da sich die beiden zeta nicht groß unterscheiden, die beiden Dichten aber, muß v_{Gas} immer größer v_{Fl} sein.
- Lockhart-Martinelli?. Erklärt, wie im Skript hat gereicht. Wo ist die 1 an der y-Achse? Keine Ahnung!! Ich konnte nicht mehr und sagte: das weiß ich nicht. Er: Strengen sie sich nochmal an. Der Korrekturfaktor muß bei $x=0$ für die reine Gasströmung und bei $x=\text{unendlich}$ für die reine Fl-Strömung gleich ein sein- Zumindest war das bei dem Diagramm, daß ich gezeichnet hatte so-muß nicht unbedingt mit dem im Skript übereinstimmen, er war damit aber zufrieden.

Kommentar

Kraume merkt sofort, ob man sich auf eine Frage vorbereitet hat oder nicht und bohrt solange nach, bis er auf einen Punkt stößt, den man vorher noch nicht durchdacht hat und bewertet dann vor allem, wie man sich dabei aus der Affäre zieht. Ich mußte immer wieder anhand von Gleichungen seine Fragen beantworten: nach dem Schema: wenn das konstant ist, dies hier kleiner wird muß das größer werden. Mit auswendig gelerntem Prüfungsfragen oder kurzzeitig abfragbarem Wissen kommt man bei ihm nicht weit. Man muß das was man sagt auch verstanden haben. Was auch noch wichtig ist: die Antworten müssen zwar nicht sofort kommen, dafür aber mit Überzeugung und einer Erläuterung.



Prüfung VT I & II am 20.06.1997, 13.15 Uhr :

Prüfer: Kraume, Dauer: 40 min, Note: 1,3

i) Vortrag: het. chem. Rkt. an festen Partikeln:

- Konz.-Profile für Pe klein, mittel, $\rightarrow \infty$; Def.: Kopplungsbed., Da , Sh , Pe ; Diagramm Sh über Pe ; warum für $Pe \rightarrow \infty$, Da endlich $Sh = 2 Da$, wieso bei $Pe \rightarrow 0$, $Da \rightarrow \infty$ $Sh = 2$ (meine Beweisführung war leider Käse..., schaut noch mal im Skript nach)

Fragen zum Vortrag:

- wenn $Pe \rightarrow \infty$ und $Da \rightarrow \infty$: ist Kopplungsbed. erfüllt? (Ja: wenn $Pe \rightarrow \infty \Rightarrow c_{aW} \rightarrow c_{a\infty}$ und wenn $Da \rightarrow \infty \Rightarrow c_{aW} \rightarrow 0$; also aus Kopplungsbed.: $c_{aW} \rightarrow 0$ und Gradient $\rightarrow \infty$; $D, k_a = const$: $\Rightarrow \frac{\infty}{0}$ nach L'Hospital ist irgendetwas zwischen 0 und ∞ ; \Rightarrow Bed. erfüllt.)
- Zeichnen: Gradienten in Profil bei $Da = const$ für Pe klein und Pe groß: ($Da = const \Rightarrow k_a$ und $D = const$, Pe steigt $\Rightarrow c_{aW}$ steigt, aus Kopplungsbed. \Rightarrow Gradient steigt)

ii) Grundlagen: Bilanzgleichungen:

- Integrale Bilanz am Rieselfilm, was ist Bilanzgleichung, molekul. ST: wie ist Δc_{log} definiert?, welches sind die Durchtrittsflächen?

iii) Filtration

- Festbettreaktor: differentielle Bilanz im Festbett (Zeichnen, Modell Festbett mit hydr. Durchmesser, Def. d_h , Def. d_{32} , Widerstandsgesetz für Festbett incl. Diagramm ξ über Re , Def. Camot'scher Stoßverlust, ST: konvektiv, ax. Dispersion, chem. Rkt.; math. Formulierung mit Taylor \Rightarrow Differentialquotienten)

iv) 2-Phasen-Strömungen

- wieso ist pneum. Transport möglich? (Konz.-Profile, Abh. von Lückengrad \Rightarrow Nettomassenstrom nach oben \Rightarrow Änderung des Konz.-Profils \Rightarrow Massenstrom nach unten \Rightarrow Ausgleich des Profils \Rightarrow axialer Transport; Antwort beinhaltet u.a. w_{s0}/w_s über $(1-\epsilon)$ -Diagramm.)

Anmerkungen:

Kraume war sehr freundlich und hat mir viel geholfen auf Lösungen zu kommen, zu deren Problemen ich mir im Vorfeld keine Gedanken gemacht hatte. Daß ich weder in der Vorlesung, noch in der Sprechstunde war, hat er mir sehr schnell angemerkt, so daß er mir viele Fragen stellte, die ich in den Sprechstunden hätte klären sollen. Das war auch seine Begründung für die 1,3.

Die von ihm gezogenen (Karteikarten) Prüfungsthemen haben nicht unmittelbar etwas mit den Fragestellungen zu tun. (s.ii)), was ich sehr beruhigend fand. Man sollte sich aber unbedingt in den Grundlagen (insbes. BGL) fit machen und wissen, wie man math. Lösungen herbeiführt.

Viel Erfolg !

Ach ja: malt groß, bunt (es liegen verschiedene Farbstifte aus!) und deutlich! Jeder Vermaler führt zu einer u.U. sehr weitreichenden Rückfrage!!!

Priifungsprotokoll Verfahrenstechnik I & II

Datum: 26.03.1999

Zeit: 15.00 h (letzte Prüfung des Tages)

Dauer: ca. 50 min.

Note: 1,0

Vorbereitungszeit: 6 Wochen intensiv (5-6 Tage/Woche, 5-7 h/Tag)

Einstiegsvortrag:

Stofftransport an Platten bei hohen Partialdrücken (Koppelung zwischen Geschwindigkeits- und Konzentrationsfeld erläutert, Stefan-Strom/ w_{vy} kurz erläutert für die beiden Fälle Absorption und Desorption, graphische (qualitative) Darstellung des Geschwindigkeits- und Konzentrationsverlaufs für die beiden Fälle Absorption und Desorption bei niedrigen und bei hohen Partialdrücken (Abb. 4-16), Darstellung der Auswirkung von w_{vy} auf den Stofftransport (Sh^{eins}/Sh^{aqu} vs $|A_p|$))

Fragen zum Vortrag:

Definition von A_p , Grenzen für niedrigen und hohen Partialdruck bei Absorption und Desorption;

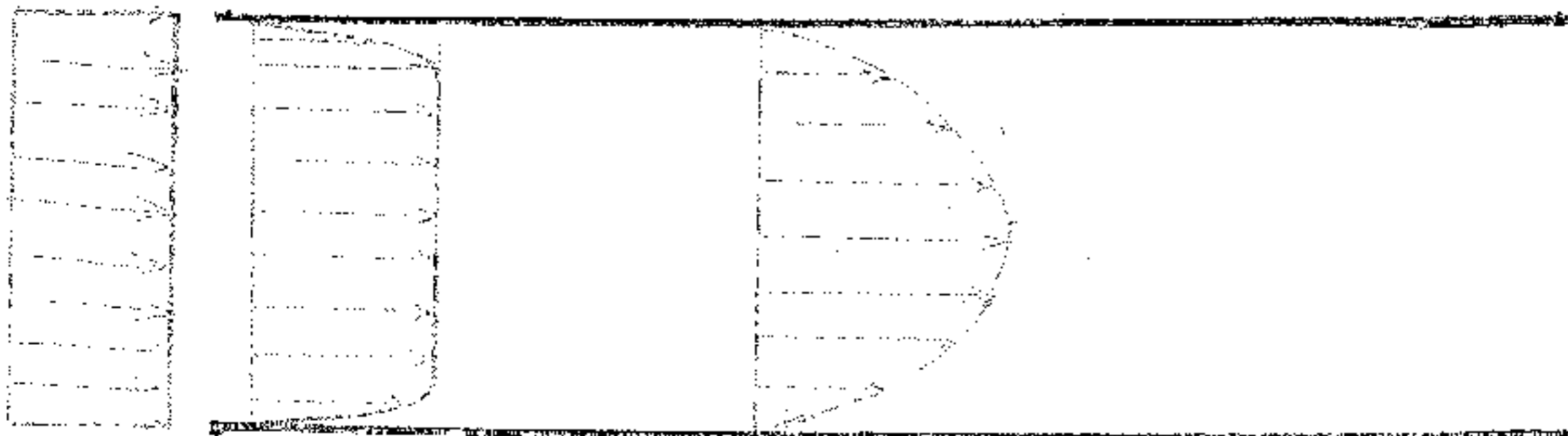
Kraume: Allgemein geht man doch immer von einer Verbesserung des Stofftransports durch den Stefan-Strom aus – hier scheint das aber nicht der Fall zu sein ?!

Antwort: In diesem Fall findet eine Verbesserung des Stofftransports durch die einseitige Diffusion auch nicht statt: die Verbesserung des Stofftransports in y-Richtung wird durch eine Verschlechterung des konvektiven Transports in x-Richtung „erkauft“. Andererseits kann nicht der Umkehrschluß gezogen werden, bei der Desorption grundsätzlich bei niedrigen Partialdrücken zu arbeiten, da zwar dann der Stoffübergangskoeffizient β größer ist als im Fall hoher Partialdrücke, die treibende Konzentrationsdifferenz ist aber auch kleiner ($M_A = \beta \cdot A \cdot \Delta c$) !

Weitere Fragen zum Kap. 4 (Transportprozesse bei der Strömung an ebenen Platten):

Geschw.-profil an der Platte unter Annahme der Grenzschichthypothese (GSH) zeichnen und erläutern;

Kraume zeichnete eine zweite Platte in endlichem Abstand parallel zur ersten Platte ein und wollte nun das Geschw.-profil gezeichnet haben: Die GSH kann hier nicht mehr angewendet werden, da die Strömung außerhalb der Grenzschicht mit der Dicke δ nicht mehr unbeeinflusst von der Platte ist. Durch die Konti-glg. ergibt sich zudem eine Geschw. im Kern, die höher als die Anströmgeschw. ist. Im weiteren Verlauf ergibt sich für die laminare Strömung ein parabelförmiger Verlauf:



Kraume wollte nun wissen, wie groß denn üblicherweise Grenzschichtdicken sind, z.B. für ein Schiff, das durch ein ruhendes Gewässer fährt. Die Formel aus dem Skript konnte ich nicht auswendig, was er wohl auch nicht anders erwartet hatte, denn ich sollte mir das ganze anhand von Proportionalitätsüberlegungen herleiten.

Also: $\delta \sim \nu * L * w_x^{-1/2}$. Den Funktionsverlauf hatte ich oben in der ersten Skizze zur GSH (analog zu Abb. 4-3 im Skript) eingezeichnet, also: $\delta \sim (\nu * L * w_x^2)^{0.5}$. Den fehlenden Faktor gab er mir vor, also: $\delta \sim 5 * (\nu * L * w_x^2)^{0.5}$.

Kraume: Das Schiff fährt nun mit 36 km/h und hat eine Länge von 100m. $\delta = ?$

Antwort: Also jetzt noch die Stoffwerte einsetzen und es ergibt sich etwa $\delta = 1/6$ m (War ganz schön knifflig wegen der Stoffwerte und dem Kopfrechnen unter Prüfungsstreß, da gerät dann z.B. $(1/1000)^{0.5}$ zum unlösbaren Problem. Da ich aber die Stoffwerte und die Proportionalitäten gut hingekreigt habe, war die Rechenschwäche wohl nicht so schlimm).

Grundlagen:

Versch. Transportarten erläutern (molekular, konvektiv, turbulent);

Kraume wollte dann genauer wissen, wie durch die regellose Teilchenbewegung ein Konz.ausgleich erfolgen kann, da – wenn sich alle Teilchen regellos in alle Richtungen bewegen - sich doch im Mittel dann nichts ändern dürfte. Also die Erklärung aus dem Skript (Seite 1-5) mit den sechs mögl. Bewegungsrichtungen, der Wahrscheinlichkeit, daß sich die Teilchen nicht in eine der Richtungen bewegen, etc.;

Turb. Transport genauer erläutern (Turbulenzballen, makroskop. Grobausgleich, Feinausgleich durch Diffusion wird vereinfacht, Abflachung von Geschw.- und Konz.profilen, etc.);

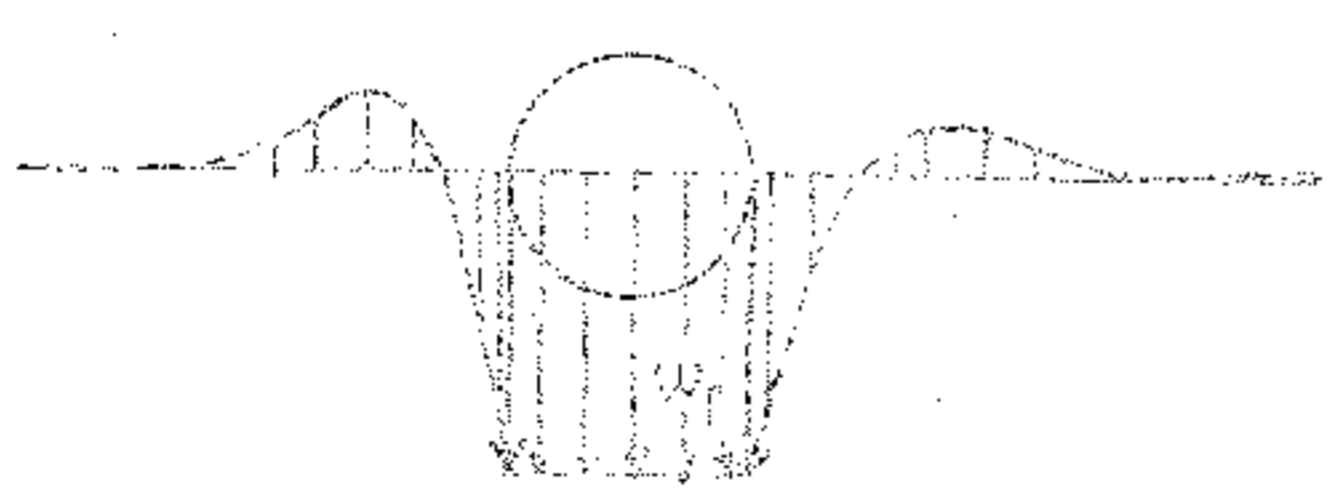
Turb. Rohrströmung erläutern (w-Profil, Turbulenzballen einzeichnen, etc.);

Kraume wollte wissen, wieso in der turbulenten Kernströmung überhaupt noch ein Geschw.gradient existiert und w_x nicht konstant ist über den Querschnitt. Das liegt daran, daß auch bei der turbulenten Rohrströmung noch ein Einfluß des molekularen Impulstransportes (ausgehend von der Rohrwand) vorliegt.

Partikeln:

Fluides Partikel und festes Partikel (gleiches umgebendes Fluid, gleiche Dichte, etc.): Welches sinkt schneller und warum? Fluides Partikel, da keine absolute Wandhaftung. Der Geschw.gradient an der PGF ist deshalb kleiner und die übertragene Schubspannung ebenfalls. Geschw.profile für beide Partikel unter der Annahme eines ruhenden Fluides ($w_f = 0$) skizziert:

fester Partikel ($w_f = 0$):



fluides Partikel:



Was passiert mit dem Widerstandsbeiwert ζ ? Abb. 11-10 gezeichnet und erläutert (ζ vs Re für fluide und feste Partikel).

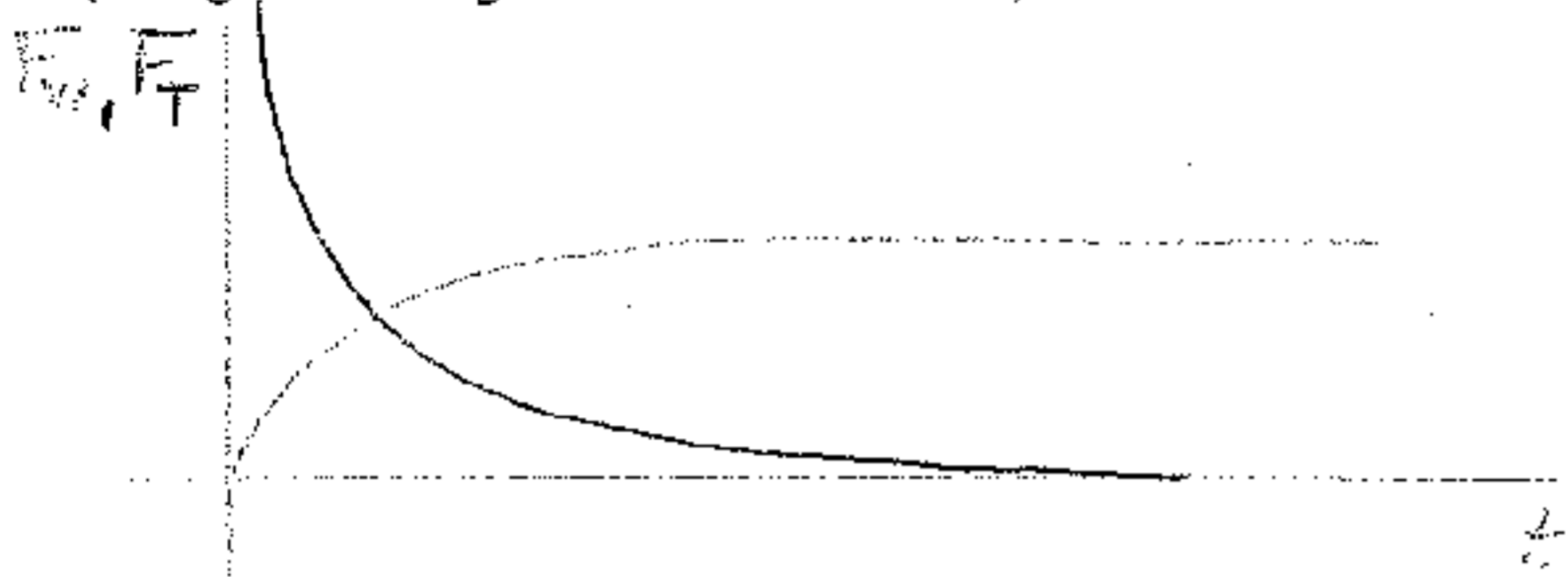
Kraume: Instat. Partikelbewegung: beschreibende Glg. für w_p ?

Antwort: Aus dem Kräfte-GGW (einzelne Terme erläutert) folgt eine DGL für w_p . Mit der Anfangshedingung $w_p(t=0) = 0$ lösen (math. Lösung wurde nicht verlangt):

$$F_T + F_W + F_A = F_G \quad \text{bzw.} \quad m_p \cdot dw_p/dt + \frac{\rho_f \cdot w_p^2}{2} \cdot \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} + m_p \cdot g = m_p \cdot g$$

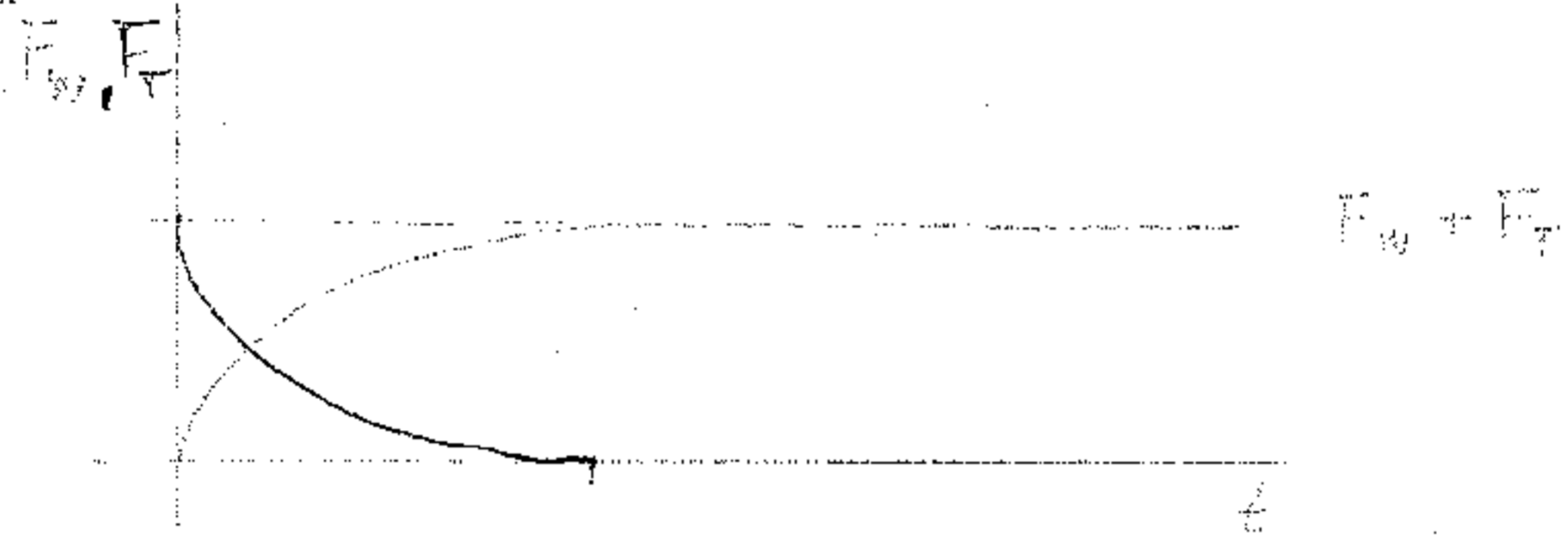
Kraume: F_T und F_W vs t ?

Antwort: (Einziges wirklich grober Fehler meinerseits)



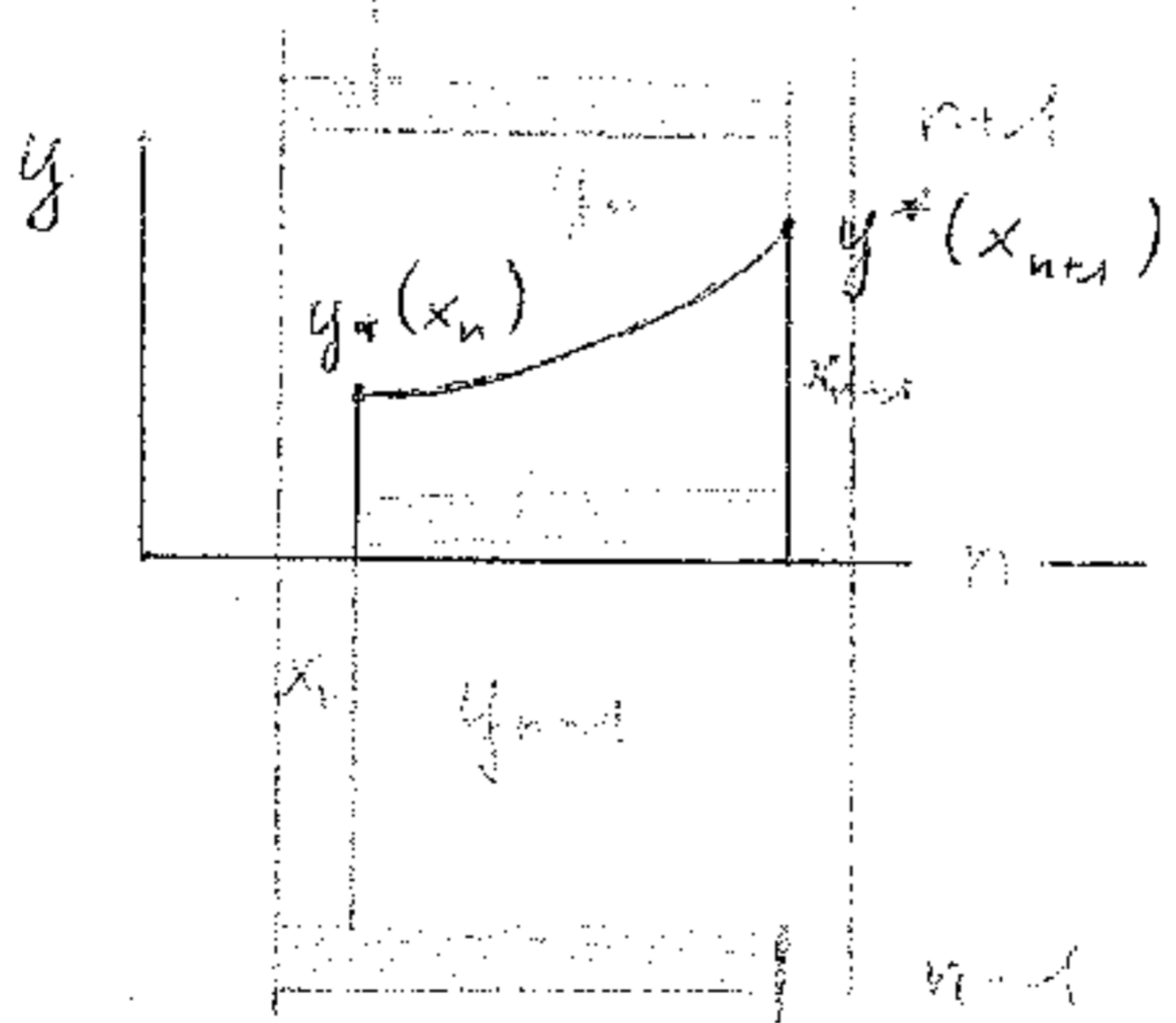
Auf Nachfrage kam ich dann darauf, daß F_T für $t \rightarrow 0$ nicht gegen unendlich geht. Aus der Bilanz ist das auch leicht zu erkennen: $F_G - F_A = \text{konst.} = F_T + F_W$.

Also:



Kolonnen:

Boden- und Pkt.verstärkungsverhältnis erläutern und Größenordnungen angeben; Skizze für Kolbenströmung auf n-tem Boden:



Das war's dann. Bis auf meine Unfähigkeit, die Wurzel aus einem Tausendstel abzuschätzen und dem Fehler bei der Auftragung von F_T und F_W gegen die Zeit bei der instat. Partikelbewegung lief's gut, wobei alles natürlich nicht so flüssig kam, wie es in einem Prüfungsprotokoll dann aussieht. Kraume war freundlich und half, bohrt

aber fast immer auch nach. Ich hatte den Eindruck, daß ein flüssiger und gut verstandener Vortrag schon mal eine gute Basis schafft und auch den Prüfer gleich zu Beginn überzeugt. Viel Glück.

Blens

Prüfungsprotokoll VT I+II

4.7.2002 (

Prüfer: Kraume
 Besucher: Anja Paschke
 Note: 1,3

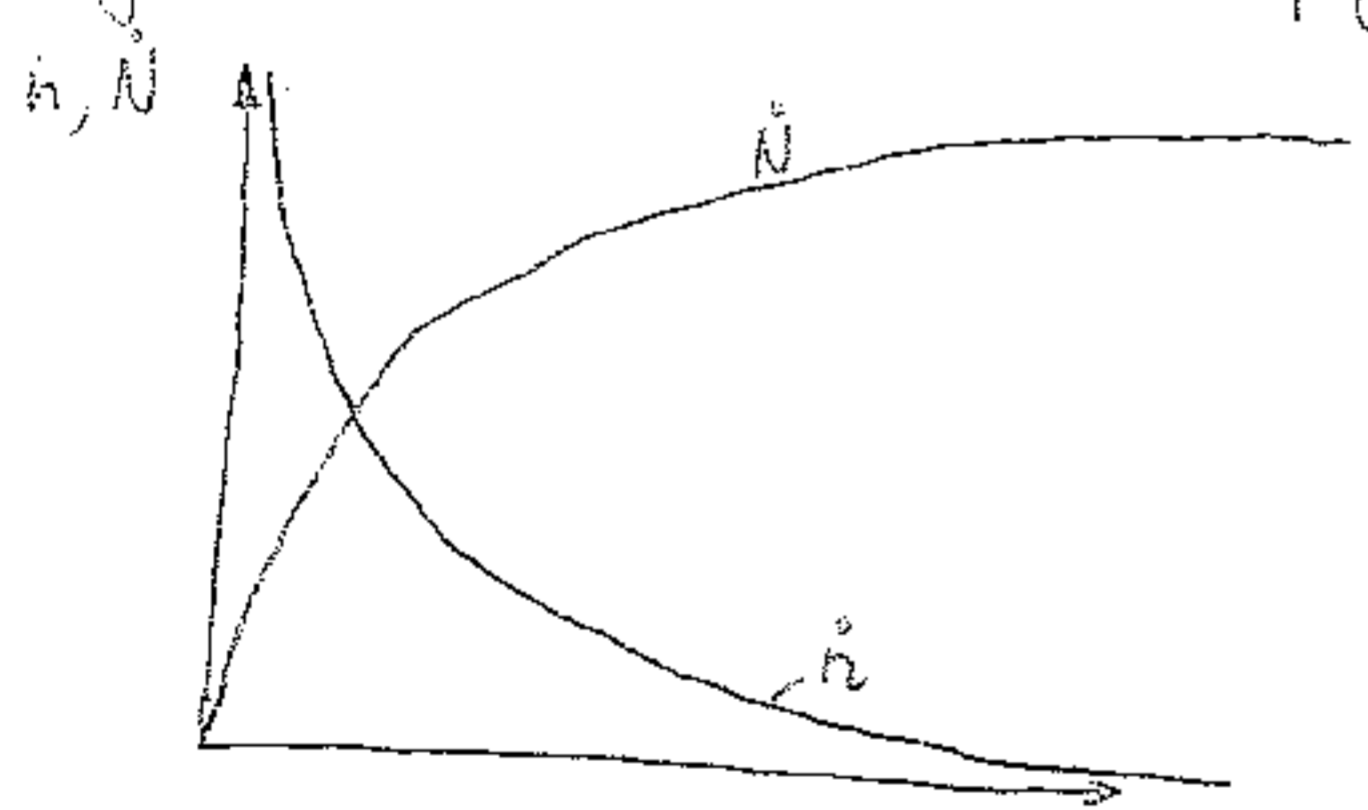
- Themen:
1. Vortrag Rieselfilm
 2. Grundlagen
 3. Röhren
 4. Partikel II

Vortrag: phys. und chem. Absorption am Rieselfilm, \bar{Sh}/x^* für phys. A.E. hom. Diff. 1.0. Konzentrationsprofile über Lauflänge (phys. Transp. + hom. chem. Diff. 1.0), Dgl. für physikalischen ST + Erdreich:
 Z.B., Vorgehensweise bei der Auslegung der Übertragungsfläche:

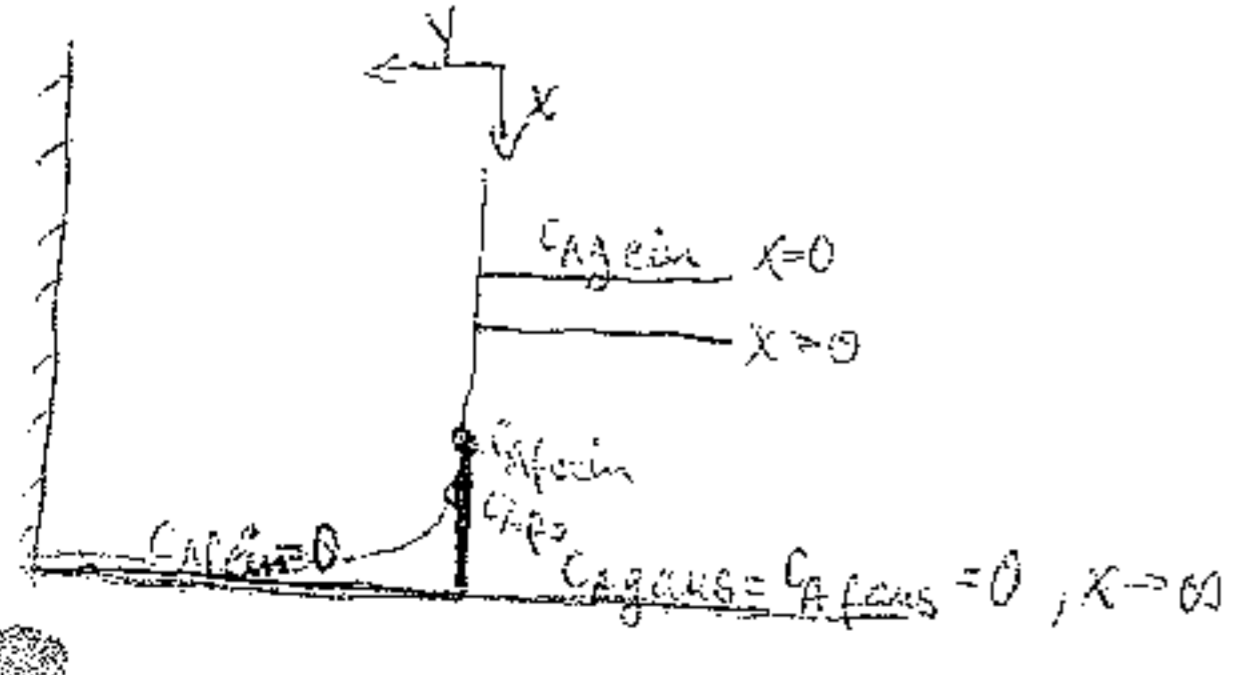
Ziel aus Konzentrationsänderung im Gasstrom, Vorgabe von $\bar{U}/b \approx S$, $Re \approx \frac{\rho u L}{\mu}$, $x^* = \frac{D}{\beta}$

$Sh = \frac{\beta \cdot D}{D}$ (aus integ. Bilanz) $\Delta C_A \log \Rightarrow \dot{N}_{\text{über}} = \beta \cdot \Delta C_{A \log} \cdot A \stackrel{!}{=} \dot{N}_{\text{Ziel}}$
 Länge L iterativ verändern bis $\dot{N}_{\text{über}} \approx \dot{N}_{\text{Ziel}}$ übereinstimmen

Nachfragen: \dot{n} und \dot{N} über x bei phys. Absorption



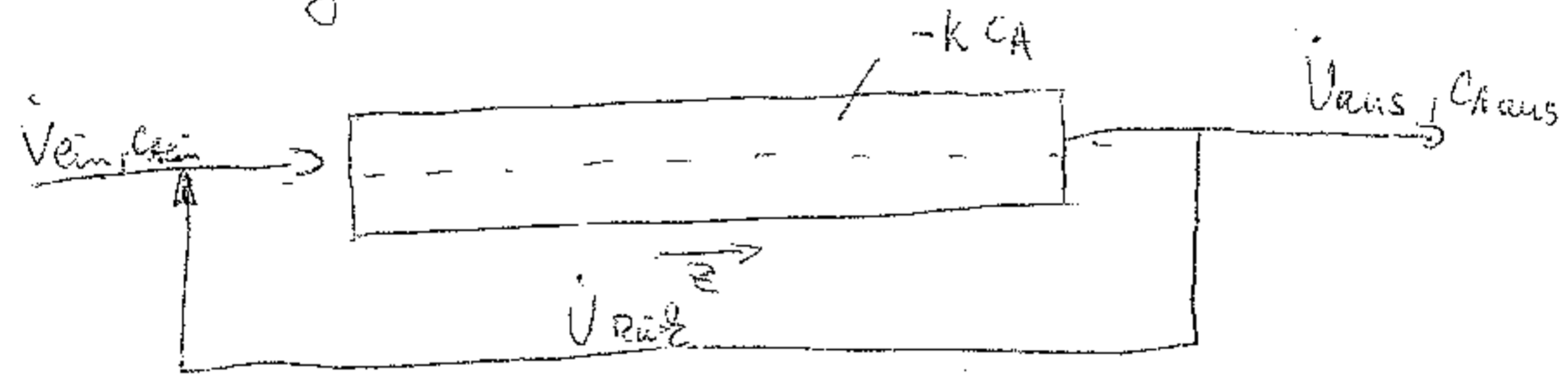
- Konzentrationsprofile für hom. chem. Diff. 1.0 mit Abreicherung d. Gasphase



- Konzentrationsprofil für Rekt. 2. O., $Da = \infty$ über x
- Wie verläuft $\bar{S}h / x^*$ bei hom. Reakt. 1. O. für $Da = \infty$ ($\bar{S}h$ ist immer ∞ , kann man also nicht einzeichnen)
- $\bar{S}h / x$ bei hom. Rekt. 2. O., mit Da als Parameter
- Wieso kann Diffusion in x -Richtung vernachlässigt werden? Meine Antwort: Konvektion ist sehr viel größer. Kraume: Versteh ich nicht, in y -Richtung berücksichtigen wir sie doch aber? Gradienten in y -Richtung sind höher, wenn man von der Verdünnung ausgeht, dass die Gasphase sich nicht abscheidet, hat man die konstante Oberflächenkonzentration C_{A0} über dem gesamten Reaktorfilm also $\frac{dC_A}{dx} = 0$

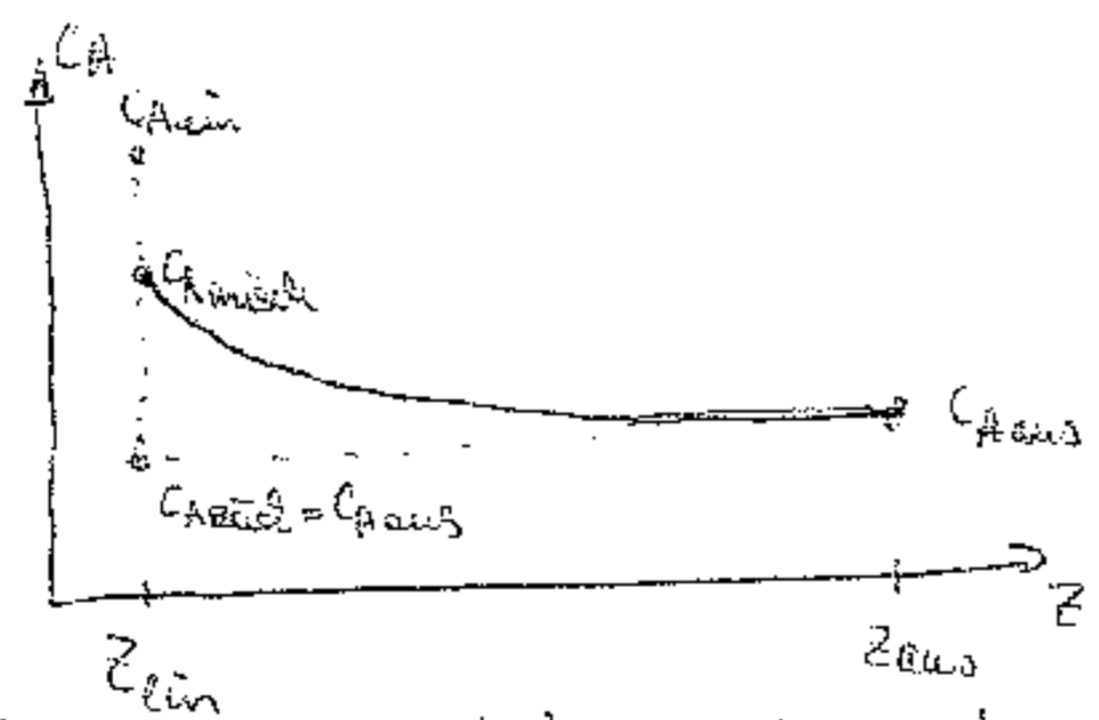
Grundlagen

Bilanz: Kraume zeichnet Strömungsrohr mit Rührführung, Annahme Kolbenströmung und hom. chem. Reaktion 1. O.



Frage: Wie kann ich die Konzentration im Rohr bestimmen? Wollte als erstes ein

Ergebnis: C_A / z



- Ich hatte so ein Teil noch nie bilanziert und war etwas planlos, machte eine integrale Bilanz und ging damit weiter, weil ja im Wandlungskom eine örtliche Konzentration steht, das Konzentrationsfeld aber nicht bekannt ist. Als ich an dieser Stelle nicht weiterkam, schrieb er mir, dass ich mich doch mal an einer differentiellen Bilanz versuchen sollte. Die kriegte ich dann auch einigermaßen hier.

Rühren

(3)

- Kraume: Ich habe einen ausreichend vermessenen Kübelbehälter und will eine Mischgüte von 95% erreichen. Was muß ich für einen Motor kaufen? Hatte zuerst gar keinen Plan, Rühren war auch ein Thema bei dem ich auf dünnem Eis stand. Aber ich erzählte erstmal los: $P_{\text{Motor}} = N \cdot \omega$; $P = N_e \cdot s \cdot n^3 \cdot d^5$, zeichnete Leistungscharakteristik N_e/ω und hatte dann mein Pulver verdossen. Kraume filote mich noch zu dem Diagramm der Mischzeitcharakteristik. Jemandem strotzte sich ein Ergebnis zusammen.
- Finale Frage: Mit welcher Drehzahl rühre ich den energieoptimal?
Antwort: Wenn einem die Mischzeit egal ist, $\omega=0$ wählen, einfach stellen lassen, die Diffusion macht für umsonst.

Partikel II

- Wie kann ich mir die Geschwindigkeit einer fluiden und einer festen Partikel ausrechnen? - Bewegungsgleichung aus Kräftebilanz hergeleitet ξ/τ_e für Kugeln & Blasen. Frage bei Kugeln: Ab welchem Bereich laminar? Wie weit laminar (Größenordnung). In welchem Bereich befinden sich die meisten verfahrenstechnischen Anwendungen? Wollte hören, daß man sich nicht im dem turbulenten Bereich befindet, wo der Strömungsstand einbricht, weil keine Wieselströme mehr gebildet wird.
- Welcher Partikel fällt schneller (fluid oder fest) und warum?
Wie sieht es aus, wenn ein Öltropfen in Wasser fällt? Das Öl sollte eine hohe Viskosität aufweisen. Antwort: für sehr große Viskosität verhält sich ein Tropfen wie eine feste Partikel.

Das was dann: Eine Prüfung mit angelehnter Atmosphäre. Manchmal wußte ich nicht genau; worauf Kraume hinauswollte. Nachfragen sind meistens hilfreich. Wenn ich irgendwas nicht wußte, habe ich meist beim Umschleichen angefangen, laut überlegt und versucht etwas herzureiten. Das scheint gut bei ihnen anzukommen, zumindestens lobte er es bei der Bewertung.

Prüfungsprotokoll Verfahrenstechnik I und II

Am: 25. August 2000
Um: 8.30 Uhr
Beisitzerin: Sandra
Dauer: Etwa 45 Minuten
Note: 1.3
Lernzeit: 4 Wochen intensiv (etwa 8 Stunden pro Tag)
Davor etwa 2 Monate parallel zur VTI-Vorlesung ein bisschen mitgelernt

Themen:

Die 3 anderen Themen wurden vor Beginn der Prüfung bereits ausgelost.

1. Heterogene chemische Reaktionen an der Oberfläche fester Partikeln (Vortrag)
2. Rohrströmung
3. Feststoffschüttungen
4. Riesefilme

1.

Vortrag:

- Formeln von Sh , Kopplungsbedingung, Da , β_{lok} , Sh_{lok} und Pe hingeschrieben
- Konzentrationsprofile an Partikel in Abhängigkeit von Pe und Da gezeichnet
- Skript Abb. 12.5 hingezeichnet (Sh über Pe in Abhängigkeit von Da)

Fragen zum Vortrag:

- Zeichnen Sie in die Abbildung den Fall des rein physikalischen Transports ein (entspricht Abbildung 12.4). Welche Steigung haben die Kurven?
- Zeichnen Sie in die Abbildung den Fall ein, dass man fluide Partikeln mit rein physikalischem Transport hat (entspricht Abbildung 12.9)
- Zeichnen Sie das Konzentrationsprofil um einen Feststoff, der sich in einer Flüssigkeit löst (I)
- Wie heisst die Gleichgewichtskonzentration des Stoffes in der Flüssigkeit? (Maximale Löslichkeitskonzentration oder so ähnlich)
- Zeichnen Sie nun den Verlauf ein, wenn an der Partikel eine hom. chem. Reaktion stattfindet

2.

- Wodurch sind nicht Newtonsche Fluide gekennzeichnet?
- Zeichnen Sie die Fließkurven von Newtonschen und nicht Newtonschen Flüssigkeiten in einem doppellogarithmischen Diagramm! (Strukturviskos, dilatant, Bingham) (II)

3.

- Wie lautet die Druckverlustgleichung bei der Filtration?
- Wie lautet die Darcy-Gleichung?
- Wie lässt sich die Proportionalität des η in der Darcy-Gleichung zum ζ in der allgemeinen Druckverlustgleichung herleiten? ζ ist umgekehrt proportional zu Re im

laminaren Bereich (Abbildung 6.7: Widerstandsgesetz für Kugelschüttungen hingezeichnet). Da Re umgekehrt proportional zu η ist, folgt daraus, dass η proportional zu ζ ist.

4.

- Wie sieht das Geschwindigkeitsprofil in einem Rieselfilm aus?
- Wie lauten die Randbedingungen?
- Vergleichen Sie den Rieselfilm mit dem Film, der in einer Füllkörper- oder Packungskolonne auftritt! Wie sähen die der Flut- und Staugrenze am Packungskolonnen-Film entsprechenden Profile im Rieselfilm aus?

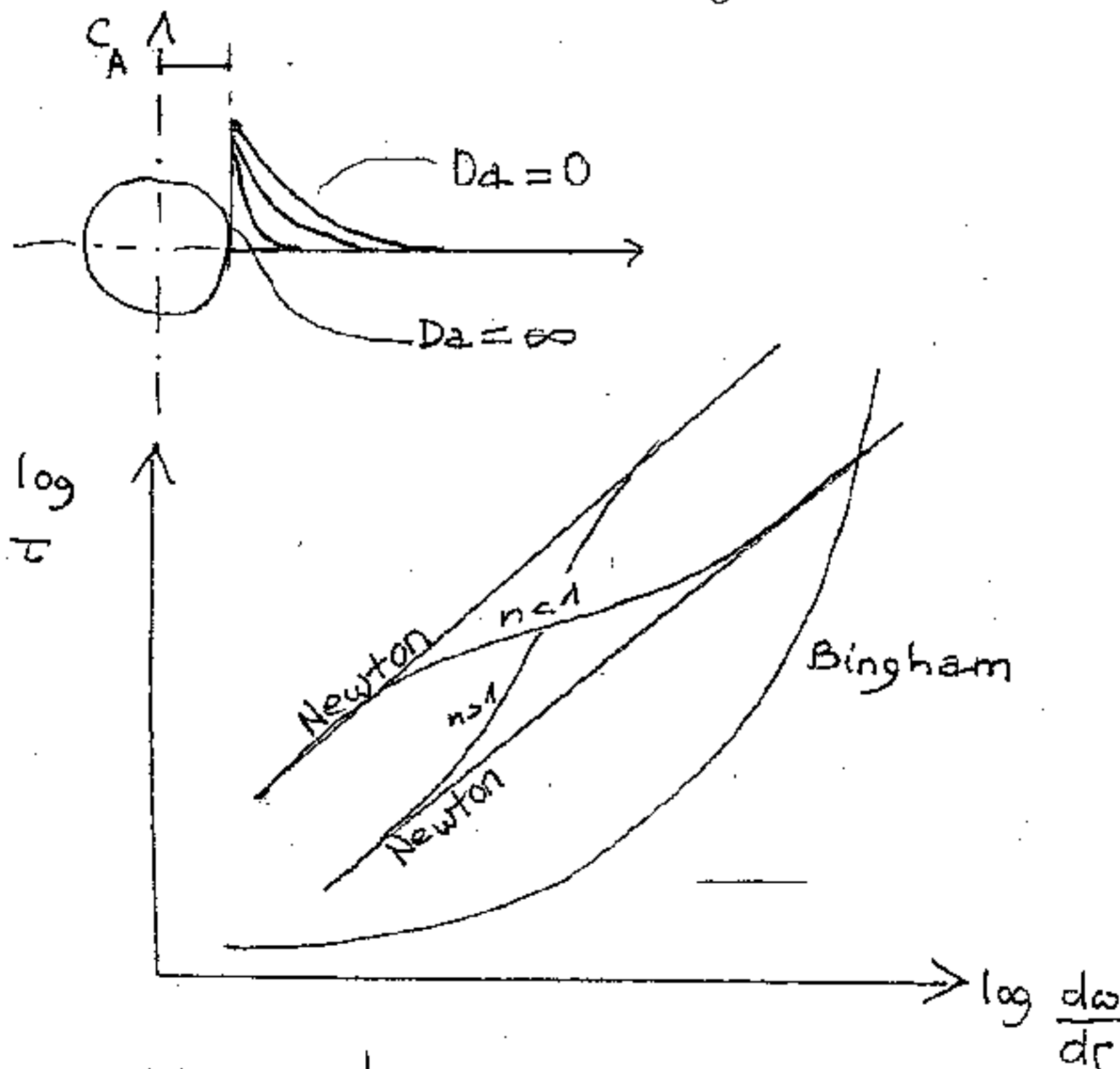
III

Fazit:

Der erste Komplex (Partikeln) dauerte insgesamt sicherlich 20 Minuten. Es ist wichtig, gleich am Anfang beim Vortrag einen guten und fundierten Eindruck zu hinterlassen. Die Fragen zu den anderen Komplexen fallen dann zwar etwas schwerer aus als bei einem vielleicht nicht so gelungenen Einstieg, aber dafür werden einem dann auch bei schwierigeren Fragen kleine Fehler verziehen. Zum Beispiel war ich von der Frage nach der doppellogarithmischen Auftragung der Fließkurven recht überrumpelt und probierte lange herum.

Man sollte zeigen, dass man in der Lage ist, sich auch Dinge herleiten zu können, die man auf Anhieb nicht sofort beantworten kann. Dabei ruhig „laut denken“ und nicht verunsichern lassen, wenn man eine Weile überlegen muss, bis man auf das richtige Ergebnis kommt! Die Prüfungsatmosphäre ist angenehm.

Viel Erfolg!



$$A_1 = A_2$$

VORTRAGSTHEMA: Heterogene chem. Reaktion an festen Partikeln

- Konz. profile an Kugeln für verschiedene Peclet & Damköhlerzahlen hingemalt und erklärt
- Kopplungsbedingung hingeschrieben: $\left(\frac{dCA}{dr}\right)_R = \frac{k_{AW} \cdot C_{AW}^n}{D_{AB}}$
- als numerische Lsg. das Sherwood über Peclet-Diagramm mit Damköhler als Schasparameter gezeichnet und die 3 Bereiche $Da \rightarrow \infty$, $Pe \rightarrow \infty$ und $Pe \rightarrow 0$ erklärt (scheinbare Verschlechterung erwähnt)

FRAGEN ZUM THEMA

- Die Kopplungsbedingung gilt aber nicht für den Fall $C_{AW} \rightarrow 0$, da ja hier trotzdem ein endlicher Gradient $\left(\frac{dCA}{dr}\right)_R$ zu sehen ist (Erzählt auf meine Skizze vom Vortrag)?

⇒ Doch, wenn $C_{AW} \rightarrow 0$, dann geht Da gegen unendlich. In Da steht k_{AW} im Zähler ($Da = \frac{k_{AW} \cdot R \cdot C_{A00}^{n-1}}{D_{AB}}$). Somit geht $C_{AW} \rightarrow 0$ und $k_{AW} \rightarrow \infty$.

Math. ergibt sich so der Grenzfalle "0 · ∞". Bei der Kopplungsbedingung ergibt dieses Grenzwert eine endliche Zahl.

- Und wenn ich aber k_{AW} konst. lasse und den Diffusionskoeffizienten so verändere, daß Da gegen unendlich geht?

⇒ Dieses steht im Nenner von Da und der Kopplungsbedingung. Es ergibt sich math. genau das gleiche.

- Was passiert für $Pe \rightarrow \infty$, wo ist mein Gradient, gilt hier die Kopplungsbedingung?

⇒ Die genaue Antwort weiß ich nicht mehr. Ich weiß auch nicht, ob es 100% ist. Zufrieden mit ihr was.

Auf jeden Fall liegt auch hier wieder ein Grenzfalle vor, da $C_{AW} \rightarrow C_{A00}$. Solange $C_{AW} \neq C_{A00}$ haben wir noch Gradienten, obwohl sie sozusagen in der Skizze sehr "klein" werden.

- Zeichnen Sie bitte in ihrem (Sh über Pe) - Diagramm die Kurven für den Fall Stofftransport ohne Reaktion ein.

⇒ Habe gesagt, daß Sh mit anders definiert ist als Sh ohne, da in beiden verschiedene Stoffübergangskoeffizienten stehen (Kraume: "Das vernachlässigen wir.")

⇒ Ausonsten entspricht die $Da \rightarrow \infty$ Kurve genau der Linie für schleichende Strömung ($Sc \rightarrow \infty$) aus dem Diagramm (Sh über Pe für feste Kugeln ohne Reaktion). Mit dieser Orientierung kann man die anderen Kurven für versch. Sc-Zahlen dann einzeichnen.

⇒ Ich habe dann noch erwähnt, daß meine Kurven ein bißchen zu steil geraten wären, worauf ich es dann die Steigungen auch wirklich von mir hören wollte. So konnte ich dem mein Standardwissen an den Mann bringen: Für $Sc \rightarrow 0$ ist $Sh \sim Pe^{\frac{1}{2}}$ und für $Sc \rightarrow \infty$ ist $Sh \sim Pe^{\frac{1}{3}}$.

THEMA: RÜHREN

□ Wie bestimmt man den Leistungseintrag beim Rühren?

⇒ Um Wissen zu demonstrieren, habe ich erstmal geantwortet: $P = \Pi \cdot \omega$

□ Und wie kann man die beiden Größen bestimmen?

⇒ ω über die Drehzahl mit einem Drehzahlmesser

⇒ Π mit einem Federkraftmesser

□ Wie soll das denn mit einem Federkraftmesser funktionieren?

⇒ Schon kam ich in die Bredouille. Dem Federkraftmesser konnte ich aus einer VT-I-Hausaufgabe. Mein endgültiger Vorschlag zur Messung des Drehmoments war ein hingewinkeltes Reibpaar auf einer (auf die Rührwelle arretierte) Scheibe ähnlich einem Plattenspielerarm, welcher die Reibkraft mißt.

□ Aber nun zurück zum Anfang: Wie können Sie den Leistungseintrag eines anzulegenden Rührers bestimmen?

⇒ $P = Ne \cdot g \cdot n^3 \cdot d^5$ mit Ne aus der Leistungscharakteristik.

□ Zeichnen Sie bitte die Leistungscharakteristik.

⇒ Nachdem ich ihm (Ne über Re) hingeworfelt hatte, wollte er wissen, wie ich denn nun zu meinem Newton komme, bis ich mitbekam, daß es nicht wußte, daß in Reynolds die Drehzahl steht: $Re = \frac{n d^2}{\nu}$

□ Sie haben gesagt, daß Ne im turbulenten Bereich bei genügend hohen Reynolds konstant wird. Warum rührt man dann nicht bei hohen Reynoldszahlen?

⇒ Das was wieder eine seiner typischen Verswirrfragen.

Zwar bleibt Ne konst. mit hohen Reynolds, aber in die Leistung geht die Drehzahl mit 3. Potenz ein. Steigere ich Reynolds habe ich höhere Drehzahl und somit hohen Leistungsbedarf. Das steigert die Energiekosten. Er antwortete darauf, daß es nicht um teuer sei, sondern auch die Umwelt dadurch leide!

□ In welchem Bereich liegt die Newtonzahl des Scheiberrührers?

⇒ So genau braucht man ihm diese Frage nicht zu beantworten! Aus einem alten Prüfungsprotokoll wußte ich, daß es das schon mal gefragt hatte. Deshalb konnte ich ihm antworten, daß Newtonzahl im turbulenten Bereich zwischen ca. 0,5 und 10 liegt. (Ich glaube diese Antwort kam gut an)

▫ Wie kommt man auf die benötigte Drehzahl?

⇒ Mischzeit - Charakteristik liefert und auf Nachfrage gesagt, daß man Drehzahl n nur iterativ bestimmen kann.

▫ Welche Größenordnung hat Mischzeitcharakteristik $n \cdot \Theta$?

⇒ Diese Frage hatte ich noch nicht in einem Protokoll gelesen, so blieb ich ihm eine Antwort schuldig.

▫ Na, schätzen Sie doch $n \cdot \Theta$ ab, z.B. für eine Kaffeemaschine, in der man Zucker auflöst?

⇒ Ich kann ~~schätzen~~ auf 20 bis 30 Sekunden Rührzeit mit 30 bis 40 Umdrehungen pro Minute. Das würde bei ihm einen Krampf in der Hand verursachen, was seine Antwort. In seinem Kaffee brauchte er nur 3 bis 5 Mal umdrehen/rühren. Ansonsten bewegt sich $n \cdot \Theta$ in der gleichen Größenordnung wie N_e .

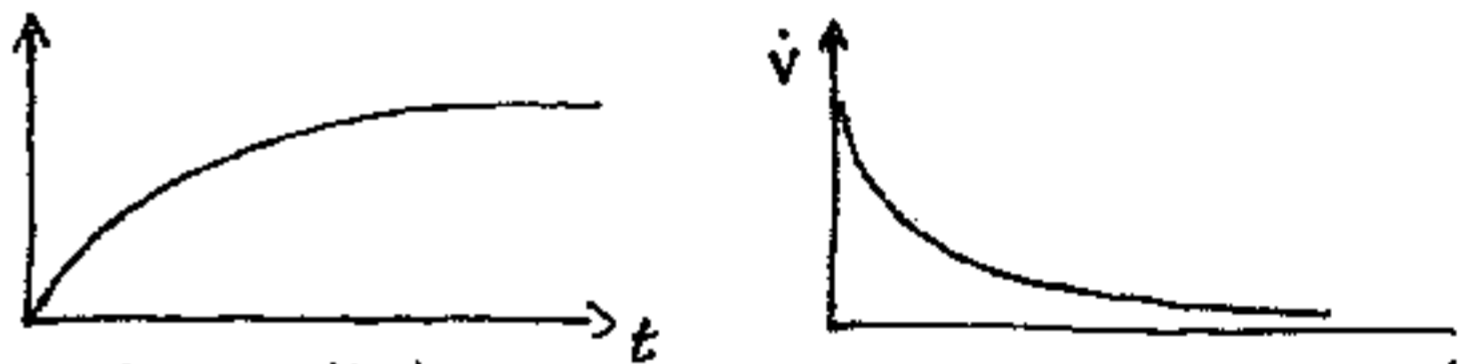
THEMA: FILTRATION

▫ Zeichnen Sie für die Kuchenfiltration die Diagramme $\langle V \text{ über } t \rangle$ und $\langle \dot{V} \text{ über } t \rangle$

⇒ Bei welcher Betriebsweise?

▫ Können Sie sich aussuchen.

⇒ Wähle $\Delta p = \text{const}$: v



⇒ Habe darauf geachtet, keinen unendlichen Gradienten bei $t=0$ für $\langle V \text{ über } t \rangle$ einzuzeichnen, und gesagt, daß $\langle V \text{ über } t \rangle$ einer Wurzelfkt. entspricht

▫ Sie sagten Wurzelfunktion, müßte \dot{V} dann nicht unendlich sein bei $t=0$?

⇒ Die Wurzelfkt. hat zwar bei $t=0$ einen unendlichen Gradienten, aber Kuchenfiltration verhält sich bei $t=0$ nicht wie Wurzelfkt., da bereits Filtermedium vorhanden. Dieses Filtermedium verursacht einen Druckverlust Δp bei $t=0$ und limitiert somit \dot{V} .

▫ Wie verhält sich Kuchenfilter über die Zeit, zeichnen Sie es ins $\langle V \text{ über } t \rangle$ -Diagramm.

⇒ Welche Größe soll ich beobachten?

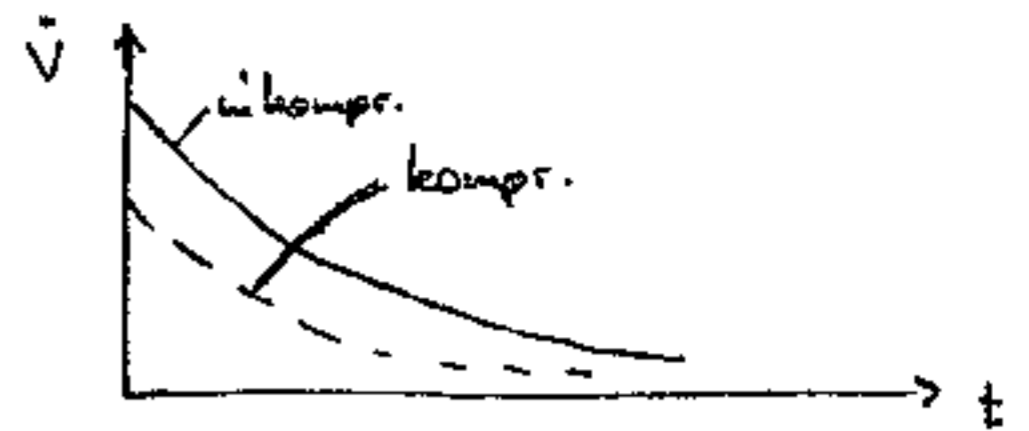
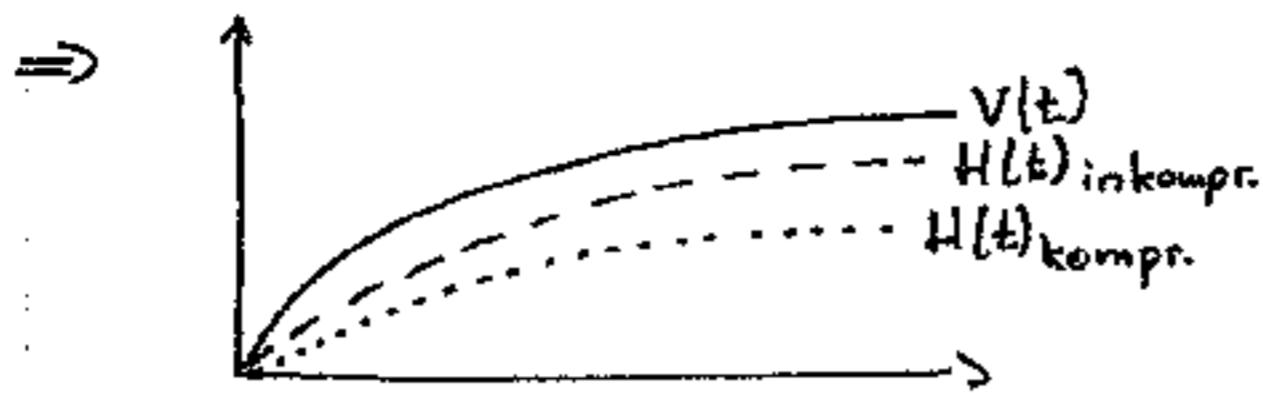
▫ Welche Sie wollen.

⇒ Wähle $H(t)$ und nehme einen konst. Querschnitt A an.

Es ex. eine direkte Proportionalität zwischen $V(t)$ & $H(t)$. muß ich begründen.



▫ Jetzt das ganze für kompr. Filterkuchen hinzeichnen.



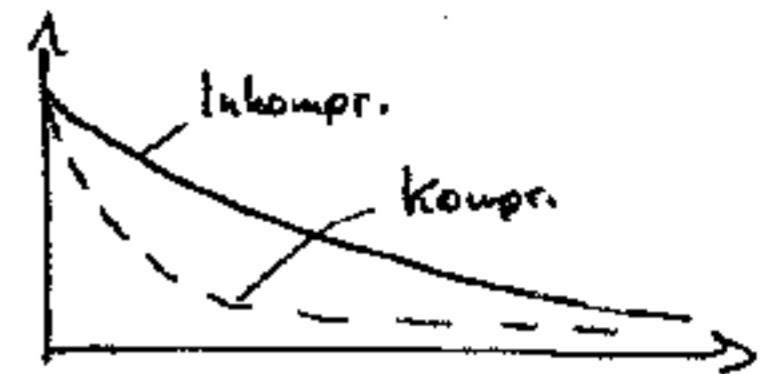
⇒ Der kompr. Volumensstrom nimmt schneller mit der Zeit ab

▫ Was ist falsch im Diagramm $\langle \dot{V} \text{ über } t \rangle$ bei $t=0$?

⇒ Diagramm verbessert:

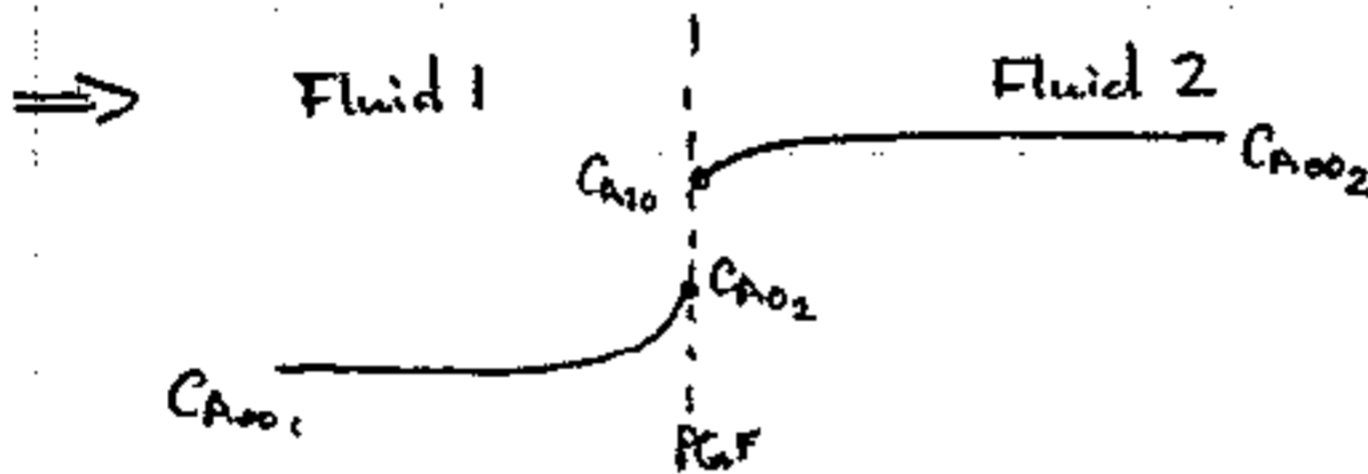
Bei $t=0$ haben wir noch keinen

Filterkuchen $\Rightarrow \dot{V}_{\text{kompr.}} = \dot{V}_{\text{inkompr.}}$



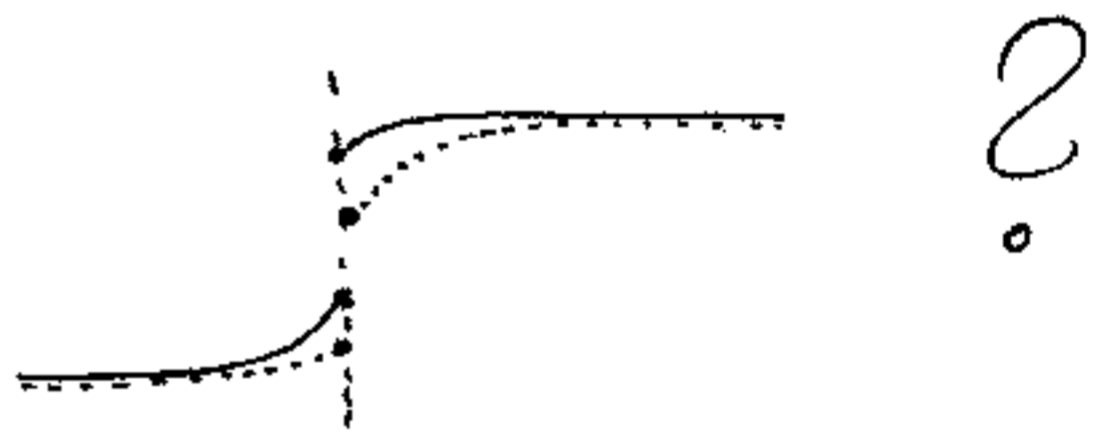
THEMA: STOFFAUSTAUSCH

▫ Zeichnen Sie Konz. Profile ~~bei~~ bei stat. ST zw. 2 fluiden Phasen.



GG an PGF z.B. durch Henry beschrieben.

▫ Wieso sieht Profil nicht so aus:
(Zeichne ... Linie ein)



⇒ Hier hatte ich Probleme, wie das Ganze stationär vorzustellen.

Auf jeden Fall ergibt sich die Differenz zw. $(C_{A00} - C_{A0})$ aus der Molstromdichte, welche für jede Phase festgelegt ist über:

$$\dot{n}_{A1} = \beta_1 (C_{A0,1} - C_{A00,1})$$

$$\dot{n}_{A2} = \beta_2 (C_{A0,2} - C_{A00,2})$$

Irgendwie kamen wiederum auf den Stoffübergangskoeffizienten:

▫ Wie berechnet man den Stoffübergangskoeffizienten?

⇒ Könnte ihm nur die Formel anbieten: $(k_f)^{-1} = \left(\frac{1}{(\beta C)_1} + \frac{H}{(\beta C)_2 P} \right)$

Durch diese Formel muß ich erst alle Beschriftungen in obiger Skizze ändern (habe ich von mir aus getan, er hat nicht nachgefragt)

⇒ Stoffstrom berechnet sich jetzt nach: $\dot{n}_A = k_f \cdot \Delta x_A$

▫ Welche Konz.-differenz ist gemeint? (Ann. $C_{A00} \hat{=} x_{A00} \hat{=} \bar{x}_A$)

④ ⇒ Es ist äquivalente Konz.-differenz gemeint: $\Delta x_A = (-\bar{x}_A + x_{A,eq})$

⇒ Ich wollte nicht wissen, was Nagel ist. Dann durfte ich rausgehen.

FAST VERGESSEN:

ALS FRAGE ZUM VORTRAG KAM NOCH:

• Wie leicht man $Sh=2$ bei festen Partikeln ohne Reaktion für $P_0 \rightarrow 0$ her?

⇒ Diese Frage hatte ich nicht so erwartet und habe nochmal nachgefragt, ob es wirklich die ganze Hulleitung haben sollte? ⇒ Er wollte. Zwar kann ich die Hulleitung, trotzdem habe ich mich ein paar mal verhaspelt:

Bilanziere um eine Hülle
dicke über Kugel

$$\dot{N}_A(r) - \dot{N}_A(r+dr) = 0$$

$$\Rightarrow \dot{N}_A(r) - (\dot{N}_A(r) - \frac{d\dot{N}_A}{dr} dr) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d\dot{N}_A}{dr} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d(-D_{AB} \cdot (4\pi r^2) \frac{dc_A}{dr})}{dr} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d(r^2 \frac{dc_A}{dr})}{dr} = 0 \Rightarrow r^2 \frac{dc_A}{dr} = \text{const} \Rightarrow dc_A = C_1 \frac{dr}{r^2}$$

$$\Rightarrow \int_{R_0}^R dc_A = \frac{C_1}{r} + C_2$$

Hier unterbrach er mich, und wollte nur noch die RBen wissen:

$$c_A|_R = c_{A0} \quad \& \quad c_A|_{\infty} = c_{A\infty}$$

- LERNZEIT:**
- 8 Wochen à 50h
 - bei VTII bereits Kontrollfragen zu über 50% das 1. Mal durchgearbeitet und das Skript parallel zur VL durchgelesen
 - gelernt nur nach Skript, Fragen in Lerngruppe oder Sprechstunden geklärt

- SPRECHSTUNDE**
- es lohnt sich nicht, jedes Mal hinzurennen, da oft die gleichen Fragen beantwortet werden
 - oft bekommt man zu einer Frage verschiedene Antworten von den Assis, das bedeutet aber nicht automatisch, dass eine Antwort falsch ist, vielmehr drückt jedes den Sachverhalt mit seinen eigenen Worten aus
 - trotzdem wird z.T. Fragen falsch beantwortet, deshalb bei Unsicherheiten zu Kraume in die Sprechstunde gehen und seine Version anhören

Lob für Joachim und Patrick für ihren Einsatz

- WARUM WURDE ES EINE 1,0?**
- ⇒ Hauptursache: Glück mit den Fragen, 80% der Fragen konnte ich bereits aus anderen Prüfungen
 - ⇒ Vortrag und Klausur sind nicht ganz so wichtig (mein Vortrag war keine Meisterleistung)
 - ⇒ seine Fragen Schritt für Schritt beantworten: „weil das gilt... folgt daraus...“; alle Einschränkungen nennen, die man bei defizienter Unangenehme Rückfragen usw.
 - ⇒ Kraume tolle gute Laune ⇒ lockere Atmosphäre (trotzdem ist der Prüfling vor mir durchgefallen)



TOM

Wp: Ich habe zwischendurch immer mal geshogen. Kraume meinte aber, dass er deswegen
zwar zwischen 1,0 und 1,3 geschwankt wäre, aber da er mir recht viele Fragen stellen konnte
und ich nicht auf Zeit gespielt hätte, wie einige meiner Kollegen (war es L.O. Amis oribus). (un
mein Vortrag nicht so häufig genommen wird, da Menschen die Protokolle. Vortrag unbedingt
erst in der Sprechst. üben.

Kraume hat während der Prüfung immer wieder getestet, ob ich mich im Lg Diagramm
auskenne. Da sollte man sich sicher bewegen können.

- a) NTU ablesen
- b) F-Faktor ablesen
- c) Mittlere Temperaturdifferenz berechnen/ Achtung nach normaler Berechnung mit F-Faktor multiplizieren (Mittl.Temp. kleiner als bei Gegenstrom)
- d) Wärmekapazitätsstrom \dot{Q} ist gegeben, Fläche berechnen:

$$\frac{k \cdot A}{\dot{Q}} = NTU$$

- e) Wieviel Fläche weniger bräuchten wir bei reinem Gegenstrom?
Flächensparnis = $1 - F$ -Faktor

2. Geben Sie den NPSH-Wert der Pumpe an!

$$NPSH = \frac{P_{soug} - P_{Dampf}}{\rho \cdot g} = \frac{P_{Behälter} + P_{Umgebung} - P_{Dampf}}{\rho \cdot g}$$

Achtung: Dies ist nicht gleich $NPSH_{erforderlich}$ oder $NPSH_{Anlage}$!!!
Bis auf einen Kandidaten haben alle an diesem Tag den $NPSH_{Anlage}$ angegeben.

Viel Glück!



Prüfung: Verfahrenstechnik I (Brander)+II (Kraume)
Prüfer: Kraume
Dauer: ca. 40 Min.
Note: 1,3

Atmosphäre: angenehm; man darf sich allerdings nicht von Kraumes Nachfragen durcheinanderbringen lassen. Er prüft dann entweder, ob man eine Sache verstanden hat und sicher beherrscht, oder er will einem die Möglichkeit geben, seinen eigenen Fehler zu erkennen und zu berichtigen.

Vortrag: Stationäre Bewegung von Einzelpartikeln
Nachfragen: Welche Bedingung gilt bei Blasen an der Phasengrenzfläche? $\tau_{fi} = \tau_{bl}$
Warum wird beim Schwarm die Sinkgeschwindigkeit kleiner?

Röhre:

Diagramm Sh über z^* zeichnen (arithmetisch und logarithmisch):
Woher weiß die Sh-Zahl, welchen Abzweig sie nehmen soll? Warum verläuft Sh_{in} für z^* gegen ∞ waagerecht und Sh_{ar} nicht? Liegt irgendwie an der Definition. Kraume möchte eine physikalische Begründung hören. Man sollte ihm nicht sofort mit L'Hopital kommen, das reicht ihm nicht, wenn er es nicht sogar als "Unsinn" abtut. Da ich auch nichts Genaues sagen konnte, mußte ich die Konzentrationsprofile über der Rohrlänge zeichnen ($C_{A0} = 0$, $C_{AW} = \text{const}$, also Stoff von Rohr an Fluid). Ich habe viel spekuliert. Was davon nun richtig oder entscheidend war, habe ich in der Prüfung auch nicht mitbekommen.

Füllkörperkolonnen:

Diagramm Druckverlust über Gasbelastung zeichnen:
Welche Steigung haben die Kurven? Im unteren Bereich wie Festbett: 2. Stau- und Flutgrenze erklären. Wie verschiebt sich die Staugrenze für höhere Flüssigkeitsbelastungen? Zu kleineren Gasbelastungen, erklären, dazu Diagramm Flüssigkeitskennzahl über Gasbelastung zeichnen.
Wo würden Sie eine Kolonne betreiben? Staubereich wegen Austausch, aber nur, wenn dort der Abstand zur Flutgrenze noch groß genug ist, sonst noch darunter. Warum ausreichend Abstand zur Flutgrenze? Wegen Schwankungen. Woher Schwankungen? Z. B. durch Pumpe, die in der Kolonne einen bestimmten Betriebsdruck aufrecht erhält.

Rührer:

Wozu Rühren? Z. B. zum Dispergieren von Gas. (Man sollte sich vorher überlegen, welches Beispiel man hier anführt, weil er dort weiter nachfragt.) Wie wird das Gas dispergiert? Durch das entstehende Scherfeld. Verbessert eine höhere Leistung die Dispersion? Ja, weil die Scherkräfte größer werden.

Leistungsdiagramm (Ne über Re) zeichnen, Definition von Ne und Re , Abhängigkeit der Leistung N von der Drehzahl n für laminaren und turbulenten Bereich, aus Leistungsdiagramm herleiten können, also Steigungen wissen.

Diagramm Umfangsgeschwindigkeit über Radius zeichnen:

Kann der Gradient an der Gefäßwand Null sein? Ja. Wie sieht das Diagramm für ein reibungsfrei gelagertes Rührgefäß aus?

Prüfungsprotokoll
Verfahrenstechnik 04.05.95, 9.00 h - 9.45 h

Prüfer: Prof. Kraume, Beisitzerin: Janine Bohlmann

Stoff: VT I von Bräuer/Brander
VT II von Kraume

Atmosphäre: angenehm (Kraume behauptet, morgens besser gelaunt zu sein als abends).

Vortrag: Instationärer Stofftransport an fluiden Partikeln.
(Diagramme für den Widerstand in der dispersen und kontinuierlichen Phase)

I. Nachfragen zu Vortrag:

- Warum ist eine Blase mit beweglicher Phasengrenzfläche für den Stoffübergang besser geeignet?

Ich habe behauptet, das liege am Gradienten, ähnlich wie auch die Konvektion den Stoffübergang verbessert. Kraume war damit nicht recht zufrieden. Also habe ich das Stromlinienprofil um eine Blase aufgezeichnet und dann das Geschwindigkeitsprofil an der Blase. Mit den Stromlinien in der Blase war er wieder nicht zufrieden und wollte den Verlauf der Geschwindigkeit in der Blase wissen (siehe links).

- Welche Randbedingungen gelten an der Phasengrenzfläche?

Für die Überlegungen haben wir auch mal kurz den Riesel-film herangezogen. $w = 0$,
 $\tau = 0$.

II. Rohre

Da wir schon bei τ waren, kam er gleich auf nicht-Newtonsche (n-N) Fluide.

- Welche Arten von n-N-Fluiden gibt es?

Eine ganze Menge. Die wichtigsten sind strukturviskose /pseudoplastische und dilatante.

- Wie muß ich mir ein strukturviskoses Fluid vorstellen?

Stellen Sie sich vor, ich wäre ein Laie.

Strukturviskose Fluide haben sehr langkettige Moleküle, die sich miteinander verhaken. Sie sind daher sehr schlecht zum Fließen zu bringen, mit steigender Geschwindigkeit nimmt ihre Viskosität jedoch ab. Theoretische und reale Fließkurve aufgemalt.

- Sie sagen, das Fließverhalten wird durch den Ostwald-de-Waele-Ansatz beschrieben. Ist dieses k denn eine Konstante?

(Eine seiner geliebten Fangfragen, mit der er mich auch prompt aufs Glatteis führte.) Natürlich ist k eine Konstante, ich aber fing an zu überlegen, weil k bzw. Ostwald-de-Waele ja nur in einem mittleren Bereich gilt. Außerdem hatten wir in der VL immer nur n diskutiert. Schließlich kam ich dann drauf.

III. Rühren

- Wozu rührt man eigentlich?

Man hat ein zweiphasiges System und will dieses vermischen.

- Was können Sie mir denn für ein Beispiel für eine Emulsion nennen, warum will ich denn da homogenisieren?

Da er kurz vor meiner Prüfung noch Milch für seinen Kaffee gesucht hatte, fiel mir als erstes Milch ein. Er wollte aber lieber ein biotechnisches System mit Bakterien in wässriger Phase und einer ölartigen Nahrung für die Bakterien. Ich habe also erklärt, daß man eine möglichst große spezifische Phasengrenzfläche erreichen will, um die Nahrung verfügbar zu machen. Er meinte dann, es hänge auch noch mit der Diffusion zusammen, ging dann aber nicht weiter darauf ein.

- Wie hängt der Leistungseintrag beim Rühren von der Drehzahl ab?

Unterscheiden, ob man Trombe hat oder nicht. Ohne Trombe ist $Ne \sim 1/Re$, diese Beziehung kann man auflösen und bekommt dann heraus, daß $Ne \sim n^2$ ist. Leistungsdiagramm hingemalt, erklärt, warum Leistung bei Entstehen einer Trombe fällt, kurz haben wir dann noch die Ga-Zahl gestreift.

IV. Wirbelschichten

- Zeichnen Sie doch bitte mal das Druckverlustrdiagramm für eine Wirbelschicht.

Ich war noch nicht fertig damit, da wollte er wissen, warum es vor dem Lockerungspunkt einen Druckverlust gibt.

Ich meinte, das Gas habe beim Durchströmen Arbeit zu leisten, da der Weg durch die Partikel z. T. versperrt ist. Kraume war unzufrieden.

- Wie verhält es sich denn mit den Geschwindigkeiten vor und hinter der Wirbelschicht?

Ich meinte, die Moleküle wären hinter der Schicht wegen des Energieverlustes langsamer. Tatsächlich sind sie schneller. Ich sollte dann den Druckverlust bestimmen und führte die Kräftebilanz an einer schwebenden Partikel an, $P = F/A$, $F_a = F_g = F_w \Rightarrow P = F_g/A$. Dann war ich mir aber über A nicht schlüssig. Wir kamen dann gerade noch bis zum Lückengrad, dann war die Zeit um.

Kraume und Bohlmann haben sich dann unheimlich lange beraten, bevor sie mir eine 1,3 gaben. Er sagte, es habe ihm gut gefallen, daß ich versucht habe, mir Antworten herzuleiten, daß zeige, daß ich den Stoff verstanden habe, und er habe bewußt schwere Fragen gestellt (Er weiß wohl, daß ich mich für Frankreich beworben habe).

WICHTIG! Er sieht auf seinem Zettel, ob man an der UE/HAUSAufgaben teilgenommen hat oder nicht und fragt dann auch durchaus ~~aus~~ mal nach Übungsstoff. Wichtig ist, keine Schwächen zu zeigen, auch wenn man mal was nicht weiß, dann lieber laut überlegen. Wenn er eine Lücke findet, stochert er gnadenlos darin herum und die Fragen werden immer schwerer.

PRÜFUNGSprotokoll:

Fach: Verfahrenstechnik I und II

Prüfer: Kraume

Datum: 4.5.95

Anzahl der Prüflinge: 1

Prüfungsnote: 1,3

Dauer: 40 min

1) Vortrag: Füllkörperkolonnen

Druckverlustdiagramm: Steigt oder sinkt die Gasbelastung mit zunehmender Flüssigkeitsbelastung an der Staugrenze (Vergleich mit Flüssigkeitsinhaltsdiagramm)? Welche Steigung hat der Bereich bis zur Staugrenze?

Absorptionsdiagramm: Verlauf der Gleichgewichtskurve und der Bilanzkurve. Gibt es Achsenabschnitte? Herleiten aus der Stoffbilanz.

2) Platten, heterogene chemische Reaktion

Konzentrationsprofile für verschiedene Da-Werte, dann für eine größere Pe-Zahl. Ändert sich die Konzentration an der Platte? Herleiten aus der Kopplungsbedingung.

Sh-Diagramm über Pe mit Da als Parameter. Kurvenverlauf erklären (konstante Bereiche). Wie sieht eine Kurve für eine noch kleinere Da-Zahl aus? Diagramm ist logarithmisch, deshalb kann man auch eine Kurve unter die y-Achse zeichnen.

3) Rühren

Primär- und Sekundärströmung, Ursachen,

Geschwindigkeitsprofil. Kann der Gradient an der Wand auch Null sein? Würde sich ein reibungsfrei gelagertes Gefäß mitrühren? Wenn man nur Primärströmung hätte, hätte man da

auch eine Vermischung? Ja, Diffusion

4) Partikeln

Pneumatischer Transport: Warum kann man Partikeln transportieren, die schwerer sind als der Gasstrom? Turbulente Strömung, Konzentrationsunterschied im Rohr

Partikelschwarm: Wie ist die Schwarmsinkgeschwindigkeit im Vergleich mit der einer Einzelpartikel? Warum ist das so,

Geschwindigkeitsprofil zwischen zwei Partikeln, wenn viele bzw. wenige Partikeln im Schwarm sind. Diagramm w_{ss}/w_s über für große und kleine Partikeln. Ist das Diagramm arithmetisch oder logarithmisch?



Prüfungsprotokoll VT I+II

Prüfer: Prof. Kraume
Beisitzer: Dr. Janin Bohlmann
Note: 3,3
Prüfungsdauer: 55 Minuten
Datum: 7.6.1995

Prüfungsatmosphäre: Unangenehme Prüfungsatmosphäre
Kraume's Fragen sind oft nicht eindeutig bzw. Fangfragen reißen sich aneinander
Janin hat viel geholfen (dickes Lob)

Man hält einen Vortrag über ein frei gewähltes Thema aus dem Vorlesungsstoff und muß danach auf schwierigere Fragen zu diesem Gebiet als bei den 3 anderen Gebieten, die aus dem Stapel der übrig gebliebenen gezogen werden, antworten.

1. Vortrag - Bodenkolonnen

Als ich Kraume sagte, ich würde meinen Vortrag über Bodenkolonnen halten, antwortete er nur: „Na, das ist ja ein seltenes Thema. Die Studenten haben ja sehr viel Kreativität.“ Ich hatte direkt im Gefühl, als würde ich ihn mit diesem Vortrag nerven. Aber nun los.
(Vortragsdauer 5 Minuten, sonst bricht Kraume bei zuviel Überschreitung ab)
Nach dem Vortrag meinte Kraume: „Gut“.

#Dann fragte er, ob der Flüssigkeitsstand im Schacht nicht gleich sein müßte mit dem der Zweiphasenschicht auf dem Boden?

- Meine Antwort war, daß der Stand in der Regel im Schacht höher sei, da der Dampfdruck in der Kolonne von Boden zu Boden nach oben hin abnehme und wir außerdem einen Druckverlust pro Boden haben. Natürlich müßte man auch miteinberechnen, ob im Schacht eine Zweiphasenschicht sei (andere Dichte).

* Er meinte, daß die Höhe immer der Höhe der Zweiphasenschicht entspreche. !!! Prof. Gelbe und Prof. Arlt definieren das anders. Am besten vor der Prüfung beim Assistenten nochmal nachfragen, wie Kraume es denn gerne hätte.

Ist der Flüssigkeitsstand auf dem Boden leicht schräg?

- Dies hängt von der Bodenart ab. Auf einem Siebboden wird der Stand eher waagrecht sein, während hingegen bei Glockenböden ein Aufstauereffekt zu bemerken ist und aus diesem Grund der Fl.-stand auf dem Boden nicht ganz ausgeglichen ist.

* Lieber einen ausgeglichenen Stand einzeichnen, vermeidet Rückfragen.

#Was können Sie mir über die Höhe der Zweiphasenschicht auf jedem Boden sagen?

- Wehrhöhe i.d.R. 20mm und erfahrungsgemäß eine Wehrüberhöhung von 5mm

* Nach der Prüfung wurde mir klar, daß er mit dieser Frage auf die Herleitung des Punktverstärkungsverhältnisses hinaus wollte. Siehe Skript.

Krause

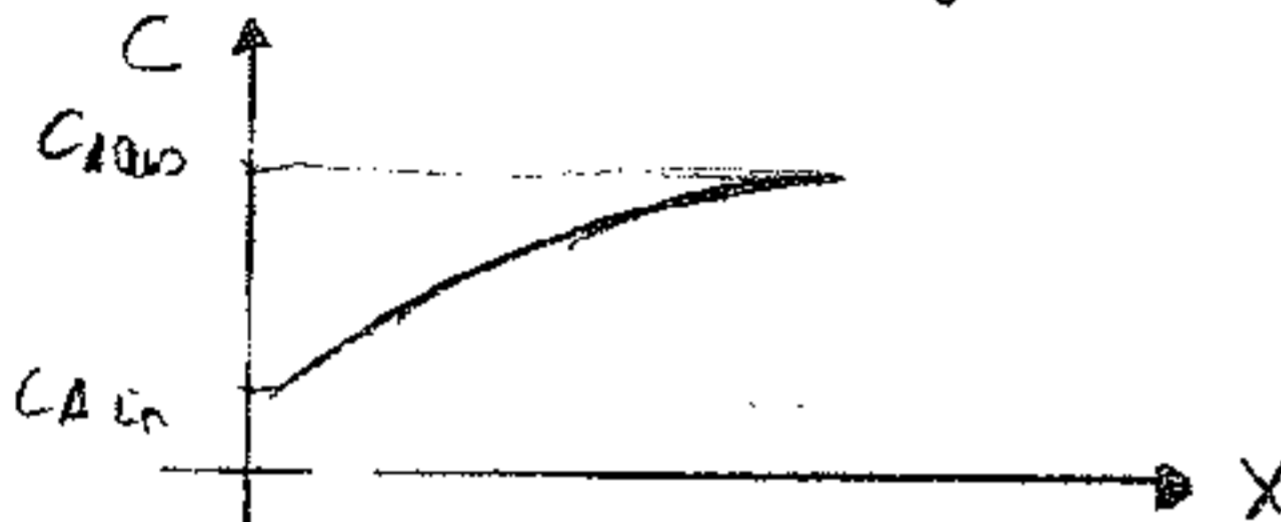
1. Vortragsthema: Stofftransport in Rieselfilmen

Bilanz aufgestellt, Bedingungen erklärt, Stoffströme erklärt, Gleichungen für n_x und n_y ,
Ergebnis: DGL

Lösungsmöglichkeiten: a) geringe Eindringtiefe, RB, Ergebnis: $Sh \propto Pe^{0.5}$
b) Transport in den gesamten Film, RB, Ergebnis: $Sh = 3,41$

Ergebnis im Diagramm Sh über L^* dargestellt

- ⇒ Warum in Y-Richtung nur Diffusion?
 - kein Stefan-Strom, geringe Löslichkeit
- ⇒ Warum in X-Richtung nur Konvektion?
 - Vernachlässigt
- ⇒ Wenn Diffusion in x, in welche Richtung?
- ⇒ Diagramm Konzentration über Lauflänge



- ⇒ In welche Richtung also Diffusion?
 - nach oben!
- ⇒ Was ist der Maximalwert auf Konzentrationsachse?
 - Gleichgewichtskonzentration c_{A0}
- ⇒ Lösungsweg b), gilt der wirklich nur für lange Lauflängen?
 - Nein, für lange Lauflängen können die ersten Terme weggelassen werden, sind vernachlässigbar. es wird ein ähnlicher Verlauf wie a) bei kurzen Lauflängen erhalten!
- ⇒ Die aufgestellte DGL- kann man die nicht einfach so lösen?
 - mit a) kann man sie einfach so lösen, da w nicht Funktion von Y , da geringe Eindringtiefen, b) kompliziert, numerisch lösbar
- ⇒ Was passiert, wenn ich jetzt die Wand beheize? Temp- Verlauf zeichnen (lam. und turb.), warum bildet sich überhaupt Profil aus?
 - Abb. 10.5, Queraustausch
- ⇒ Was ist der Unterschied lam. - turb.?
- ⇒ Was für eine Temperatur stellt sich am Ende der Lauflänge ein?
 - bei Voraussetzung, daß über Gas keine Wärme abgeführt wird, waagerechten Verlauf!
- ⇒ Was passiert, wenn Wärme abgeführt wird?
 - es wird sich ein Profil ausbilden
- ⇒ Wie kann man den Verlauf des Profils bestimmen?
 - Bilanz! Wärmeleitung (Formel hinschreiben) gleich Änderung auf der Gasseite...
- ⇒ Wie bestimme ich die Änderung der Gasseite?
 - über Enthalpie... Enthalpiebilanz
- ⇒ Was bedeutet „ausgebildetes Temp.-Profil“?
 - Temp.-änderung erreicht PGF



Prüfer: Prof. Kraume

Datum: 9.8.96

Dauer: 45 Minuten

Prüfungsinhalt: Verfahrenstechnik I - Skriptum Sommersemester 1996

Note: 1,0

1. Transportprozesse bei der Rohrströmung

Vortrag:

- Stoffübertragung bei der laminaren Rohrströmung
 - Randbedingungen
 - Konzentrationsprofile über der Lauflänge (Abb. 3.8)
 - numerische Lösung, graphische Darstellung anhand mittlerer Sh-Zahl über Einlaufkennzahl L^* (Abb. 3.11)
 - Grenzkurven: fluiddynamisch ausgebildete Strömung mit Konzentrationsanlauf und reibungsfreie Strömung ($Sc\text{-Zahl} = 0$)
 - Einfluß der Sc -Zahl
- Stoffübertragung mit heterogener chemischer Reaktion bei der laminaren Rohrströmung
 - andere Randbedingung: jetzt keine feste Wandkonzentration mehr, sondern Diffusionsstromdichte muß an der Wand Reaktionsstromdichte entsprechen
 - numerische Lösung, graphische Darstellung anhand bezogener Konzentration über bezogenem Radius (Abb. 3.13)
 - Einfluß der Da -Zahl: mit steigender Damköhlerzahl sinkt Wandkonzentration und steigt Wandkonzentrationsgradient
 - Einfluß der Lauflänge: mit steigender Lauflänge sinkt Wandkonzentration und sinkt Wandkonzentrationsgradient

Fragen zum Vortrag:

- Sie haben gerade gesagt, daß bei steigender Damköhlerzahl die Wandkonzentrationen absinken. Nach der Kopplungsbedingung müßte doch dann eigentlich die Reaktionsstromdichte auch kleiner werden und damit die Wandkonzentrationen sinken?

⇒ Kopplungsbedingung an der Rohrwand: Reaktionsstromdichte = Diffusionsstromdichte

$$-D_{AB} \cdot \frac{\partial c_A}{\partial r} \Big|_{r=R} = k_W \cdot c_{AW}^n$$

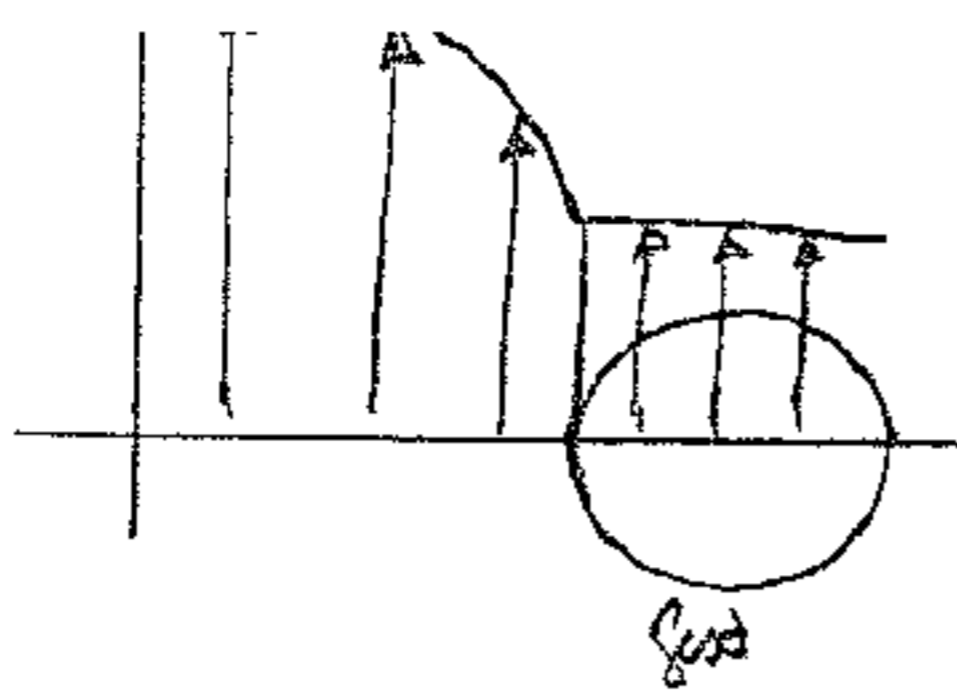
Durch die heftigere Konzentration an der Rohrwand sinkt die Wandkonzentration zwar ab, gleichzeitig liegt jedoch eine sehr viel größere Reaktionskonstante vor, so daß die Reaktionsstromdichte insgesamt steigt und somit auch der Wandkonzentrationsgradient entsprechend der Kopplungsbedingung größer sein muß.

- Bei der Stoffübertragung ohne chemische Reaktion haben sie dargestellt, daß der örtlich übergehende Massenstrom für unendlich große Lauflängen zu null wird. Gleichzeitig nimmt im Diagramm die Sh-Zahl aber eine konstante Zahl an. Wie kann denn dieser Zusammenhang erklärt werden?

⇒ Das liegt an der Definition des mittleren Stoffübergangskoeffizienten β , den die Sh-Zahl ja repräsentiert.

$$\dot{M}_A = \beta \cdot A \cdot \Delta \rho_{A,in}$$

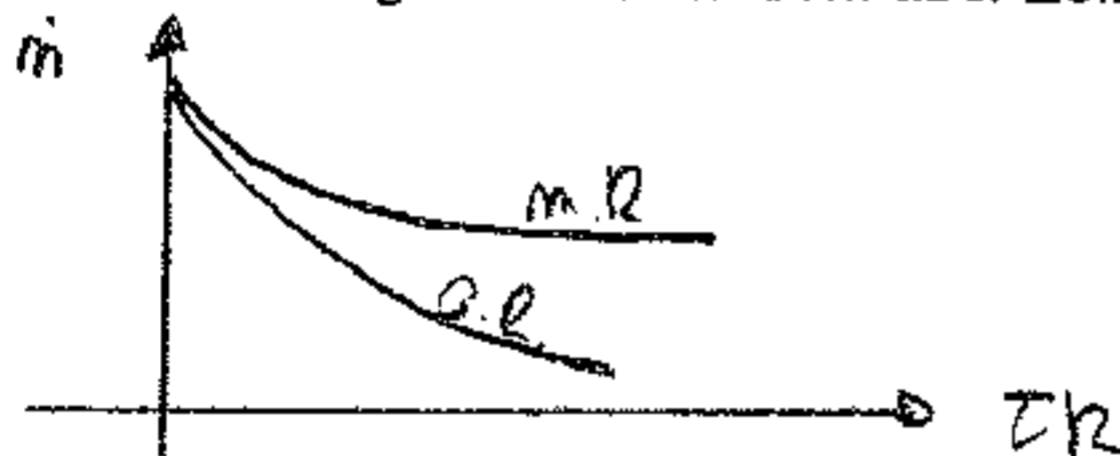
Für unendlich große Lauflängen nimmt der insgesamt übergehende Massenstrom einen konstanten Wert an (es kann nur so viel Stoff übertragen werden, bis sich wieder eine Kolbenkonzentrations-



- ⇒ Nun bei festem Partikel noch höhere Anströmgeschwindigkeit
- also Partikel nicht mehr in Ruhe, auch Geschwindigkeit, aufgezeichnet
- ⇒ Und nun die relativen Geschwindigkeiten?
- ...so wie erste Zeichnung!
- ⇒ Und bei der Gasblase?
- ich habe das Wort (Gas-)blase fallen lassen..., also wenn es kein fluides Partikel ist, im Prinzip genauso!
- ⇒ Unterschied Relativgeschw.-Absolutgeschw. bei Blase?
- im Prinzip wollte er darauf hinaus, das doch so gut wie immer die Blase von sich aus aufsteigt- d.h. die Richtung der Anströmgesch. beim „in- Schweben- halten“ muß beachtet werden etc.

Nach längerer Besprechung wg. Uneinigkeit hinsichtlich der Zensur gings in die zweite Runde! Konnte mir die 1,3 erkämpfen...

- ⇒ Was ist die Penetrationstheorie?
- erläutern, instationär!
- ⇒ Wie würde sich eine Reaktion auswirken, auch in der beschreibenden DGL?
- Aufrechterhalten des Konz.-Gradienten, in DGL Wandlungstherm
- ⇒ Zeichnen der Konz.-grad. im Verlauf der Kontaktzeit
- ⇒ Zeichnen eines Diagramms Stoffstrom über Zeit, mit und ohne Reaktion



- ⇒ Wirkt sich Reaktion schon gleich am Anfang aus?
- ⇒ Wird mit Reaktion konst. Endwert erreicht (längere Kontaktzeit)?
- nach langem überlege: ja! In Abhängigkeit von der Reaktionsgeschwindigkeit wird sich ein konst. Endwert einstellen!

Das war dann wohl die 1,3- hat dann aber auch wirklich gereicht! Ich kann auch bestätigen, daß die Atmosphäre sehr angenehm ist, soweit man bei einer Prüfung von angenehm sprechen kann. Beisitzer war Joachim, der auch an einigen Stellen netterweise H. Kraume gebremst hat! Man muß nicht alles gleich wissen, er mag es, darüber zu spechen und wenn man auch ruhig mal die Gedanken ausspricht und laut überlegt!

2. Feststoffschüttungen

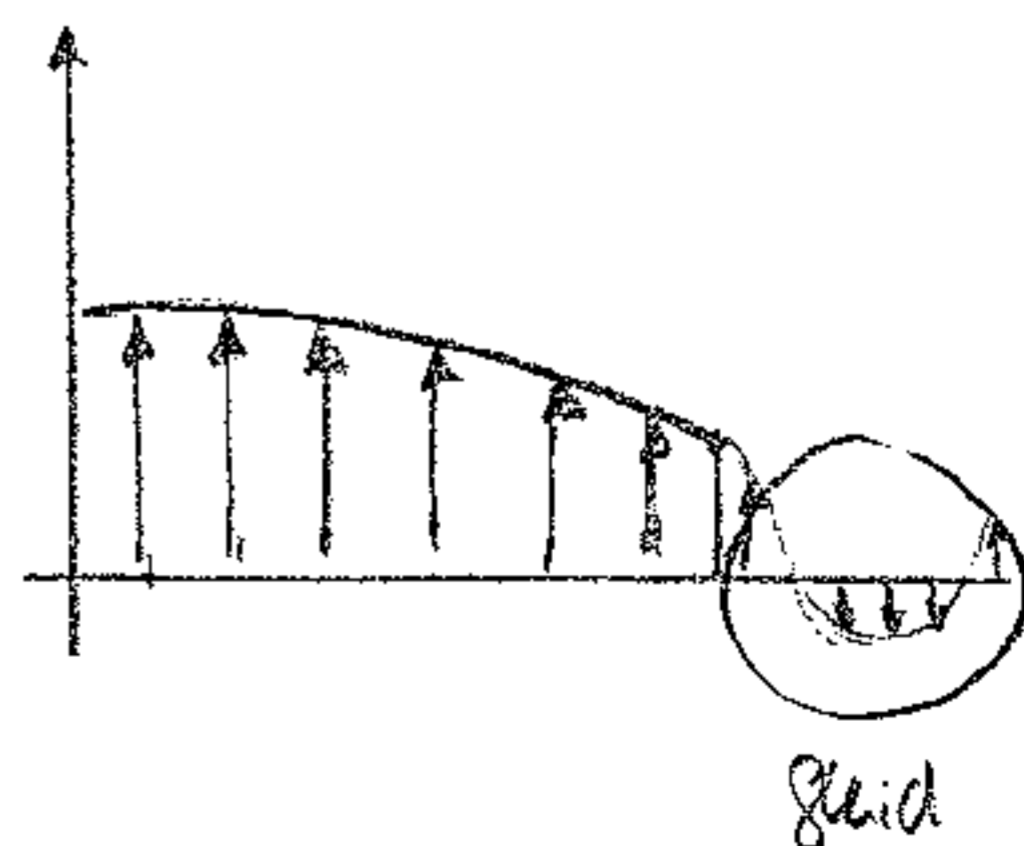
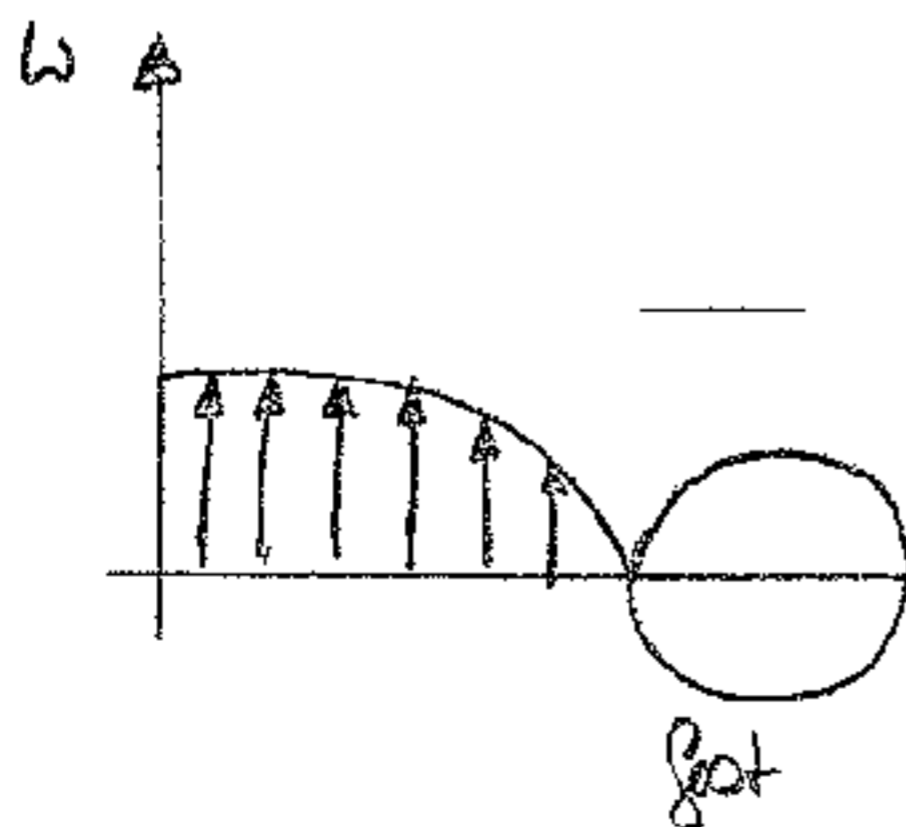
- ⇒ Wie kann man Druckverlust bestimmen?
 - Analogie Rohre mit hydr. Durchmesser und Leerrohrgeschwindigkeit
- ⇒ Gleichung Druckverlust, Hydr. Durchmesser, Leerrohrgeschw., einzelne Größen erklären (anschaulich machen)
- ⇒ Wie hängen d_h und d_p zusammen?
 - über Lückengrad, Herleitung im Skript
- ⇒ Wie komme ich an Widerstandsbeiwert?
 - Diagramm Widerst. über Re , einzelne Bereiche erklären, also: Druckverlust lässt sich dann mit Stoffspez. Größen berechnen!

3. Rühren

- ⇒ Strömungsformen beim Rühren
 - Primär, Sekundärströmungen und deren Zustandekommen
- ⇒ Formel Zentrifugalkraft, wirkt die überall?
- ⇒ Tangentialgeschw. bei einem best. Radius über der Höhe aufzeichnen, diskutieren über den Verlauf
- ⇒ Wo sammeln sich Teeblätter nach Rühren in der Tasse und warum? Trotz Zentrifugalkraft, wie geht denn das?

4. Partikeln

- ⇒ Wie bestimme ich Sinkgeschwindigkeit einer Partikel?
 - Kräftebilanz, einzelne Kräfte erklären, nach w auflösen
- ⇒ Welche Fläche bei Widerstandsbeiwert?
 - Anströmfläche
- ⇒ Woher Widerstandsbeiwert?
 - Diagramm, Bereiche erklären
- ⇒ Und bei Fluiden Partikeln?
 - Verlauf eingezeichnet, bewegliche PGF, daher zuerst kleinerer Wdst.-Bw. dann Sprung (... Sprünge gibt's nicht in der Natur!) - dann steiler Anstieg bis zum konst. Wert
- ⇒ Warum starker Anstieg?
 - Blase oder Tropfen verliert Kugelform
- ⇒ Aber Anströmfläche wird doch berücksichtigt?
 - nur näherungsweise, da Flächenberechnung mit dem Durchmesser einer volumengleichen Kugel
- ⇒ Malen der Geschwindigkeitsfelder feste Partikel, fluide Partikel, Randbedingungen
 - habe noch betont, das ich die absoluten Geschw. eingezeichnet habe, Partikel in Schweben...



profil eingestellt hat mit der Konzentration $\rho_{A,W}$, die Stoffübertragungsfläche geht gegen unendlich und die logarithmische Konzentrationsdifferenz geht gegen null. Wenn man jetzt eine iterative Grenzwertbetrachtung durchführt, kann der Wert $Sh = 3,66$ ermittelt werden.

2. Transportprozesse bei der Strömung an ebenen Platten

- Malen sie mal die Geschwindigkeits- und Konzentrationsprofile bei niedrigen und hohen Partialdrücken für den Fall der Absorption und der Desorption auf und erklären Sie die physikalisch auftretenden Phänomene!

⇒ Abb. 4.16 hingemalt (dazu hat er mir sogar bunte Holzfarbstifte angeboten)

Bei hohen Partialdrücken hängt nicht nur das Konzentrations- vom Geschwindigkeitsfeld ab, sondern durch den auftretenden konvektiven Stefanstrom in y -Richtung auch umgekehrt das Geschwindigkeits- vom Konzentrationsfeld.

Absorption:

- Stefanstrom zur Platte hin
- Profile werden zur Wand hingedrückt
- kleinere Grenzschichtdicken
- steilere Wandgeschwindigkeitsgradienten, bessere Konvektion in Strömungsrichtung in Wandnähe, größere Widerstandskraft
- steilere Wandkonzentrationsgradienten, besserer diffusiver Stoffübergang

Desorption:

- Stefanstrom von Platte weg
- Profile werden von Wand weggedrückt
- größere Grenzschichtdicken
- flachere Wandgeschwindigkeitsgradienten, schlechtere Konvektion in Strömungsrichtung in Wandnähe, kleinere Widerstandskraft
- flachere Wandkonzentrationsgradienten, schlechterer diffusiver Stoffübergang

- Auf den Stoffübergang möchte ich noch etwas genauer eingehen, stellen Sie mir den doch mal anhand der mittleren Sh -Zahl dar!

⇒ Bezogene Sh -Zahl (Sh_{eins} durch Sh_{aqui}) über Partialdruckfunktion $|A_p|$ hingemalt (Abb. 4.18). Partialdruckfunktion A_p erklärt über Grenzbetrachtung und Verlauf der bezogenen Sh -Zahl mit veränderten Konzentrationsgradienten gedeutet.

- Im Fall der Desorption ist die bezogene Sh -Zahl ja kleiner als 1. Kann ich dann sagen, daß im Fall hoher Partialdrücke weniger Stoff übertragen wird als beim Fall mit niedrigen Partialdrücken?

⇒ Nein, durch den entstehenden konvektiven Verdrängungsstrom in y -Richtung wird Stoffübertragung sowohl bei Absorption als auch bei Desorption verbessert, da dessen Wirkung wesentlich stärker ist als die bei der Desorption verschlechterte Diffusion.

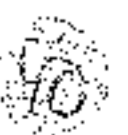
Den Abfall der mittleren Sh -Zahl ist dadurch zu erklären, daß der mittlere Stoffübergangskoeffizient nur den durch Konvektion in x -Richtung verursachten Stoffübergang erfaßt, nicht aber den Konvektionsstrom in y -Richtung. Dies hat er so nicht akzeptiert und meinte, β sei ein integraler Stoffübergangskoeffizient und würde alle Einflüsse erfassen. Da er sich aber jetzt selber unsicher wurde, warum β dann trotz verbessertem Stoffübergang sinkt, verzichtete er darauf, weiterzufragen.

3. Grundlagen

- Erklären Sie den Vorgang der einseitigen Diffusion anhand eines Beispiels. Skizzieren Sie dabei auch gleich noch den zugehörigen Konzentrationsverlauf!

⇒ Habe ich anhand des Beispiels Wasserglas (Abb. 1.3) gemacht und alles sehr ausführlich dargestellt.

- Kann denn der Partialdruckgradient an der Phasengrenzfläche beim Fall der Desorption null sein?



⇒ Nein, denn sonst würde ja kein Stoff übergehen.

- Wie hängen denn die Konzentrationsgradienten von Komponente A und Komponente B zusammen?

⇒ Habe ich über die Inkompressibilität des Mediums hergeleitet:

$$p_{\text{ges}} = p_A + p_B = \text{const.}$$

Ableiten nach y :

$$\frac{\partial p_{\text{ges}}}{\partial y} = 0 = \frac{\partial p_A}{\partial y} + \frac{\partial p_B}{\partial y}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\partial p_A}{\partial y} = -\frac{\partial p_B}{\partial y}$$

- Das bedeutet doch aber, daß ein Partialdruckgradient für die Komponente B direkt an der Phasengrenzfläche existiert und deshalb auch B in die Phasengrenzfläche hineindiffundieren muß, oder?

⇒ Nein, denn der konvektive Verdrängungsstrom existiert auch schon direkt über der Phasengrenzfläche und gleicht deshalb auch dort den Diffusionsterm aus.

⇒ Ich habe dann Kraumes Eigenschaft ausgenutzt, daß er einen etwas erzählen läßt, wenn mensch einfach erzählt. So habe ich dann dargestellt, daß der Massenstrom der Komponente A im stationären Fall über die Höhe konstant sein muß. Mit

$$M_{Am}^{\text{eins}}(y) = -\frac{D_{AB}}{T \cdot R} \cdot \frac{p}{p - p_A} \frac{\partial p_A}{\partial y} \cdot \bar{M}_A$$

habe ich erklärt, daß auch die Verdrängungsgeschwindigkeit

$$w_{v,y} = -\frac{D_{AB}}{p - p_A} \frac{\partial p_A}{\partial y}$$

über die Höhe konstant sein muß.

4. Festbettschüttungen und Filtration

- Stellen Sie mal die Filterkurven für verschiedene Betriebsweisen bei der Kuchenfiltration dar!

⇒ 1. für konstante Druckdifferenz erhält man aus der Filtergleichung nach Integration:

$$V_f(t) \cong \sqrt{t} \quad (\text{Abb. 7.9}).$$

2. für konstanten Volumenstrom erhält man aus der Filtergleichung nach Umstellung:

$$V_f(t) \cong t \quad (\text{Abb. 7.10}).$$

$$\Delta p \cong t$$

3. Sowohl Volumenstrom (Förderstrom) als auch Differenzdruck (Förderhöhe) ändern sich geregelt oder ungeregelt im Laufe der Zeit, z.B. Verschiebung des Betriebspunkts im Kennfeld einer Kreiselpumpe längs der Kennlinie für eine konstante Pumpendrehzahl (Abb. 7.11)

- Wenn Sie gerade schon die Kennlinie einer Kreiselpumpe erwähnt haben, was ist denn das genau und wie hängt sie mit der Filtergleichung der Kuchenfiltration zusammen? ———

⇒ Die Pumpenkennlinie für eine konstante Drehzahl kennzeichnet den Zusammenhang zwischen dem von der Pumpe aufgebauten Differenzdruck (Förderhöhe) und dem geförderten Volumenstrom (Förderstrom) in Abhängigkeit vom Durchströmungswiderstand. Bei der Kuchenfiltration steigt der Durchströmungswiderstand entsprechend der Filtergleichung zeitlich durch die steigende Kuchenhöhe an und der Betriebspunkt verschiebt sich in Richtung steigender Förderhöhe und sinkendem Förderstrom. Bei höheren Drehzahlen verschiebt sich die ganze Kennlinie nach oben, bei kleineren nach unten.

PRÜFUNGSprotokoll

FACH: Verfahrenstechnik
PRÜFER/IN: Herr Kraume
DATUM: 23.5.03
ANZAHL DER PRÜFLINGE: 1
PRÜFUNGSNOTE: 1,0
PRÜFUNGSDAUER: 50 min
Bitte ankreuzen: Vordiplom

Diplom

Atmosphäre und Bemerkungen: sehr sachlich, aber nicht unfreundlich
es waren noch 2 Studis dabei, die sich die Prüfung anhören wollten
und der Besucher war auch sehr nett.

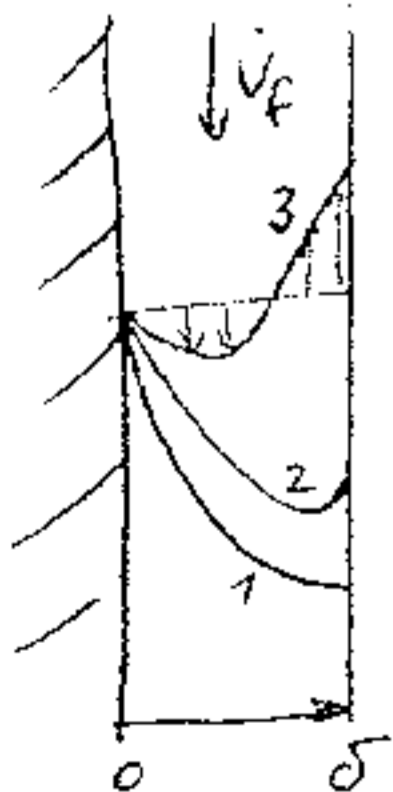
Themen und Prüfungsfragen:

- 1) Fluidynamik von Füllkörperkolonnen (Vortrag)
(FKK)
- 2) Grundlagen
- 3) Trocknung & Filtration
- 4) Blasensäule

Vortrag:

Erläuterung der Vorgänge innerhalb einer FKK; wie kommt es
zum Staupunkt / Flutpunkt?

Analogie zur 2-phasigen Rohrströmung (s. Brauer)



Flüssig-
keitsfilm

Gasströmung
im Gegenstrom

$$v_{g1} < v_{g2} < v_{g3}$$

$$v_f = \text{const.}$$

↑ v_g

1) $\tau(\delta) = 0$, aufgrund der geringen Gasgeschwindigkeit beeinflussen sich die beiden Phasen nicht. Die Flüssigkeit kann ungehindert abfließen.

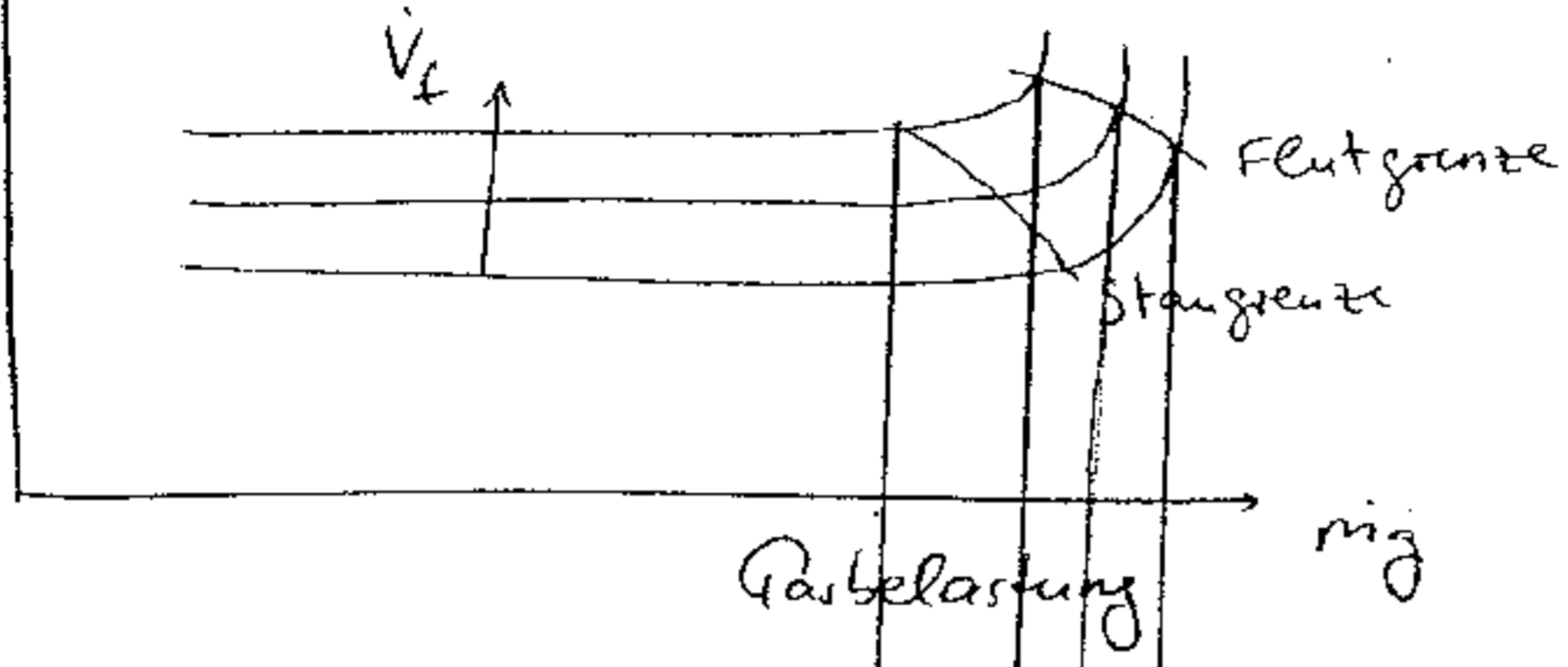
2) Gasgeschwindigkeit steigt soweit, daß Flüssigkeit an Oberfläche abgebremst wird (Achtung: keine Nullableitung bei δ !) \Rightarrow Teil der FK wird aufgestaut (dadurch muss auch Filmdicke steigen, in Skizze vernachlässigt).

3) Sobald mehr FK nach oben zurückgedrängt wird als nach unten abfließen kann, wird die FKK geflutet.

Darstellung dieser Verhältnisse anhand von Diagrammen

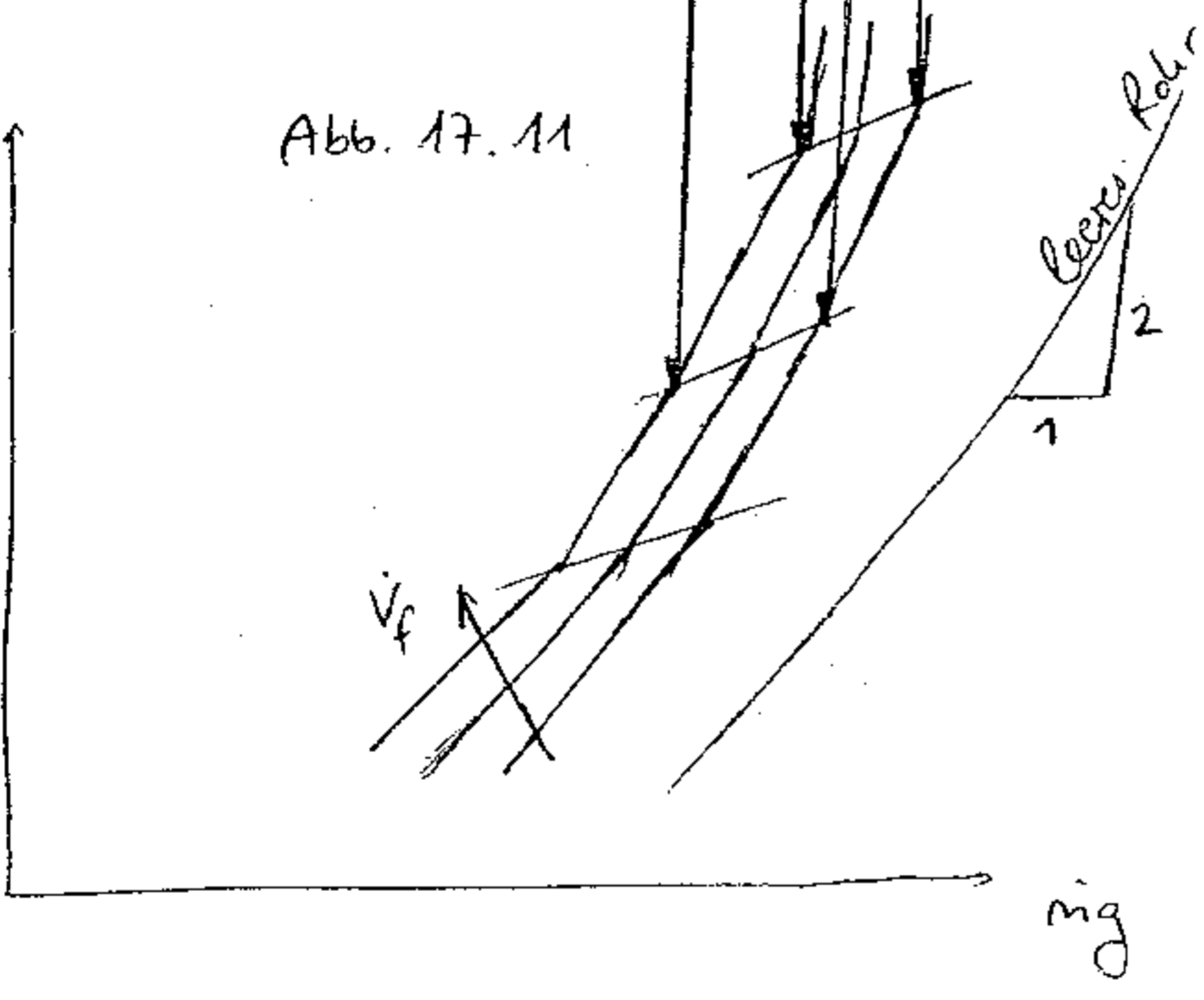
1.) $\frac{v_f}{v_s}$
Flüssigkeitszahl

Abb. 17.7



2.) $\frac{\Delta p}{h}$

Abb. 17.11



als Analogie

$$\frac{\Delta p}{h} = f \cdot \frac{\rho}{2} \frac{w^2}{g} \cdot \frac{1}{d_h}$$

(um noch eine Formel reinzubringen; Robert meinte, dass das gut ist)

Steigung für Leeres Rohr im turbulenten Bereich 2

$$\Delta p \sim w^2$$

mit Erklärung der Diagramme;

Nachfragen:

- Was stellt die Fläche unter dem w -Profil dar?
- V_f

- Was muss oben bei Staupunkt passieren?
- da $V_f = \text{const.}$ und w teilweise abgebremsert wird muss ρ steigen.

- Wann wird geflutet?

Flächengleichheit - man kann Problem als geometrisch lösen betrachten. (sonst müsste wohl innere Fläche größer sein, da es ja darum geht, dass sich die Volumenstrom aufheben)

Das muss bei FFK ausgegabt werden?

→ Höhe & Durchmesser

Wie kommt es dazu? für Höhe: Stabilität (Kap. 17.3)

aus welchen Anteilen besteht Höhe? $H = H_{og} \cdot N_{og}$

Höhe eines Transfers

(durch Gär d. Stoff- durchgangs bestimmt)

(durch Temperatur - Phasenübergangskoeffizienten - festgelegt)

Stabilitätsfläche A_{su} wobei weiß ist, dass $A_{su} = V \cdot \rho$ ist?

→ gleichm. Veränderung. keine Entmischung

Wie wird berechnet?

Skizze für Berechnungseinrichtung hingerechnet

Belastungsgrenzen?

war nicht so sicher, wie es genau funktioniert...

in Ende wie Duseen; Grenzen sind, dass die FK nicht nur aus

unelastischen Löchern besteht sondern gleichmäßig alles bepresst und nach

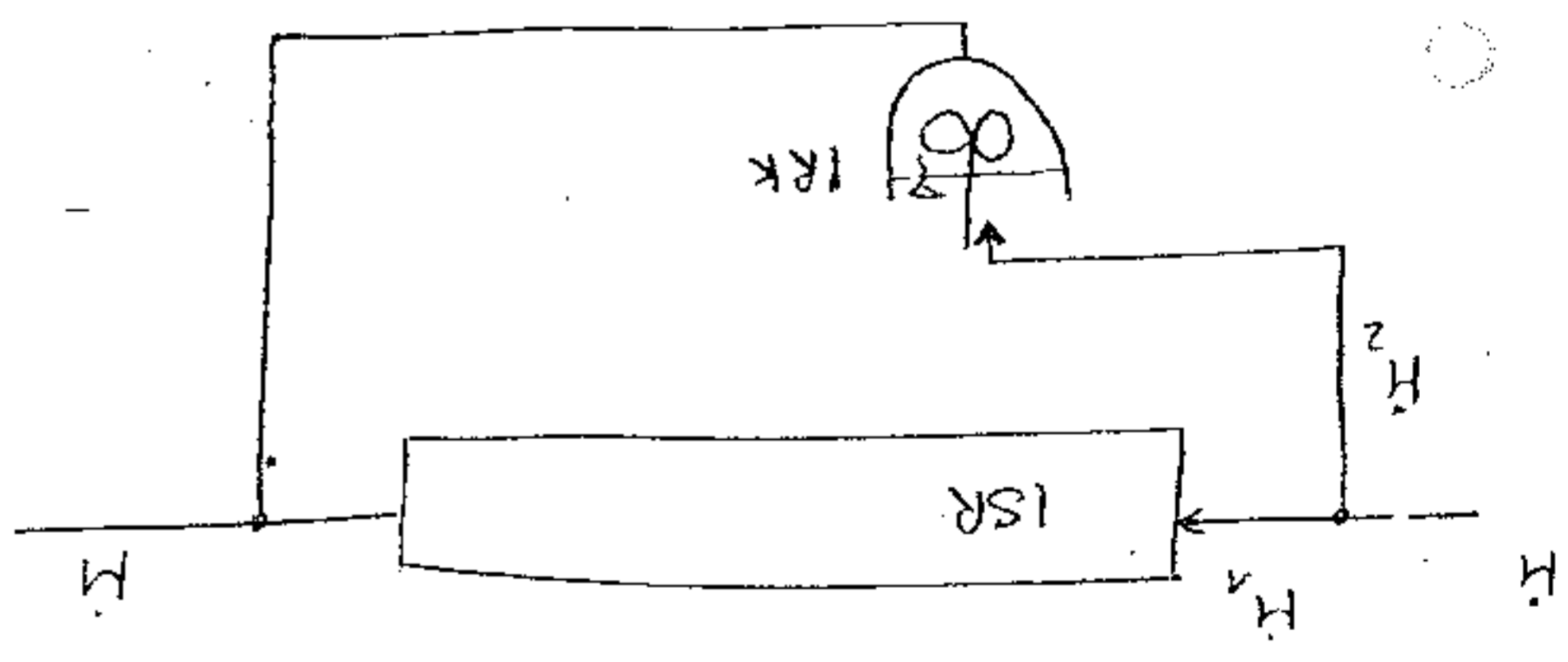
- + Belastungskennfeld
- d. FKK mit Berücksichtigung d. Arbeitsbereichs d. Berechnungsapparatur (Abb. 17.14a)

105

sein, dass die FK nicht über den Kopf der Be-
 zahlungseinrichtung (über Schlopp) (dann wäre die Verteilung
 für auch nicht mehr gleichmäßig).

Grundlagen - Bilanz

$$M = M_1 + M_2 = 2f$$



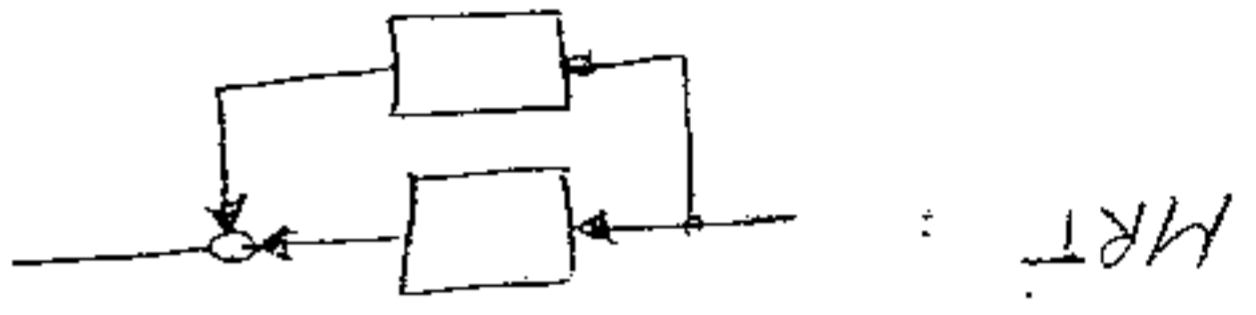
Wie sieht Sprunganforderung aus?

Das war mir zunächst gar nicht klar, also habe ich probiert, die
 Bilanz aufzustellen... hat nicht so geklappt

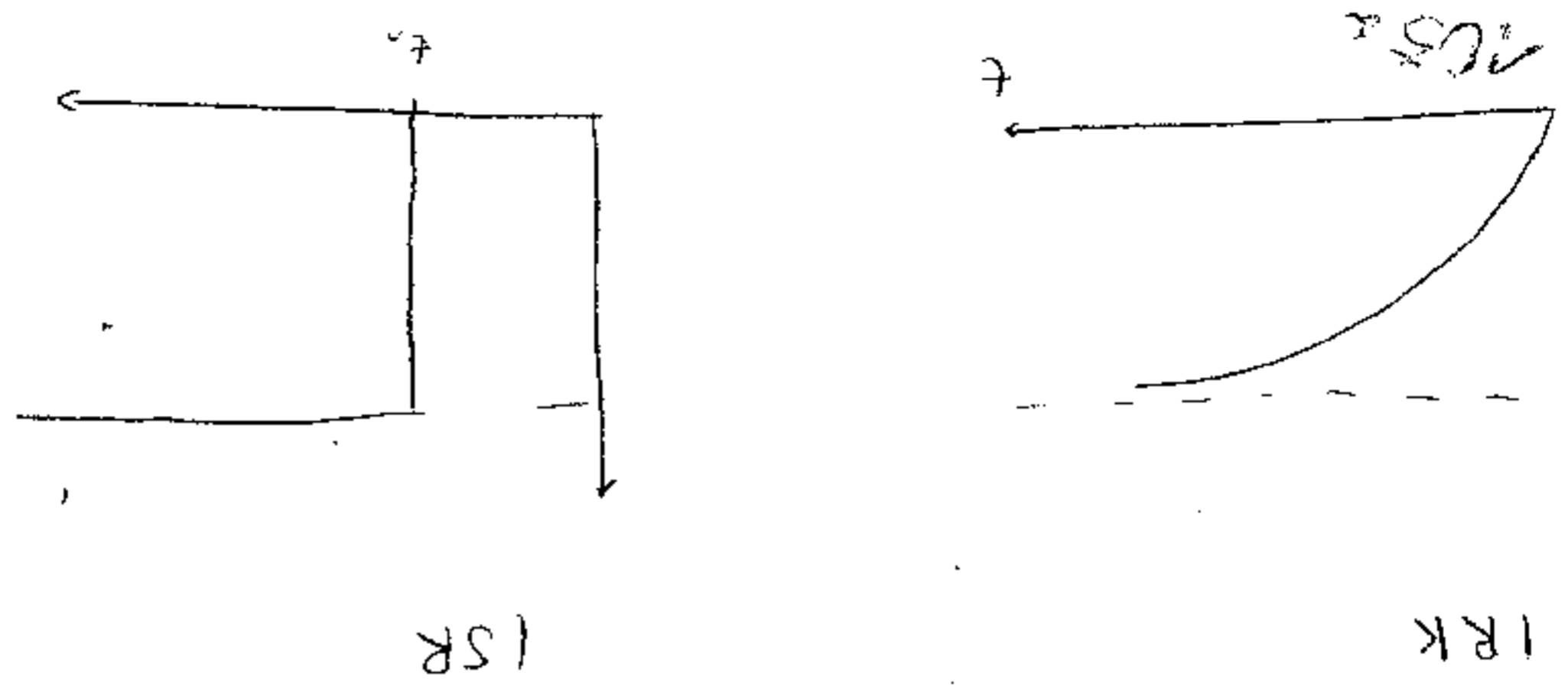
knackige Frage: Wo ist die Bilanzgrenze?

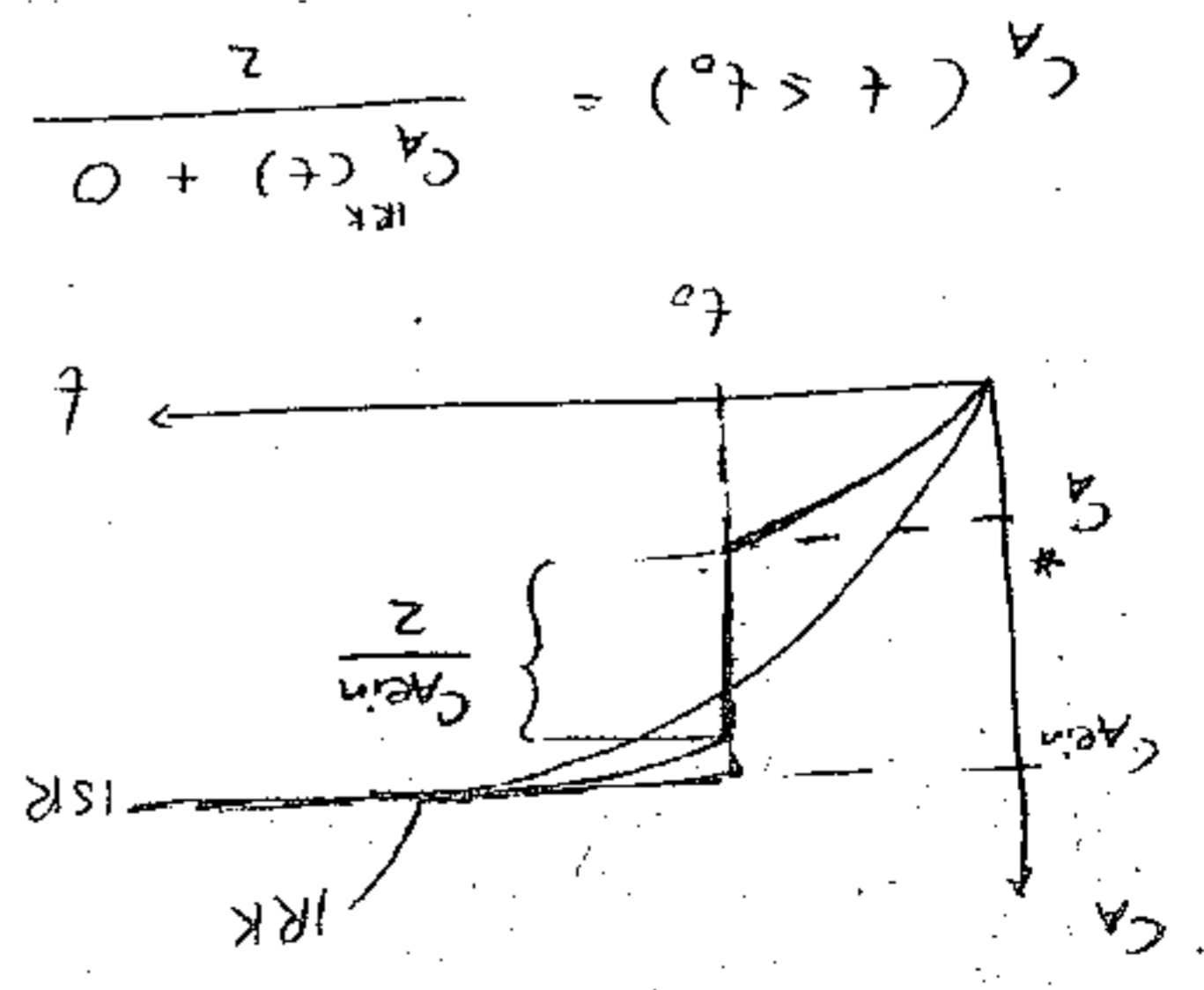
→ beide Apparat müssen getrennt bilanziert werden, um
 die jeweiligen Charakteristika zu berücksichtigen.

→ Sprunganforderung addieren sich



Ersatzschaltbild





$$C_A(t \leq t_0) = \frac{C_A^in(t) + 0}{2}$$

Höhe des Sprungs bei t_0 :

$$C_A(t=t_0) = \frac{C_A^in(t=t_0) + C_A(t=t_0)}{2}$$

$$C_A^* = C_A + \frac{C_A^in}{2}$$

Mit einiger Hilfe seiner -
 Seite und hat etwas länger
 benötigt... "eigentlich" ganz
 einfach

IRK (Bilanz)

$$\frac{dN_A}{dt} = V(C_A^in - C_A(t))$$

$$\frac{dC_A}{dt} = \frac{V}{V_R}(C_A^in - C_A(t))$$

⇒ Trennung der Variablen:

$$\frac{dC_A}{C_A^in - C_A(t)} = \frac{V}{V_R} dt$$

$$\ln(C_A^in - C_A(t)) = \frac{V}{V_R} t + C_1$$

AB: $C_A(t=0) = 0$

$$-\ln(C_A^in) = 0 + C_1$$

$$V - \ln(C_A^in - C_A(t)) = \frac{V}{V_R} t + \ln(C_A^in)$$

$$C_A^in - C_A(t) = e^{-\frac{V}{V_R} t} \ln(C_A^in)$$

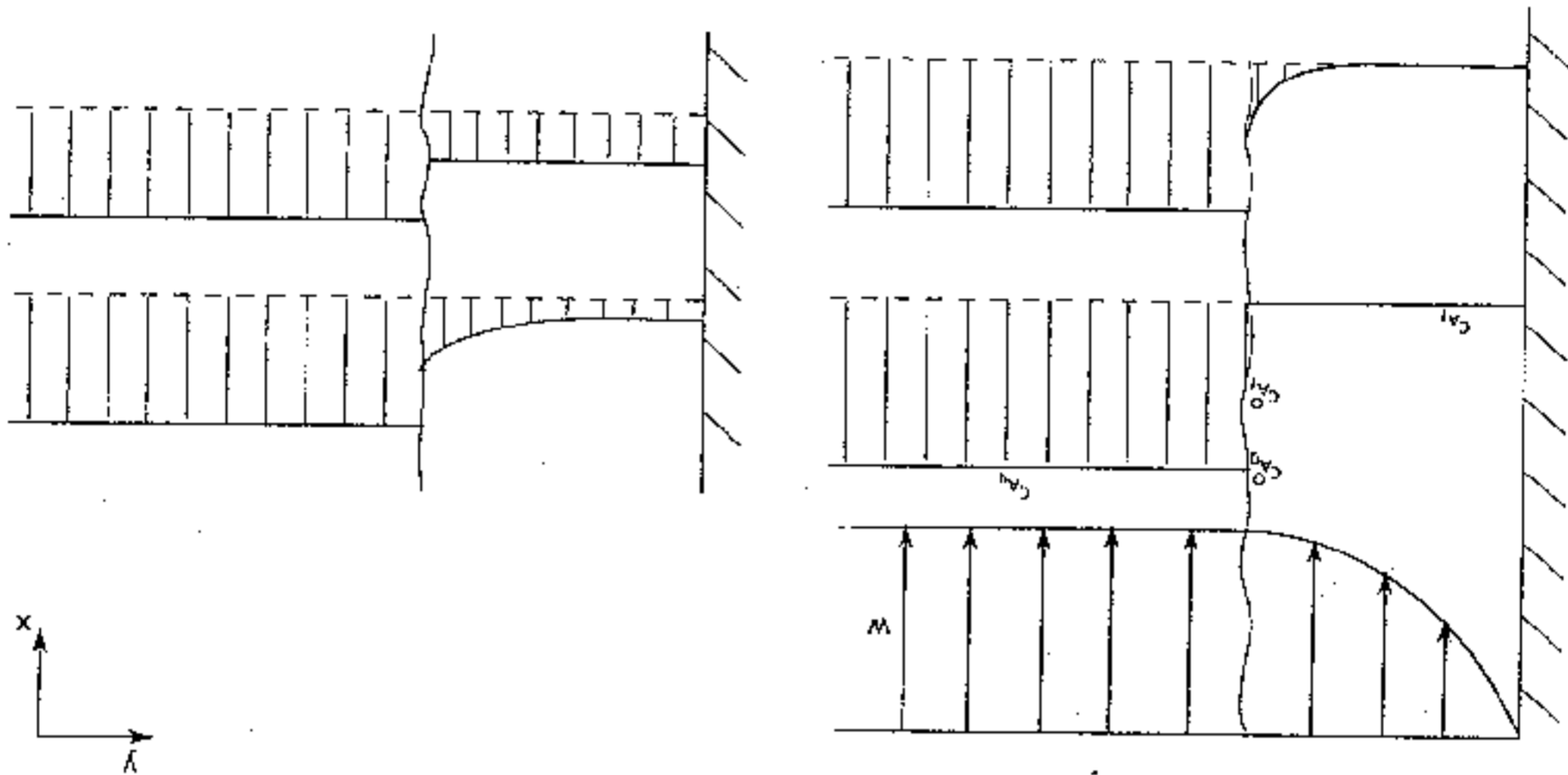
$$C_A(t) = C_A^in (1 - e^{-\frac{V}{V_R} t})$$

Prüfungsprotokoll Verfahrenstechnik

Datum: 23.05.2008
Zeitraum: 08:30 - 09:30
Note: 1,3
Beisitzer: Friedenmann

I Vortrag: Rieselfilme

Geschwindigkeitsprofil des laminaren Rieselfilms in Flüssig- und Gasphase aufgezichnet.

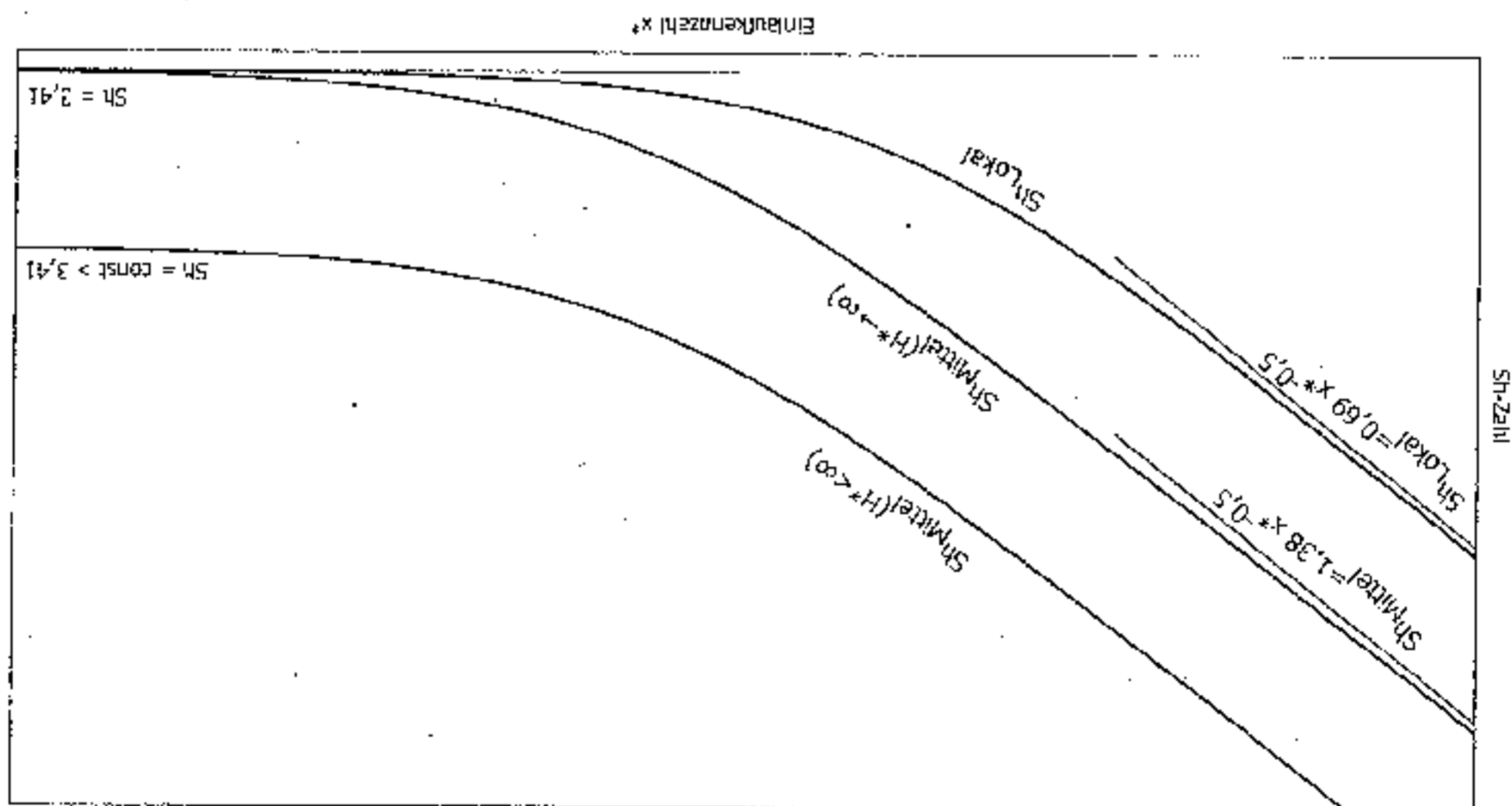


DGL für Stofftransport mit Randbedingungen und Annahmen für geringe und große Eindringtiefe:

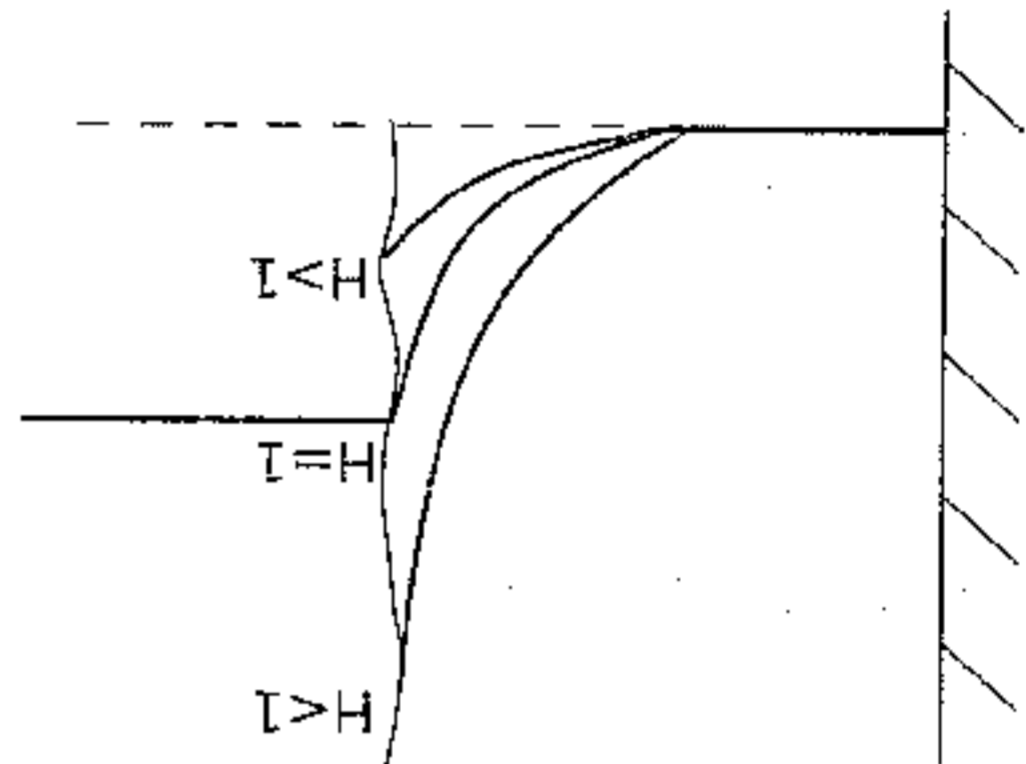
$$w \cdot \frac{\partial c_A}{\partial x} = D_{AB} \cdot \frac{\partial^2 c_A}{\partial y^2}$$

Damach Konzentrationsverläufe über verschiedene Lauffängen unter das w-Profil eingezeichnet. Diese entsprechen nicht ganz denen im Skript, weil ich angenommen habe, dass zu Beginn nur eine geringe Eindringtiefe und anschließend Stofftransport bis an die Wand stattfindet.

Sh-Diagramm für die lokale und mittlere Sh-Zahl über die dimensionslose Laufänge x^* . Der gemittelte Verlauf liegt immer über dem lokalen aber endet auch im Wert 3,41.



Dann habe ich den Einfluss der Henry-Zahl an einer Skizze erklärt. Was passiert, wenn diese kleiner oder größer 1 ist, also gute und schlechte Löslichkeit der Komponente in der Flüssigphase. Dadurch hat man bei einer ähnlichen Eindringtiefe unterschiedliche Gradienten, was bei $H < 1$ einen besseren Stofftransport und dadurch ein größeres β und einen höheren Sh-Verlauf bewirkt. In diesen Fällen liegen auch die Endwerte höher als 3,41. Den Vortrag hab ich



eigentlich genau so im Brauer gefunden. Kraume meinte noch, dass er das nicht so oft hört, was ihm wohl auch gefallen hat. Es war nichts kompliziertes aber mit Grundlagen und übersichtlich. Habe den Vortrag auch bis zum Erbrechen geübt. Es ist wichtig, dass ihr den gut rüber bringt und den ganzen Stoff strukturiert in die 5 Minuten zwingt. Es ist auch wichtig, groß zu zeichnen. Ich hab's mit Buntstiften geübt, weil ihr solche in der Prüfung bekommt. Das laute vortragen und gleichzeitig die Skizzen malen ist auch nicht so einfach. Vor allem so groß wie möglich zeichnen. Ein normales Diagramm auf eine halbe DIN A4-Seite. Also üben, üben, üben!!!

Nachfragen

- Warum dürfen Diffusion in und Konvektion quer zur Stromungsrichtung vernachlässigt werden?
 → Geringe Löslichkeit der Komponente in der Flüssigkeit und vernachlässigbarer c-Gradient in Stromungsrichtung!
- Warum rechnet man mit geringer Eindringtiefe und warum wird dadurch die DGL einfacher?
 → Die Geschwindigkeit in der DGL ist nicht mehr abhängig von y und ist gleich der maximalen Geschwindigkeit.

- Wie ist die Henryzahl definiert?

$$H^* = \frac{c_{0A}^g}{c_{0A}^l}$$

- Wie kommt man vom Henrygesetz auf die Henryzahl?
 → Hier hab ich denn $y_A \cdot p = H \cdot x_A$ in H^* umgerechnet. War schon etwas knifflig bei der Auflegung. Dann sollte ich noch die Konzentration von Wasser ausrechnen. Es ging Kräume darinn, ob ich nur das Zeug weiß, oder ob ich auch "mit den Werkzeugen umgehen kann und noch in der Lage bin zu rechnen. Übt das auf jeden Fall. Dann löcherte er mich noch, warum die Verläufe bei kleineren Henryzahlen denn andere konstante Endwerte haben und so weiter. Da wusste ich irgendwann nicht mehr weiter und hab nur noch rumgestammelt bis er gesagt hat, dass er es auch nicht weiß und das auch gar nicht nötig sei, da die Lösung von Brauer auch nicht unbedingt immer anwendbar ist. Für Sehr große H-Zahlen ist es ein guter Ansatz und man hat ja den schlechtesten Stoffübergang. Also worst-case für eine erste Betrachtung.

2 Platten

- Bitte zeichnen Sie das Geschwindigkeitsprofil in x-Richtung an einer Ebene Platte! → Also die Profile wie im Skript gezeichnet. Und schön darauf geachtet, dass die Gradienten und der "Bauch" zu erkennen sind. Dazu können dann ein paar Standardfragen bezüglich der Rückströmung u.s.w.
- Gibt es Rückstau auch bei unendlich dünner Platte? → Ja, wegen Reibung.
- Warum wird der Gradient flacher und warum gleicht sich das Profil nach der Platte wieder aus? → Hier hat Kräume punktgenau meine Lücke erwischt, die ich selbst noch nicht kannte. Ich hab alles erzählt was ich wusste, aber Kräume entgegnete immer wieder: Das sind Konsequenzen und keine Ursachen! Warum das alles passiert interessiert mich. Da hab ich gemerkt, dass mir eine essentielle Information gefehlt hat. Inputübertragung war das Zauberwort. Total simpel aber irgendwie ist es nicht rausgekommen. Das hat mich die 1,0 gekostet.

3 Trocknung und Filtration

- Was gibt es denn so für druckgetriebene Membranverfahren?
→ Micro-, Ultra- und Nano-filtration sowie Umkehrosmose.

- Wie nennt man die Verfahren noch?
→ Lösungs- bzw. Diffusions-Membranen.

- Wie ist denn der Fluss definiert?

→ Das wusste ich natürlich nicht auswendig weil ich diese letzten Seiten von dem Kapitel immer gekannt übersprungen habe und ich das nicht gerade mein Lieblingskapitel war. Habs dann mit ein wenig Hilfe über Abhängigkeiten gemacht. Also $F = f(\Delta p, s, x_i, \frac{\partial H}{\partial t}, \eta, D_i, \epsilon)$. Dann hab ich alle Größen, die irgendetwas mit der Membran zu tun haben in einen Faktor B zusammengefasst und eine Gleichung aufgestellt die etwa so aussah:
$$F = \frac{\Delta p \cdot B}{\eta} \frac{\partial y}{\partial x}$$

Die Gleichung stimmt so nicht ganz mit den Definitionen im Skript überein.

- Gut, wie ist der Fluss von der Geschwindigkeit abhängig?

→ Erstmal w^2 wegen Δp . Da steht aber noch das Zeta drin was proportional zu $\frac{1}{Re}$ ist und somit die Geschw. einmal heraufst. Also linear abhängig.

- Warum und Wann ist denn ζ proportional zu $\frac{1}{Re}$?

→ Im laminaren Bereich.

- Und haben wir denn bei Membranen eine laminare Strömung?

→ Ja, wegen den sehr kleinen Porendurchmessern.

4 Partikeln

- Konzentrationsverläufe an einer Partikel bei het. chem. Reaktion in Abhängigkeit von zwei markanten Einflüssen.

→ Verläufe für verschiedene Dammkühler und Peclet-Zahlen gezeichnet. (So wie im Skript)

- Und dann das ganze für 2 Pecletzahlen aber gleiche Dammkühler-Zahl in ein Diagramm.

→ Hier ist wichtig, dass die Konzentration an der Wand bei größerer Peclet-Zahl höher ist.

oder so nachzuschlagen.

Als ich reinkam sagte er mir sofort, dass es eine 1,3 geworden ist und damit war ich auch echt zufrieden. Er lobte mich für das herleiten des Flux bei Membranen, da er wusste, dass ich die Gleichung nicht auswendig kann und sie trotzdem durch logisches Vorgehen ermittelt habe. Die Fragen waren im Allgemeinen nicht gerade einfach fand ich. Auch wenn es so aussieht, als wenn ich die Antworten sofort wusste, musste ich doch öfters überlegen und laut nachdenken. Die 50 Minuten sind dann sehr schnell um. Man merkt auch schnell, wenn man von Kraume auf eine 1,-Note gepirft wird. Ich glaube, der Vortrag ist dafür ziemlich entscheidend, weil er da in etwa einschätzen kann auf welchem Level man sich befindet. Es geht nicht so darum, total komplizierte Herleitungen zu bringen, sondern dass man strukturiert und entschlossen an die Sache ran geht. Die Atmosphäre war wie so oft beschrieben locker und entspannt. Stress hatte ich eigentlich nur beim Vortrag und bei dem Platten-Thema, weil ich da merkte, dass ich da nicht auf die endgültige Lösung komme. Das war aber schnell vergessen und Kraume trägt es einem auch nicht nach. Er versucht wirklich alles, damit man auf die richtige Lösung kommt. Zum lernen kann ich nur Gruppenarbeit empfehlen. Da merkt man erst, was man nicht weiß und verstanden hat. Die Skripte sind eigentlich völlig ausreichend. Ab und zu lohnt es sich, im Brauer

Nachbesprechung/Allgemein

draußen warten.

Damit endete dann die Prüfung und Kraume sagte, ich sollte doch 5 Minuten

unendlich den Transport sogar behindern.

Stofftransport erst möglich macht und bei Dammköhler-Zahlen kleiner übermale, denn die sind ja identisch, da eine het. chem. Reaktion den überlegen, ob es noch einen Trick gibt hab ich dann den ersten Verlauf den Verlauf für rein physikalischen Transport dazu malen. Nach kurzem → Dann legte mir Kraume einen Buntstift hin und sagte ich solle noch

über der Pe-Zahl auftragen.

- Gut. Dann noch den Verlauf der Sh-Zahl nur für unendlichtes Dammköhler

hältnis der beiden Zahlen immer das selbe.

→ Gleiche Dammköhler-Zahl. Also $\frac{D_{AB}}{k_m}$ ändert sich nicht also ist das Ver-

- Wer hat gesagt, dass die beiden Werte konstant sind?

→ In der Kopplungsbedingung $D_{AB} \frac{dc_A}{dy} = k_m^{CAW}$ sind bei konstanten D_{AB} und k_m^w der Gradient und die Konzentration direkt proportional.

- Warum ist das so?

Einstiegsthema: Stofftransport an feste Partikeln bei heterogener chemischer Reaktion

Einleitender Satz; Konzentrationsprofile für verschiedene Pe-Zahlen (Abb. 12.6);
 Kopplungsbedingung \rightarrow Wandgradient \rightarrow Da-Zahl; Def. von $\beta_{lok} \rightarrow \text{Sh}_{lok} \rightarrow \text{Sh}; \text{Sh} - \text{Pe} -$
 Diagramm (Abb. 12.5)

Nachfragen:

- Ist der Null-Gradient bei $Da = 0$ nicht ein Widerspruch zur Kopplungsbedingung? Nein, da $k_w = 0$ und somit auch der Wandgradient, da c_{aw} und D_{AB} endliche Zahlenwerte sind.
- Warum geht Sh für $Da = \infty$ nicht gegen unendlich? Ich habe etwas Zeit für die Antwort gebraucht, bin aber dann über die Kopplungsbedingung $\infty (k_w) \text{ mal } 0 (c_{aw})$ (zum endlichen Wandgradienten und somit zur endlichen Stoffstromdichte und zum endlichen β gekommen $\rightarrow \text{Sh}$ endlich.
- Ins $\text{Sh} - \text{Pe} -$ Diagramm die Kurven für rein physikalischen Transport ohne Reaktion eintragen:

Die Kurve für $Sc \rightarrow \infty$ und $Re < 1$ liegt auf der Kurve von $Da = \infty$. Die anderen oberhalb davon (Abb. 12.3).

- Dann wollte er natürlich noch wissen, warum das Diagramm bei $\text{Sh} = 2$ startet. Ich habe über eine Kugelfläche bilanziert:

$$N_{Ar+dr} - N_{Ar} = 0$$

$$\text{Taylor: } N_{Ar+dr} - N_{Ar} = -D_{AB} \frac{\partial N_A}{\partial r} dt \quad \text{mit: } N_A = -D_{AB} \frac{\partial c_A}{\partial r} A r r^2$$

$$\Leftrightarrow \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial c_A}{\partial r} r^2 \right) = 0 \Leftrightarrow \frac{\partial c_A}{\partial r} r^2 = \text{const} \Leftrightarrow c_A(r) = c_1 \frac{1}{r} + c_2$$

Dass ich die Konstanten ausrechnen kann und dann schließlich $\text{Sh} = 2$ herausbekomme hat er mir dann geglaubt.

- Die nächste Frage war, warum mit steigender Re-Zahl (s. Diagramm 12.3) die Sh-Zahl größer wird, also der Stofftransport besser:

Der konvektive Stofftransport wird besser. Ich sollte dann die bezogene Geschwindigkeit über die Radialkoordinate r für verschiedene Re-Zahlen aufzeichnen und daran zeigen warum. (Abb. 11.9):

- Die Geschwindigkeitsgrenzschicht wird kleiner und somit die Gradienten steiler \rightarrow höhere Geschwindigkeiten näher an der Partikel, das hat zur Folge, dass die Konzentrationsgradienten ebenfalls ansteigen \rightarrow Sh wird besser.
- Wie sieht das Profil für eine fluide Partikel aus und wie sind die Phasengrenzflächenbedingungen?

An der Partikel ist die Geschwindigkeit nicht mehr gleich Null und die Schubspannungen in beiden Phasen müssen gleich sein (Abb. 11.3) \rightarrow newtonscher Schubspannungsansatz, aus den dynamischen Viskositäten folgen dann die Geschwindigkeitsgradienten.

Das war's dann endlich mit den Partikeln.

schwächer zu. Nach einem kleinen Blackout und einzigem Überlegen kam ich dann mit Hilfe der Ableitung des Volumens nach der Zeit, also genau dem Volumenstrom, auf dessen Verlauf. Der Volumenstrom beginnt für kleine Zeiten bei einem endlichen Wert und geht für $t \rightarrow \infty$ gegen Null.

- Kann der Volumenstrom (für $t \rightarrow 0$) unendlich sein?
Nein, da wir ja immer das Filtermedium haben und somit auch immer einen Druckverlust.
- Wo enden die beiden Kurven für den konstanten Druckverlust?

Die für den Volumenstrom geht gegen Null, den Endwert für das Filtratvolumen konnte ich nicht so aus dem Arnel schütteln und bin schließlich, weil ich mir nicht anders zu helfen wusste, über die Filtergleichung gegangen (obwohl er meinte, die würde/müsste ich ja nicht auswendig können \rightarrow vielleicht war das auch nur ein kleiner Test, ich weiß nämlich nicht, wie man sonst auf den Endwert kommt). Wenn man die Variablen trennt, kann man die Gleichung für konstanten Druckverlust lösen und dann den Grenzwert für $t \rightarrow \infty$ bestimmen. Er hat mir aber geglaubt, dass ich die Dgl lösen kann und dort abgebrochen.

So kamen wir dann zum letzten Thema:

Transportvorgänge bei Gas/Flüssigkeitsströmungen:

- Wir haben eine Flüssigkeitsströmung und geben ein bisschen Gas dazu (\rightarrow Blasenströmung), der Flüssigkeitsvolumenstrom bleibe konstant. Was passiert mit dem Druckverlust?
Ich wusste, das der Druckverlust zunehmen wird und sagte das natürlich auch, hatte aber im ersten Moment Schwierigkeiten, das zu erklären. Dann ging ich darüber, dass bei Zugabe von Gas die Fläche für die strömende Flüssigkeit abnimmt und somit wegen $V_f = \bar{w}_f \cdot A$ bei konstantem Volumenstrom die mittlere

Flüssigkeitsgeschwindigkeit zunimmt (er wird kleiner), was er wohl auch hören wollte. Ich wollte die ganze Zeit auf Lockhardt-Martini hinaus, sollte aber jetzt zunächst mal den Druckverlust für die Flüssigkeit bestimmen. Ich ging über die

$$\text{Druckverlustgleichung für Rohre } \Delta p = \zeta \frac{\rho}{2} \bar{w}^2 \frac{L}{d} \quad (\text{Dichte, Länge und Durchmesser})$$

sein gegeben, ζ kann man aus einem Diagramm bestimmen (z.B. Abb. 3.5)) und ersetze die mittlere Geschwindigkeit durch meine Leerrohrgeschwindigkeit $w = \frac{e_f}{v}$,

- die ich ja aus dem Volumenstrom und der Rohrquerschnittsfläche bestimmen kann. Anschließend durfte ich noch das Lockhardt-Martini-Diagramm zeichnen:

Korrekturfunktion $\psi^{1/2}$ über Einphasendruckverlustverhältnis $x^{1/2}$. ψ läuft gegen 1 (Abb. 15.12)

- Ist die fallende Kurve wirklich die Korrekturfunktion für ψ_f für die Berechnung mit Hilfe des Flüssigkeitsdruckverlustes?
Ja, denn für steigende Flüssigkeitsdruckverluste steigt x an und die Korrekturfunktion nimmt ab, da wir immer weniger korrigieren müssen (oder so ähnlich).
Damit war ich dann endlich entlassen.

Prüfungsatmosphäre: Die Prüfung war sehr angenehm, ich hatte Zeit zum Überlegen und er hat nicht verlangt, dass ich alles sofort auswendig erzählen kann, sondern eher angerechnet,

dass ich in der Lage war, mir die Lösungen herzuleiten. Es ist also wichtig, die Grundlagen, die man gelernt hat, umsetzen zu können.

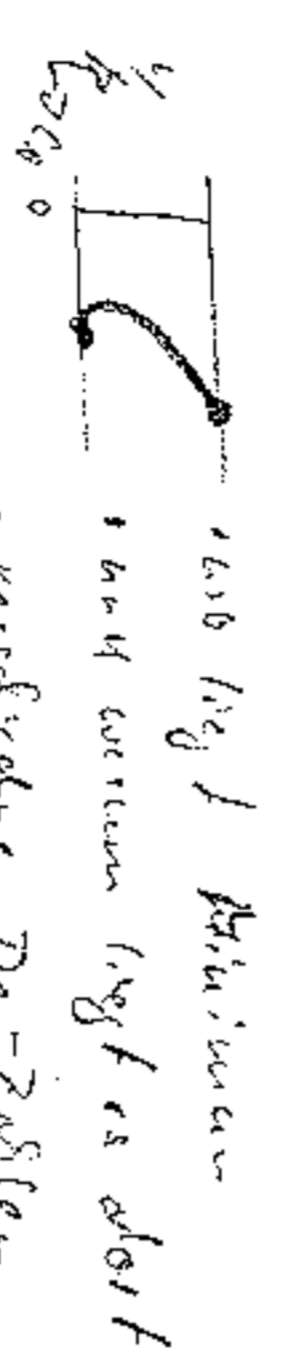
Prüfungsvorbereitung: Wichtig ist, in die Sprechstunden zu gehen, da man dort zum einen natürlich Fragen zum Skript etc. klären kann und andererseits vielleicht feststellt, was einem noch so fehlt oder worüber man noch nachdenken könnte. Des Weiteren sollte man in einer kleinen Gruppe lernen, wegen der Denkanstöße und der Möglichkeit, das Erklären zu üben, aber das ist ja nichts Neues.
So, was ich jetzt noch vergessen habe, findet Ihr hoffentlich in den anderen Protokollen. Viel Spaß beim Lernen und viel Erfolg bei der Prüfung!

1) Rind

Überlagerung: Prospekt mit DaP's kann v
bei geringen Eindringtiefen von A in
die F. von \rightarrow organische also also
als oben genannten Produkt aus
Mandel bei $x^* \neq$ ~~z~~

2) Kapitel 2: Diffusion in Polymeren

• Mawagen: Reaktion in der Probe



3) Stoffübergang bei hohen Partialdrücken

• Einfluss auf die Konzentration und Konzentration

• Adsorption & Desorption

• Stoffübergang über / auf

\rightarrow Verteilung erdieren

\rightarrow Adsorption an der Oberfläche

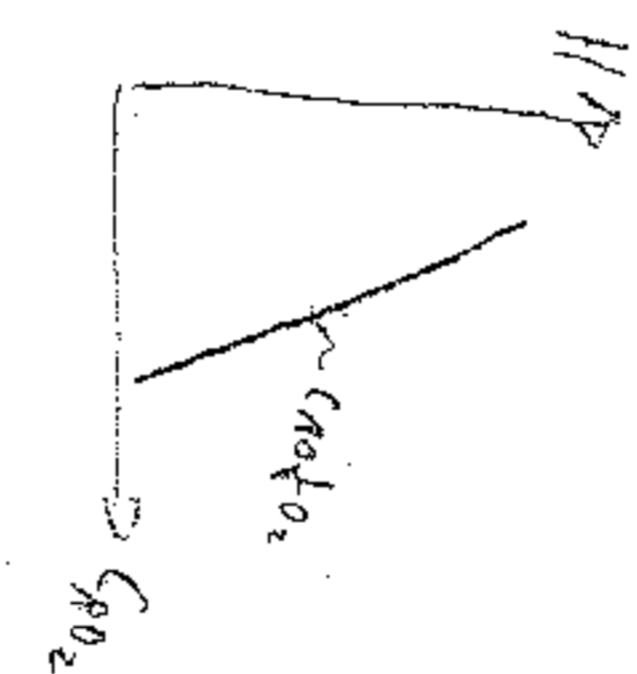
Desorption AB?

1.) Blasentechnik

\rightarrow Die Größe der Blasentechnik -
Profil aus?

• Säule über die und Säulen -
gerade in Hydrolyse, wird alle
Trennen.

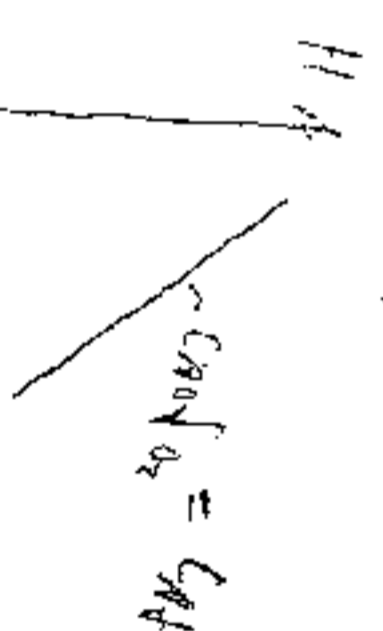
• Säule mit Wasser gefüllt (wasser
zeitlich mit nicht) wird mit
Luft durchströmt, stabilisiert
wie selbst das Gleichgewichtszustand
profil über die Säule über aus?



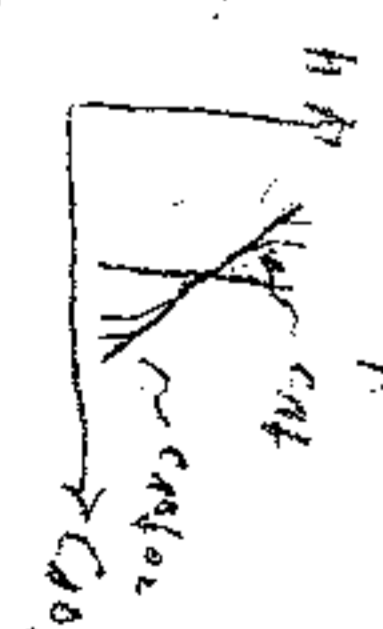
\rightarrow da links größer Gesamtdruck, somit auch
größter Partialdruck des Sauerstoffes!

• Zeichnen Sie den Konzentrationsverlauf für CO₂
d.h. den Sauerstoffgehalt in der F. ein.

Exemplar I



Exemplar II



Wichtig:
Stationsärer
Fall

Wenn K_{CO_2} löslich \rightarrow K_{CO_2} höher vorliegen kann.

Prüfer: Prof. Kraume

Beisitzer: Patrik Mier

Dauer: ca. 45 min

Note: 1,0

Vortrag: heterogene chem. Reaktionen an der Oberfläche fester Partikel

Einleitender Satz: Beschreibung des Vorgangs des Stofftransports in einem Fluid an ein Katalysatorpartikel und

die Abreaktion des Stoffes an der Partikeloberfläche.

Konzentrationsprofile um Partikel bei versch. Da und Pe-Zahlen; Kopplungsbedingung; Def. Da-Zahl.

Stofftransport: Def. lokales beta; Diagramm Sh über Pe; Verläufe erklärt anhand der Konz.profile.

Abschließend Formel für gesamt umgesetzten Stoffstrom aufgestellt.

Fragen zum Vortrag

*Kopplungsbedingung erfüllt bei Da gegen unendlich, Pe endlich? - Ja, Konz. geht gegen 0, k gegen unendlich,

ergibt in Grenzwertbetrachtung endlichen Wert.

*in Diagramm Sh über Pe Kurven für versch. Sc bei rein physikal. Transport eintragen! Warum Sh größer bei Sc

gegen 0? - Höhere Geschw.gradienten.

*Wie verändert sich Sh, wenn D sinkt, alles andere konstant? - D steht in Sh und Pe jeweils im Nenner, man

bewegt sich im Diagramm nach rechts oben, hin zu höheren Sc-Zahlen.

*Ist es nicht eigenartig, daß Sh steigt, obwohl D sinkt? - Das war die Frage mit der er mich unvorbereitet

getroffen hatte. Ich faselte von beta, daß ein Maß für den Konz.gradienten sei und nicht so sehr den diffusiven

Stoffstrom repräsentiere, und Sh ist das Verhältnis von beiden. - Rückfrage: Steigt oder sinkt nun beta mit D? - ...

- Schauen sie sich mal die Steigung an! - Steigungen liegen zwischen 0,33 und 0,5 (logarithm. Diagramm!) - Also

ist Sh proportional zu $Pe \cdot x^i$ - Jetzt hatte es geklingelt: Wenn man die Proportionalität nach beta auflöst, sieht

man, daß beta proportional zu D hoch $1-x^i$

Rühren

*Wie sehen die Strömungsfelder bei einem Zylinderührer aus? - Ich habe versucht, hier sehr umfassend zu

antworten: Haftbedingung am Rührer und an Wand; Verlauf der Tang.geschw. über r; Primärströmung; Ursache

für Sekundärströmung; unterschiedlich grobe Zentrifugalkräfte über Behälterhöhe; bei Zylinder der bis zum

Boden reicht; Sekundärströmung durch geringere Tang.geschw am Behälterboden (Haftbedingung). - Keine

Rückfragen mehr. Kraume meinte nur noch, ein Zylinderührer sehe eigentlich anders aus, war ihm aber egal.

Platten

*Geschwindigkeitsprofile der x-Komponente nach GSH bei Überströmung einer Platte zeichnen!

*Gradienten erklären!

*Verlauf der Grenzschichtdicke!

*Wie ist der Verlauf von Zeta über L^2 ? - Ich habe erst die Def. von Zeta bei Plattenströmung angeschrieben und

konnte mir den Verlauf gar nicht vorstellen. Ich habe dann für die Reibungskraft den newtonschen Ansatz

angeschrieben und da der Geschw.gradient stetig abnimmt habe ich Zeta über r wie eine Hyperbelfunktion

gezeichnet. Ich war aber unsicher, da ich mir nicht recht vorstellen konnte, daß Zeta gegen 0 geht. Aber die

Plattenfläche geht gegen unendlich, daher ist es wahrscheinlich doch möglich. Ich habe das alles so erzählt und

Kraume meinte nach einiger Zeit, daß das Diagramm so schon richtig ist.

Wirbelschichten

*Wie berechnen Sie die Lockerungsgeschwindigkeit bei einer Wirbelschicht? - Lockerungspunkt ist Übergang

vom Festbett zur Wirbelschicht, daher müssen beide Gesetze für Druckverlust gelten. Beide Formeln für

Druckverlust angeschrieben. w in Festbettformel gleich v mal epsilon (Lückengrad). - Kraume: Mir reicht's jetzt!

Allgemeines:

Kraume war sehr freundlich und ruhig, obwohl ich schon anderes von ihm gehört hatte. Im Gegensatz zu manch

anderen Prüfern hat er mich immer ausreden lassen. Er gab mir ab und zu positives Feedback (Ja, das stimmt. -

Das haben Sie schon erklärt. - usw.) so daß ich mit der Zeit immer sicherer wurde. Ich hatte das Gefühl, er

stufte einen während des Vortrags ein und fragt dann so nach, um seinen Eindruck zu bestätigen. Standardfragen

sollten wohl gut sitzen und sehr flüssig rüberkommen, umso weniger kommt es zu Rückfragen. Er stellt auf alle

Fälle Fragen, über die man noch nicht nachgedacht hat, und bewertet dann das ~~Vorgehen~~, wie man schrittweise

vorgeht und seine Hinweise wertet. Dabei ist laut denken nicht von Nachteil.

Alles in allem hatte ich sehr viel Glück bei den Themen. Ausser den zwei Hammerfragen war doch alles Standard.

Und wenn man laut überlegt kommt auch der richtige Hinweis. Also: Viel Glück!

Prüfung: VT I, II

Punkte: keine

Datum: 5.2.98

Note: 1,0

Vortrag: Stofftransport bei heterogener chemischer Reaktion an Partikeln

Randbedingung, Def. von $f_{0,1}$, $Sh_{0,1}$, $Da_{0,1}$

Werte Sherwoodzahl durch Gleichung von $Sh_{0,1}$ über Partikeloberfläche $\Rightarrow Sh = 2 \cdot Da_{0,1} \cdot \left(\frac{c_{A0}}{c_{A0} - c_{A1}}\right)$, c_{A0} ist die mittl. Oberfl.-Konz.

Das ist Verhältnis von Sh -zahlen zu Diffusions-gleich.

Das gilt $Da_{0,1} \gg 1 \Rightarrow c_{A0} \approx 0$

Das $Da_{0,1} < 1 \Rightarrow c_{A0} > 0 \Rightarrow Da_{0,1} < c_{A0} - 0 \Rightarrow \beta \cdot Sh$

Werte Sh bei $Da_{0,1} \gg 1$

Vorlauf Sh über Re , Diagramm erstellen.

Frage zum Vortrag: Wie kommt man auf $Sh = 2 \cdot Da_{0,1} \cdot \left(\frac{c_{A0}}{c_{A0} - c_{A1}}\right)$?

\rightarrow Krume wollte darauf hinaus, da $\beta = \frac{D}{\delta} \cdot \left(\frac{\partial c_A}{\partial x}\right)_R = \beta \cdot c_{A0}$ ist.

Wie kommt man darauf, dass $Sh = 2$ für kugelöfene Platte ist? \rightarrow lösen die DGL mit entspr. RB und $\beta = \frac{D}{\delta} \cdot \left(\frac{\partial c_A}{\partial x}\right)_R$.

Wie kommt man auf die DGL? \rightarrow Bilanz am Kugelschnitt $A = A(r)$, Taylor-Ansatz

Wie groß ist $\left(\frac{\partial c_A}{\partial x}\right)_R$? \rightarrow DGL lösen, $\left(\frac{\partial c_A}{\partial x}\right)_R$ v. d. d. \rightarrow $\left(\frac{\partial c_A}{\partial x}\right)_R = -\frac{D}{\delta} \cdot \frac{c_{A0}}{\delta}$

oder $\beta = \frac{D}{\delta} \cdot \left(\frac{\partial c_A}{\partial x}\right)_R = \beta \cdot c_{A0}$, $\beta = \frac{D}{\delta} \cdot \frac{c_{A0}}{\delta} = \frac{D}{\delta^2} \cdot c_{A0}$

$\Rightarrow \left(\frac{\partial c_A}{\partial x}\right)_R = -\frac{D}{\delta} \cdot \frac{c_{A0}}{\delta}$

Problem: w_x -Profil für Grenzschichthypothese (GSH)

Darunter wenn z_x , örtl. Widerstandsbewert skizzieren

Was A ist haben wir erstmal $\frac{F_{w_x}}{A} = \frac{2}{3} w_{x0}$

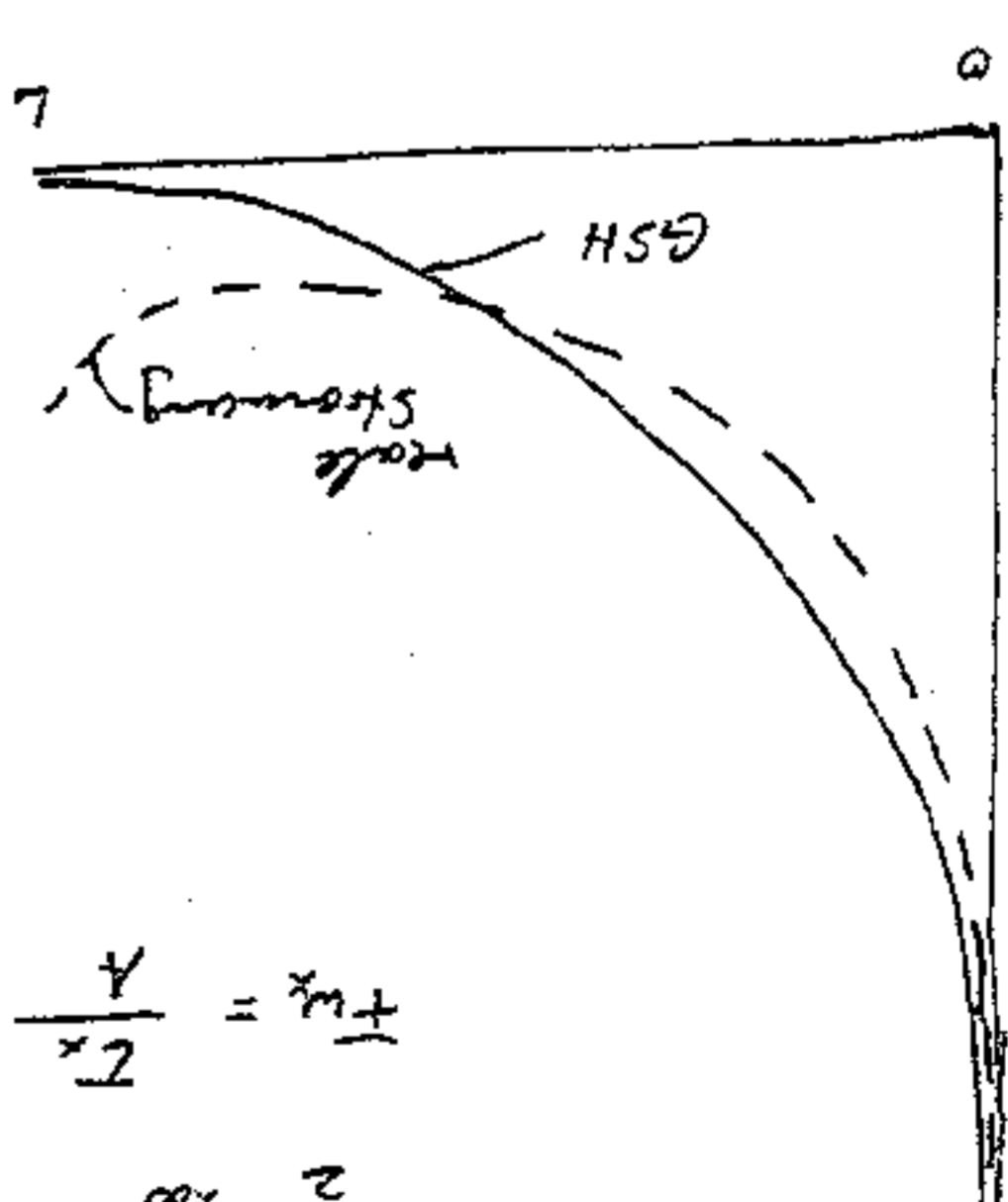
Es geht $z_x = \frac{F_{w_x}}{A} = \frac{2}{3} w_{x0}$

$$\frac{F_{w_x}}{A} = \frac{2}{3} w_{x0} \Rightarrow z_x = \frac{2}{3} w_{x0} \left(\frac{\partial w_x}{\partial y} \right)_x$$

Wie sieht das wenn für eine reelle Strömung aus?

Wie groß ist z_x für $x \rightarrow 0$?

$z_x \rightarrow \infty$



z_x

Problem: Ich gebe Ihnen Drehmoment M_z und ω , Kernströmung. Die q_{gr} ist die Kraft, die an die Behälterwand über-

tragen wird?

$\frac{dM_z}{dz} = 3 \cdot M_z \cdot \frac{1}{R}$

M_z : Mantelfläche des Behälters
 R : Behälterradius

Von hier an kann ich unabhängig ins Schlingern, und komme zur Seite auf so manchem Zampfle trinken, bis ich zu meinem Ergebnis kam, das hier oben unterwühlt

bleiben soll.

Problem: Wie berechnen Sie die örtl. Stoffstromdichte?

$w_{AO}(x) = \beta(x) \cdot [c_A(x) - c_{A0}(x)]$

Molek $\beta(x) \rightarrow Sh_x$

Wie sieht Sh_x aus $x \rightarrow \infty$?

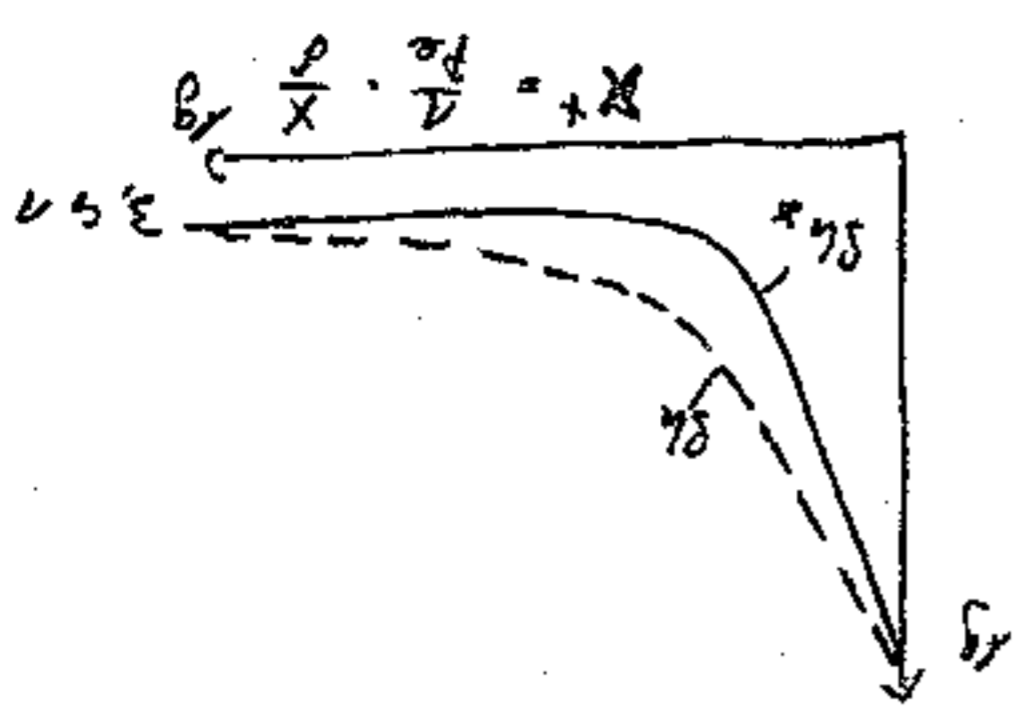
Wie sieht dann Sh_x aus?

Die q_{gr} ist Sh für $x \rightarrow \infty$?

$\rightarrow Sh_x = Sh = 3,66$

Die berechnen Sie $c_A(x)$?

$c_A(x) = \frac{1}{A} \int_0^0 c_A(x,y) \cdot w(y) dy$



(51)

2/2

Aber nun der Hammer. Berechnen Sie mir die Höhe der Zweiphasenschicht auf einem Boden in einer Vakuumkolonne ?
 - Ich hatte noch nie von einer solchen Bauart gehört und kam dank Janins Hilfe (nicht Kraume) auf die Lösung. Wenn in einer Vakuumkolonne die Höhe der Zweiphasenschicht zu hoch ist, haben wir einen zu hohen Druckverlust. In einer Vakuumkolonne wird oben am Kopf ein Unterdruck aufgegeben. Wenn auf Grund des Druckverlustes unten in der Kolonne der Druck zu hoch ist, liegen auf diesen Böden zu hohe Drücke vor und damit zu hohe Siedetemperaturen und man nicht die gewünschten Reinheiten erreichen.
 Der Kandidat nach mir wurde nach der genauen Stelle der Vakuumzerzeugung gefragt. Am Kopf der Kolonne reicht nicht aus !!! ???

2. Grundlagen

Erklären Sie mir bitte die Stefan-Diffusion !
 - Einseitige Diffusion (sieh Skript) Gradienten genauestens einzeichnen !!! (Man wird sonst auseinandergerommen)

Welche Konzentration liegt an der Phasengrenzfläche an ?
 - Ich antwortete spontan $\phi = 1$ (relative Luftfeuchtigkeit)
 * Kraume entgegnete mir zunächst, das sei falsch und ich müßte ihm das mal genauer erklären. Als ich ihm den Faktor ϕ erklärte, meinte er: „ Wenn Sie das so meinen, dann ist das OK.“

Nun haben wir einen höheren Partialdruck von Wasser in der Luft als an der Phasengrenzfläche, was passiert ?
 - Absorption von feuchter Luft

Nun beheize ich den Behälter ?
 - Höherer Partialdruck \Rightarrow Verdunstung

Nun gebe ich Eiswürfel in den Behälter ?
 - Niedrigerer Partialdruck \Rightarrow Absorption

#Erfolgt die Stefan-Diffusion auf Grund eines Impulsgradienten ?
 - Ja, Stoff A ist in Ruhe und Stoff B hat eine Geschwindigkeit und überträgt diese auf Stoff A.

#Der Kandidat nach mir wurde gefragt : Bis zu welcher Temperatur muß man die Flüssigkeit denn kühlen, um bei einem Dampfdruck von (er nannte eine Zahl) zu absorbieren.
 -Eine Temperatur bei der ich einen Dampfdruck an der Flüssigkeitsoberfläche habe, der unter meinem in der Umgebung anliegenden Dampfdruck, liegt.
 * Kraume wollte eine genaue Temperatur (7°C) und antwortete dem Kandidaten 2 Grad Abweichung hätte er ja akzeptiert. Kein Scherz !!

3. Rohre

#Welche Arten von Fluiden gibt es und zeichnen Sie bitte die Kurven Gradient über Schubspannung auf ?
 - Nun hatte ich einen kleinen Blackout und zeichnete die Kurven für die nicht newtonschen Fluide im Bereich kleiner Gradienten falsch. Kam aber dank Janins Hilfe auf die Lösung.
 Auch wäre es schlauer gewesen, erst die idealen Kurven einzuzichnen und danach die realen.

Prüfungsprotokoll: Verfahrenstechnik I (Bruder) und II (Kraume)

Prüfer: Kraume
 Datum: 19.07.1995
 Dauer: ca. 40 min
 Note: 1,3

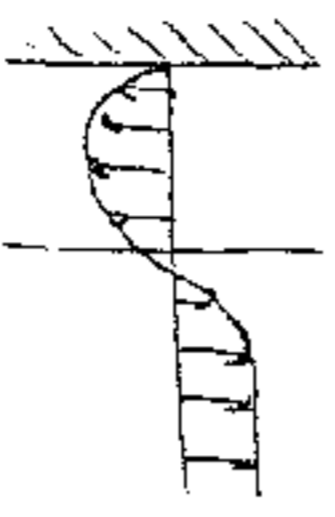
1) Vortrag: Rieselfilm

Stofftransport im Rieselfilm:

- rein physikalisch: Konzentrationsprofile und $Sh-x^*$ -Diagramm
- mit homogener Reaktion 1. Ordnung: Konzentrationsprofile und $Sh-x^*$ -Diagramm mit Da als Parameter

dazu Fragen: - Warum nimmt Sh einen konstanten Endwert an? (\rightarrow Ac logarithmisch definiert)

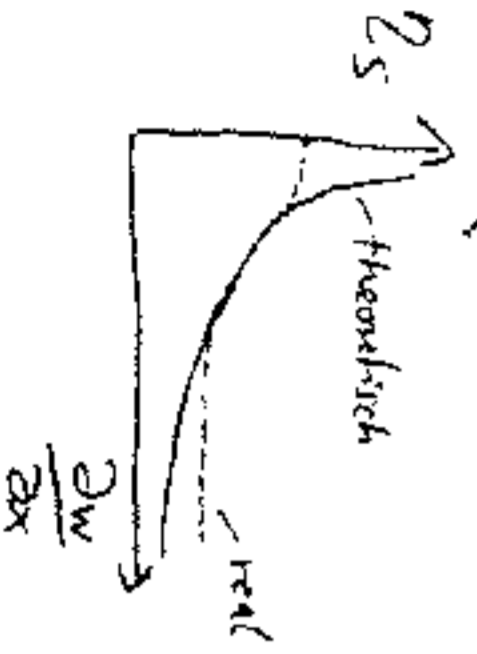
- Definition von Ac_{eff} ; welchen Endwert nimmt es für $x^* \rightarrow \infty$ an?
- Ac_{eff} in Konzentrationsprofile einzeichnen!
- Wie sieht der Kurvenverlauf für die kritische Sh -Zahl im $Sh-x^*$ -Diagramm aus?
- Wie kommt man auf $w(y)$? (\rightarrow Kräftebilanz durchführen)
- Wie sieht das Geschwindigkeitsprofil aus, wenn die Schubspannung an der PGF durch eine entgegen gesetzte Gasströmung nicht vernachlässigt werden kann? (\rightarrow Haftbedingung + Schubspannung in Flüssigkeit und Gas gleich groß)



2) Rohre

Nicht-Newton'sche Fluide:

- Wie unterscheiden sich newtonsche und nicht-Newton'sche Fluide?
- Was für nicht-Newton'sche Fluide gibt es; Beispiele?
- Schubspannungskennlinie für newtonsche und nicht-Newton'sche Fluide?
- Ist der Oswald-Faktor k eine Konstante?
- theoretische und reale Fließkurven zeichnen!
- Wird η_s bei pseudoplastischen Fluiden für große Scherbeanspruchung gleich Null? (\rightarrow Nein, da z. B. Wurzelfunktion)
- Diagramm η_s über Scherbeanspruchung zeichnen für pseudoplastisches Fluid (theoretisch und real)!



3) Platten

- reale Geschwindigkeitsprofile vor der, an der und hinter der Platte zeichnen und erläutern!
- Wieso kann w_y für $y=0$ Null werden; gibt es da nicht Kontinuitätsprobleme?
- Wo kommt das Fluid bei der Rückströmung her?

4) Partikeln I

- Wie verhält sich die Schwammrückgeschwindigkeit zur Sinkgeschwindigkeit einer Einzelpartikel?
- Wieso ist sie kleiner? (\rightarrow Gegenströmung durch Verdängung und erhöhter Impuls-austausch)
- Geschwindigkeitsprofile zeichnen für Umströmung einer Einzelpartikel und eines Partikelgeschwamm!
- Diagramm w_p/w_s über τ zeichnen!
- Bei welchem τ wird $w_p/w_s = 0$ und wieso? (\rightarrow bei $\tau=0$, da es an diesem Feststoffanteil keinen Partikelchwamm mehr geben kann)

Angenehme Prüfungsatmosphäre; es wurden keine Fragen gestellt, die nicht mit dem Wissen aus der Vorlesung und dem Skript hätten beantwortet werden können.



Prüfungsprotokoll v. Nr. 10.95

VI 1: Brauer

VI 2: Krause

Note: 1,0

Themen: Parallelen II (Vertrag), Grundlagen, Platte, Wirtelschnitt

Vertrag:

Stat. Sü an Parallelen mit heterogenen chemischen Reaktionen

→ Sachverhalt, Nat. chem. Reiz, warum (Stoffübergang), dinn. Darstellung,

Kennzahlen, Diagramm Sh über Re mit Da, Konz-profile (Da konst, Re variabel)

Fragen zum Vertrag:

• Wie berechnet man die übertragene Stoffmenge?

→ Sh aus Diagramm → β → nA / wichtig; Def. von β (nur τ_A keine Konz-differenz)

• Warum ist β nur über τ_A definiert?

→ Wandkonz. ist nicht bekannt, hängt von der Log auf der Parth. kalas.

• Konz-profile für $Re \rightarrow \infty$, Da endlich

• Wie verhält sich die Wandkonzentration mit steigender Re -Zahl?

→ aus Kopplungsbedingung folgt: steigt der Gradient, steigt auch die Wandkonzentration

• Wie sieht das ganze ohne Reaktionen aus?

→ Sh über Re , Grenzkurven erklären

• Für welche Re -Zahlen gilt das Diagramm? → bis $Re = 3 \cdot 10^5$

• Was passiert danach?

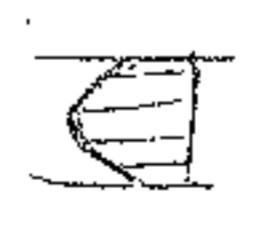
→ Grenzschicht wird turbulent

• Kann ich dann bei lam. Grenzschicht außen frub.

Shöpfung haben? natürlich!

Grundlagen

• Welche Transportprozesse gibt es?
 → wirt., konv., turb.

• turb. Transport erklären, was passiert mit diesem Konz.-profil?


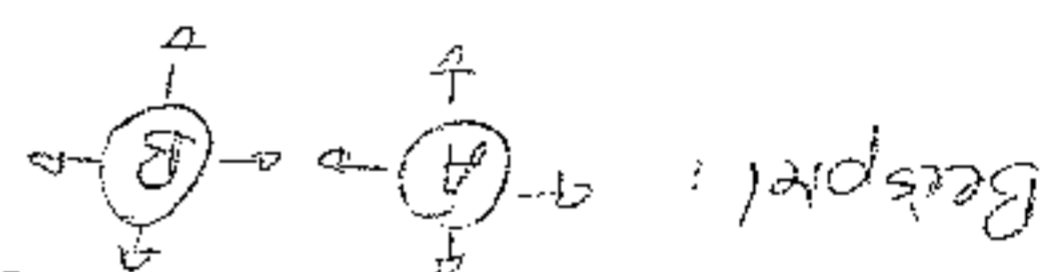
• Warum sind denn die Turbulenzballen bereit, Konz "abzugeben"? Teile Agglomerate?

→ nicht fest, lediglich Modellvorstellung

• Was ist diffusive Transport?

→ stochastische Bewegung von Partikeln; in alle Richtungen.

• Wenn in alle Richtungen, wozu wissen die Partikeln dann, wie sie sich entlang der Konz.-grad. bewegen müssen?



Zu lösen ganzen Kragen, weil es sehr aufwändige Antworten.

Die Mechanismen sollte man weitgehend haben!

Platten

• Reale Geschwindigkeitsprofile zeichnen
 → sauber und groß zeichnen!

• Schwingen sich die y-Profile wieder an? → ja, RB

• diese Punkte oberhalb entfernt sich die Strömung von der Platte, unterhalb strömt sie zu ihm.

Wo kommt das Fluid her?

→ werf man in Verbindung mit dem x-Profilen sehen.

Diese müssen hier einen Bereich mit einer Geschwindigkeit haben, die größer als die Anströmgeschw. haben. Konv.



Vel Glück,
Sabine

Der Vortrag sollte sehr gut sein - alle evtl. Fragen durchspitzen!
Ich glaube, es ist besser, die phys. Zusammenhänge ausführlich zu erklären, als möglichst viel Inhalt in die 5 min. zu pressen.
Lafz kann die Möglichkeit, Fragen zu stellen!
Nehmt euch Zeit für alle Diagramme und wagt sie groß!

Die Forschungsumgebung war ziemlich angenehm. Keine was freudlich, er versucht aber häufig, sich aus der Rolle zu bringen, indem er provokativ nachfragt. Darauf sollte man auf jeden Fall gefasst sein!

Wirbelschicht

- kann man in den Profilen der Grenzschicht sehen? → einzeichnen
- Warum ist die Grenzschicht nicht auf 100% normiert?
→ stoch. Verteilung. 100% werden quasi erst unendlich weit von der Platte entfernt erreicht, 99% dagegen in definierbarem Entfernungs von der Platte.
- Größenordnung der x- / y-Profile

- Was ist eine Wirbelschicht
- Druckverlustdiagramm → zeichnen und erläutern
- Wie groß ist Δp in der Wirbelschicht?
- Δp für F_u und F_a aufgestellt und umgeformt
- Warum steigen die Verluste mit steigendem Gangschw. nicht linear?
→ keine Einzelphänomene, sondern Schwarm. Was im GGW mit Weg
- Welche Verbindung besteht zw. Δp und ϵ ?
- Diagramm was für Δp über ϵ , zeichnen, erläutern
- Zwei verschiedene Zustände in der Wirbelschicht im Diagramm zeigen.

Christoph Schupp
gibt den Bräunert
(2 Prüfungen zu-
sammen)

Noten: 1,3
1,0

Prüfungsprotokoll

Vorlesungsteil Nr 2

Prüfer: Krause

Datum: 20.10.85

Stoff: nach Bräunert!

Atmosphäre: Boldt nach, läßt sich nicht mit Begriffen abspiegeln

Vortrag: institutionales Sphärenkonzept am letzten Paragrafen!

(Paragraf I)

- Konvergenzkonvergenz Brauer u. Feuert für $Z=0, 500$ u. $t=0$ für Stofftransportunterschied in Prozess

Phase 1, $K_{ex} = 0$

- Su, Fo - Diagramm

bräunert

- Variation von H^* mit Su, Fo - Diagramm

- Veränderung von Su für $K_{ex} = 0$

Vortrag 2: Stoffübergang an ebenen Platte mit Luftstrom über-
wischer Reaktion

- Su über $K_{ex} = 0$ Diagramm auf Da als Parameter

Bräunert, Rechen-, Transportkennlinie

- Konvergenzkonvergenz

Nachtrag: Konv. profil für $K_{ex} = 0$

- Einfluß der Konzentration auf Bräunert

Prüfer: Boldt, Feuert: • Die ist Transportkennlinie - für Su ,
- Su, Fo
- Su, Fo

- Süßigkeiten in Schwamm, Was ist Leugnung?

- Gegenströmung + vertikales Quer-Luftstromsystem, Feuert

wird von Partikelwissenschaften, Granulata oder Gersten für Brauere -

Recherchierung:

- Geostatische Leitprofile, Einfluss der Zählzeit, was sind die geostatischen unterschiedliche
- Bei Kommunikation mit Hochleistung Stromung
- Q_k -Diagramm, wie ist Δp von ω abh. Lässt sich daraus die Dicker der Kommunikation
- Unterschiedlichkeit Mechanismen, ~~einigen~~ ein bisschen für rechte Rollen alle in selben Punkt ab?
- Erzeuger

Platten

- Einfluss von Erde im S_k /KSC-Diagramm, Konzeptionsabhängigkeit
- Einfluss von D_m auf Konzeptionspreise

Einzelplan

- S_k, z^k , Das - Diagramm für Monopole, Kostenkurven, Gewinnkurven, wo ist S_k definiert? Verlauf der Kurve erklären!
- Wie verhält die optimale Standortwahl

Wirtschaft

- $\Delta p / \omega$ Diagramm, was sind ω konstant, ω Länderspezifisch, Abhängigkeit von ω / ω ! was hat was auf ω zu tun ($\omega = \omega - \omega$)

Parad I

Verlasse die Reaktionskurve für $\omega \rightarrow \infty$ den Stofftransport?



Prüfungsprotokoll Verfahrenstechnik I + II

Prüfer: Prof. Kraume; Juli 2006; Note: 1,3

Allgemeine Hinweise: Ich habe mich während der VL-Zeit auf die Prüfung vorbereitet, direkt nachdem ich VT I + II gehört habe. Zudem habe ich während der Vorlesung schon immer parallel zu Hause die jeweilig behandelten Kapitel durchgearbeitet, sowie die Verständnisfragen beantwortet. Daher lässt sich ein konkreter Vorbereitungszeitraum kaum angeben. Was ich aber nochmal betonen möchte ist, das ich mich 6 – 8 Wochen mit 2 Komolitionen zu einer Lerngruppe zusammengefunden habe und wir in diesem Zeitraum nochmal die gesamten Skripte VT I + II durchgegangen sind und die einzelnen Diagramme gemeinsam besprochen haben. Das wichtigste ist aber der Vortrag, den ich einmal bei Anja gehalten habe und von ihr wertvolle Hinweise erhalten habe und dann in meiner Lerngruppe ausführlich diskutiert habe.

Die Prüfung

Ich war als dritter Prüfling an diesem Tage bei Kraume, der Prüfling, vor mir hatte eine 1,7 bekommen, was erstmal eine erleichterung war, da wir gemeinsam gelernt hatten. Also ich rein zu Kraume und mein Vortragsthema angekündigt: Stofftransport an umströmter Kugel mit heterogener chemischer Reaktion. Das Los brachte zwei Themen VT I: Grundlagen und Platte, ein Thema VT II: Zweiphasenströmung.

Dann begann die Uhr zu ticken:
Also begann ich mit meinem Vortrag, fing an das physikalische Problem aufzuzeichnen, Konzentrationsfelder um eine umströmte Kugel für verschiedene Pecletzahlen und Dammköhlerzahlen (VT II – Seite 12-6 Abb. 12.6) und habe diese beschrieben und erklärt: Verhalten der Gradienten an der Kugeloberfläche bei konstanter Dammköhler Zahl , aber veränderlicher Pecletzahl und verhalten bei konstanter Peclet Zahl und veränderlicher Dammköhler Zahl. Dann die beschreibende DGL (Kopplungsbedingung) aufgeschrieben, die Besonderheit der definition des Übergangskoeffizienten an der Kugel erwähnt und die Dammköhlerzahl für eine heterogene chemische reaktion n-ter Ordnung aufgeschrieben. Zu guter letzt habe ich dann die numerische Lösung der Sh-Zahl über Pe , bei variation der Da-Zahl für die schleichende Strömung aufgezeichnet (VT II Skript S 12-5 Abb, 12.5) und die drei Grenzfälle: ruhendes System $Pe \rightarrow 0$, $Pe \rightarrow \infty$ und $Da \rightarrow 0$, bzw $Da \rightarrow \infty$ erklärt. Dann kamen eine Menge Nachfragen:
- Kopplungsbedingung erfüllt für $Da \rightarrow \infty$ und $Da \rightarrow 0$?
- Kurze begründung für den Grenzwert bei $Pe \rightarrow \infty$ und wie verhält es sich für $Da \rightarrow \infty$ bei $Pe \rightarrow \infty$

- Dann sollte ich noch sagen ob der Stofftransport schlechter oder besser ist als ohne heterogene chemische Reaktion. Hier bohrte er ganz schön lange nach, da ich mir hier auch ein wenig unsicher war, ich versuchte mit Konzentrationsgrenzschicht bei niedrigen Strömungen und so weiter zu argumentieren. In diesem Zusammenhang ließ er mich das Umströmungsprofil an einer Kugel zeichnen und wollte dann darauf hinaus das hier die Grenzschichthypothese nicht gilt, da wir kleine Reynoldszahlen vorliegen hätten. naja ich abbe noch ein paar Erklärungsversuche zum besten gegeben aber irgendwann hat er dann abgelaassen.

Nun lies er mich $Sh = 2$ herleiten, ich also Kugelschale aufgezeichnet, Transportfelle eingezeichnet, Tarnsportvorgene bezeichnet und die Bilanz hingeschrieben, mit Taylor vereinfacht und dann das Transportgesetz eingesetzt. Dann RB 's aufgestellt, die DGL gelöst und das Temperaturfeld erhalten. Um nun für die allgemeinen Definition des Übergangskoeffizienten den Gradienten an der Oberfläche zu bestimmen musste ich das ganze wieder ableiten. Nun den Gradienten in die Definitionsgleichung eingesetzt und das ganze umgestellt und erweitert, so dass ich auf $Sh = 2$ kam. Damit hatten wir dann

die Grundlagen abgehandelt.

Jetzt sind wir zu der überströmten Platte gekommen, wobei ich hier die Geschwindigkeits- und Partialdruck Profile für die Absorption und die Desorption aufzeichnen sollte und diese Profile erklären sollte (VTI-S5-16, Abb. 15.16). Ich habe bei der Absorption angefangen und dabei den Stefanstrom erwähnt, worauf ich ihm das mit dem Stefanstrom genauer erklären musste. Da wir gerade bei der Absorption waren habe ich ihm das ganze mit dem Becherglas und der Flüssigkeit erklärt. Das Problem war nur das das genau das entgegengesetzte Beispiel wie im Skript war, d.h. der Stefanstrom ist zur Flüssigkeitsoberfläche gerichtet, wie der eigentliche diffusive Stofftransport. Ich habe erklärt, wie die einzelnen Ströme zustande kommen und das der Verdampfungsstrom aus der Umgebung kommt, da ja aus der Flüssigkeit kein Stoff kommt und dieser Strom ebenfalls den anderen Stoff mitreißt.

Das hat ihm gereicht, nun sollte ich noch die bezogene mittlere Sherwoodzahl für die Absorption und die Desorption bei unterschiedlichen Partialdruckverhältnissen aufzeichnen (VTI S. 5-17 Abb. 5.18) und erklären, warum der Stofftransport bei der Desorption trotz Stefanstrom schlechter wird, hierauf habe ich ihm gesagt, das er im Verhältnis zum Stofftransport mit niedrigen Partialdrücken schlechter wird, aber im Vergleich zur aquimolaren Diffusion dennoch besser ist. Das sollte ich ihm dennoch begründen. Also habe ich mit der besseren Konvektion über der Platte in x-Richtung argumentiert, die die Konvektion in y-Richtung (die Richtung in die der Stefanstrom gerichtet ist) verschlechtert. Das hat ihm dann auch schon gereicht.

Nun sind wir zum letzten Thema gekommen, der Zweiphasenströmung. Hier fing ich an aus dem Kopf zu erzählen, was mir alles so einfiel: homogenes Modell (mittlerer Dichte, mittlere Viskosität erwähnt), heterogenes Modell, die Besonderheiten, die Unterschiede, wann welches Modell besser geeignet ist u.s.w. Dann wollte er wissen wie man nun tatsächlich die einzelnen Druckverluste berechnet. Also hab ich die allgemeine Druckverlust Gleichung aufgeschrieben und wollte schon weitermachen mit Lockhard Martinelli, aber er wollte noch wissen wozu ich denn nun genau die mittlere Viskosität benötige, wofür die mittlere Geschwindigkeit benötigt wird sehe er. Meine Antwort, für den Widerstandsbeiwert reichte ihm aus und er wollte nun wissen wie ich den Druckverlust nach dem heterogenen Modell berechne. Nun konnte ich mit meinem Lockhard - Martinelli kommen. Also habe ich ihm erklärt, das man annimmt das der Stoff alleine im Rohr strömt und wir zu erst die einphasigen Druckverluste bestimmen, mithilfe derer wir den Martinelli Parameter bilden und dann den Korrekturfaktor entweder für die flüssige oder gasförmige phase bestimmen und daraus den 2-phasigen Druckverlust bestimmen. Nun sollte ich in das Lockhard-Martinelli Diagramm (VT-II, S. 15-13, Abb. 15.10) noch die Achsen beschriften und Punkte eintragen, von denen ich die Werte kannte. Da hat er mich voll erwischt. Ich wusste noch, das an dem Schnittpunkt der Flüssigen und der Gasförmigen Korrekturfaktoren der Martinelli Parameter 1 war, aber er wollte wissen, was ich auf der y-Achse für Punkte eintragen kann. Da bin ich richtig ins Schwimmen gekommen und habe viel rumprobiert, aber keine Lösung gefunden. Im Nachhinein stellte sich heraus, das ich dort gar nix exakt eintragen kann, da ich die Werte nicht kennen. Nunja, ab diesem Zeitpunkt ging es dann auch nur noch schleppend weiter. Kraume wollte noch wissen, was für Angaben bekannt sein müssen um die Druckverluste der Zweiphasenströmung zu bestimmen. Hier ghabe ich alles mögliche aufgezählt, aber auf die einzelnen Volumenströme der Phasen bin ich nicht gekommen.

Ja das war dann aber auch schon das Ende der Prüfung und ich war auch ganz schön ausgelaut, auch diesem Ritt quer durch die VT. Jedoch muss ich sagen, das er die Fehler nicht übel genommen hat, er legte viel wert auf ein allgemeines Verständnis und die Herangehensweise zur Problemlösung ist ihm ebenfalls sehr wichtig, sowie die Art und Weise wie man seine Ansichten begründet.

VT Prüfung

Note: 1,0

22. Februar
Seite 1/4

Themen	
1) VORTRAG: Bodenprobleme	VT II
2) Mehrphasenformungen	VT I
3) Grundlager	VT I
4) Kette	VT I

1) Vortrag über **Bodenprobleme**: E_g , E_{gM}

- Schritte der Kette
- Profil für x in der Erstgenese
- Profil von Y in der Dampfphase \Rightarrow Einfluss von Punktstrahlungsverhältnis
- Ermittlung der mittleren γ in Dampfphase: g_2
- \Rightarrow Einführung von Bodenstrahlungsverhältnis
- Ergebnisse der Berechnung von E_g :

$$E_g = 1 - \exp\left(-\frac{kg \cdot a \cdot h_{err}}{c_g - c_g}\right)$$

+ Kommentar darüber

- Erklären wie man E_{gM} berechnet, im 2. Folien
- a) Feuchtkeuschicht richtig rechnet
- b) Keuschicht

Insgesamt: 7 Minuten

Es hat gemeint:

- es ist ein ziemlich komplexes Thema
- ich halte ein Anfangspunkt, und ein Endpunkt (z.B. Kette von man Eg und Eg (Berechnung))
- soll nicht getrennt aus während dem Vortrag

Ich habe gemeint:

- viel mit Splitter zeigen
- etwas "komplexes" damit zu erklären

Frage dazu:

→ Was ist es wichtig für die Auslegung der Kette?

Ich habe gemeint: Eg denn es ist eine mittlere

"Größe" (die Punktzustandsverhältnisse sind gegeben zu genau).

Außerdem ist Eg die Größe, die die Auslegung

zur Komplexität des Netzes zusammenfasst.

→ die Bilanz für die Erhaltung von Neg (die ich

in dem Vortrag gezeigt hatte) wirklich schreiben und erklären

→ dann versuchen zum Buchvermerk in der Buchreferenz?

$$\Delta \uparrow = \Delta \uparrow t + \Delta \uparrow R + \Delta \uparrow g$$

erklären die Termen.

→ was ist der wichtigste Term darin? oder die wichtigsten Termen?

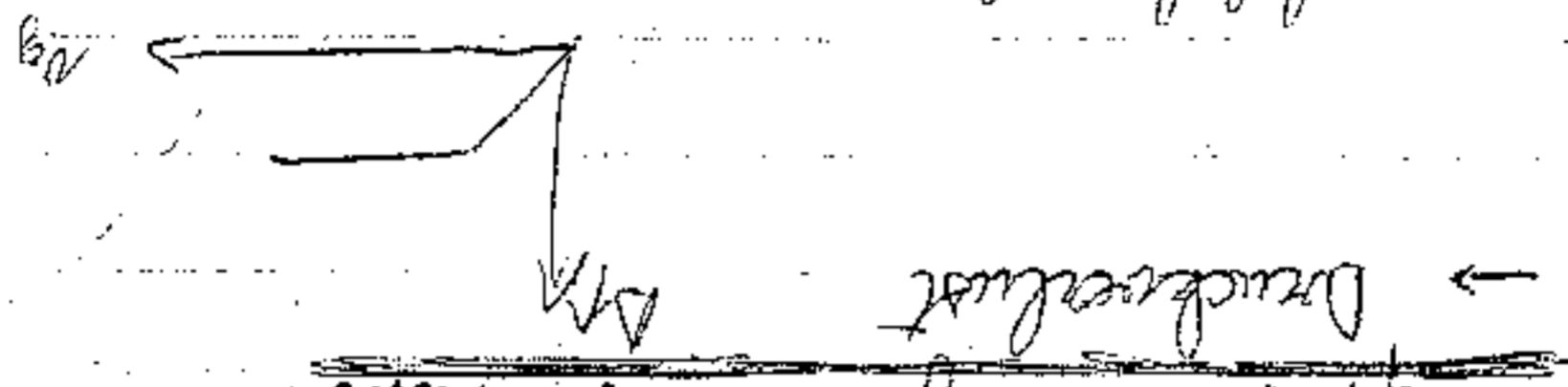
Waarum ist es wichtig An zu kommen?
 Ich habe viele Antworten gesucht: alle werden falsch...
 es hat nichts mit dem Arbeitsbereich zu tun z.B.
 er hat mich am Ende gesagt, das es eine schlechte Frage
 kein Problem wenn ich das nicht beantworten konnte...
 eigentlich hat es mit der Temperatur in der Kette zu tun
 und ein Einfluss auf den Thermodynamik der Kette...

WICHTIG ZUM VORTRAG:

- das Kapital, und das ganze Komplex bezeichnen. "Abstand" mit dem Thema haben.
- man sagt manchmal, das die Netz der ganzen Prüfung diejenige des Vortrags ist.
- ich weiß nicht ob es wirklich ist, aber es gibt Prof. Kramm ein Tag $\frac{1}{2}$ von dir. Er kann wissen ob du malen? oder 3,0 bist
- außerdem, wenn du die Nachfragen nicht beantwortest kannst werden er Range auf diesem Komplex stellen, und die ganze Prüfung mit dann schwer für dich

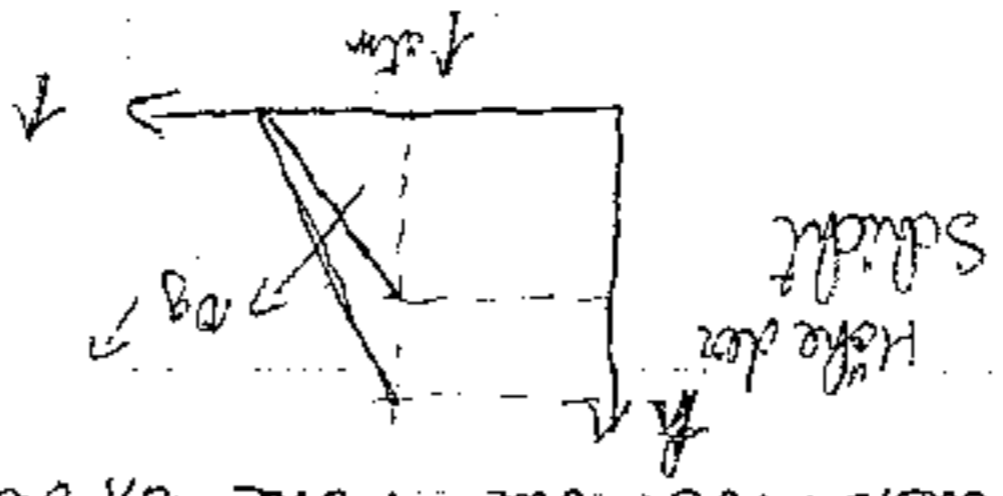
2)

Herz-Kreislaufstromung: **Wiederholung!**



ich habe gleich gesagt, es ist konstant, weil es nur die Schwerkraft - Auftriebskraft zu überwinden gibt, was...

Druck über die Höhe in der Schicht



linear, dann alles konstant
 NB: Höhe der Schicht
 hängt von ρg ab.

3) Grundlagen

→ Rührkessel: Gleichung für die Konzentration, mit Reaktion erster Ordnung

→ Profil von C_A , mit $k_1 = \infty$, $k_2 = 0$, $k_3 = \text{endlich}$.

4) Rohre:

→ Profil im laminaren Bereich, völlig ausgebildet

→ was passiert wenn η 10 Mal größer wird?
das gleiche Profil!

→ wenn η 10 Mal kleiner?
das gleiche ... aber man soll darauf achten, dass die Strömung nicht turbulent wird, denn $Re \uparrow$.

→ Profil für strukturviskose und dilatante
Fluide?

DANN: Viel Erfolg, viel Glück...

Vergiss nicht, dass nichts alles vom Skript wichtig ist, aber das wichtigste solltest du frisch im Kopf, damit du in der Prüfung nicht hängen bleibst.

Dazu solltest du Methoden haben... das lernst du allmählich egal ob du es vergessen hast, sie sind mit dir in der Prüfung.

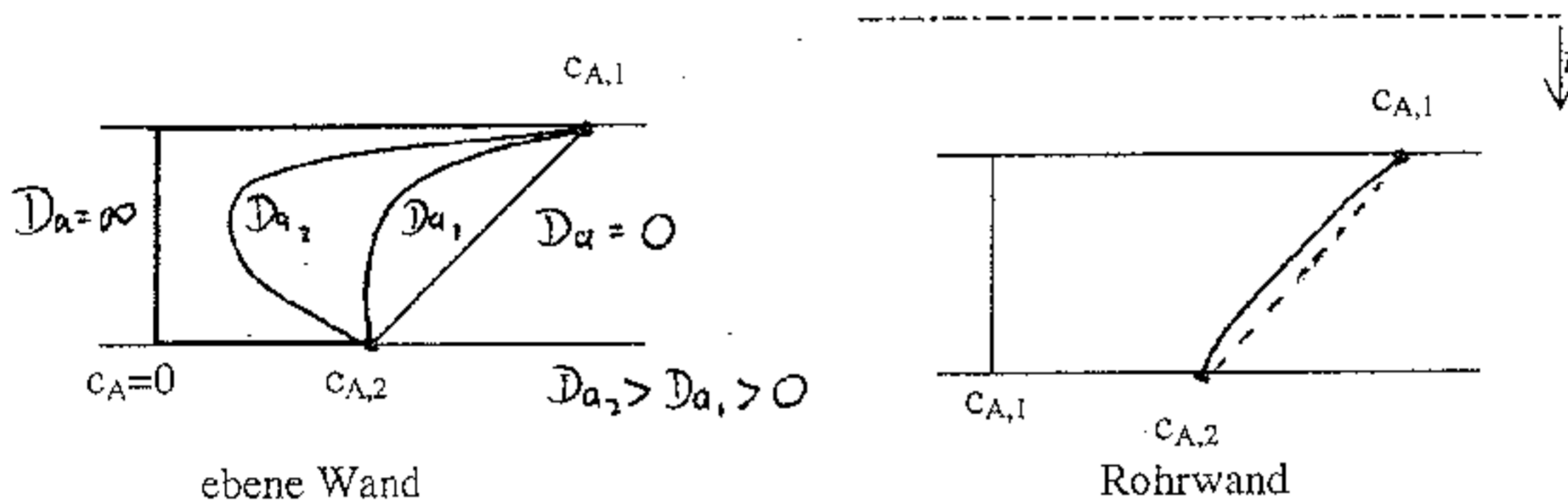
Grundlagen:

Mußte stat. Konz.profil an ebene Wand und Rohrwand hinzeichnen, wenn die Innen- und Außenkonz. aufrechterhalten bleiben sollen. Es ist linear in der ebenen Wand aber gekrümmt für die Rohrwand. Leider habe ich vergessen, in welcher Richtung die Profil fürs Rohr gekrümmt sein soll. Mußte dafür die differentielle Bilanzierung hinschreiben und daraus die Lösung kriegen.

$$\begin{aligned} d\dot{N}/dr = 0 \text{ (stat.)} & \Rightarrow d(A \cdot \dot{n})/dr = 0 \\ & A \cdot \dot{n} = \text{konst.} \\ 2\pi r l \cdot (-D_{AB} \cdot dc/dr) & = \text{konst.} \\ \Rightarrow dc/dr & \sim 1/r \end{aligned}$$

(Ich glaube, daß ich das sowieso beweisen müßte, hätte ich die Lösung gewußt)

Wie sieht dann die Konz.profil aus, wenn ich eine Reaktion erster Ordnung habe? Die Profile für $Da = 0$, unendlich und 2 endliche Werte hinzeichnen.



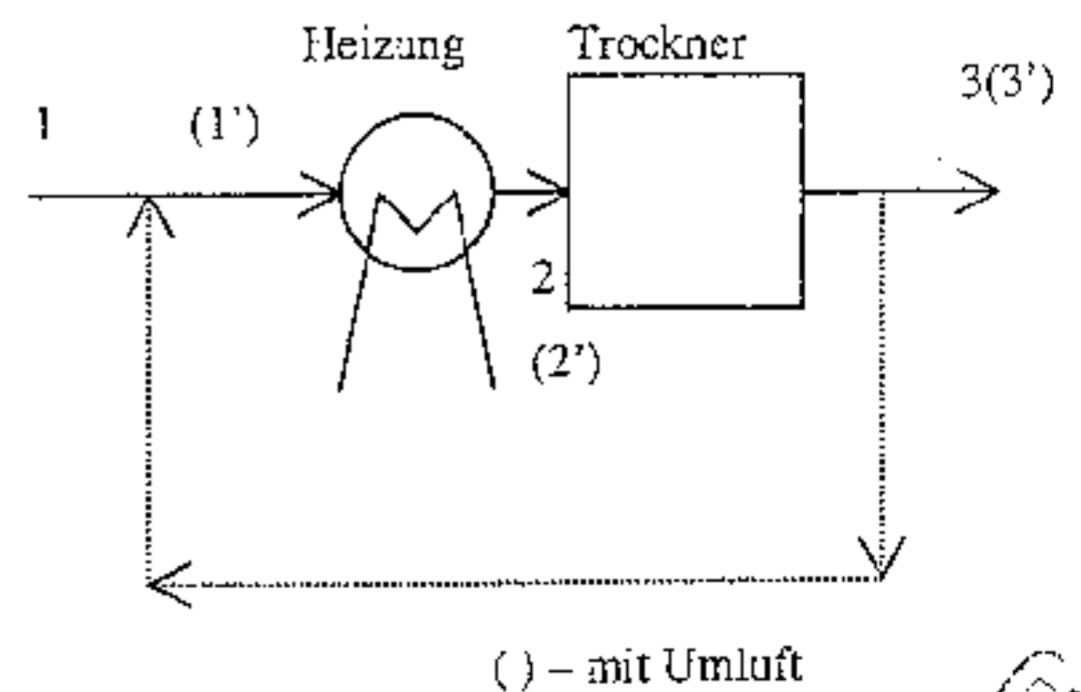
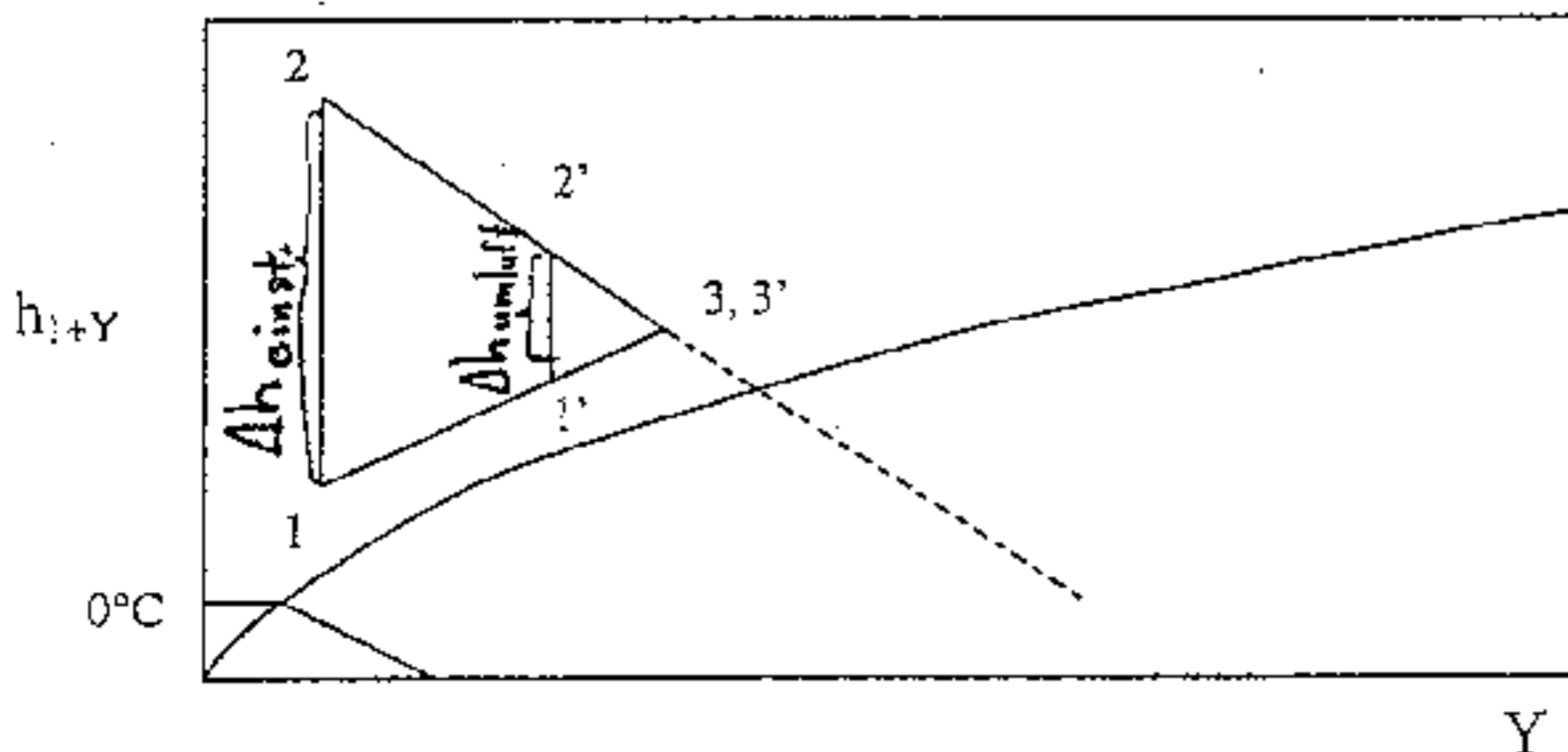
Ist das Minimum in der Mitte?

Habe ich geschätzt, ja. Kraume hat nachgefragt, warum? Konnte ich nicht erklären, wobei er dann erzählt hat, daß das ein asymmetrisches Problem sei und daher weißt man nicht genau wo das Min. sei!

Trocknung:

Zeichnen Sie mal die einstufige Trocknung im Mollier Diagramm.

Habe ich hingemahlt, nachdem ich ihm alles über das Diagramm erklärte (Achsen, Steigungen, Isotherme, Isenthalpe, usw.) Er hat nachgefragt, ob die Beladung bei 0°C null ist und ob die Isothermen parallel sind. In beiden Fällen, nein!



82
92

Wann endet man das Trocknen?

Bei etwa $\varphi = 80\%$.

Zeichnen Sie nun ein Umlufttrockner und das Fließbild dazu. Nehmen Sie an, daß die gleiche Ein- und Ausgangsbedingungen für die Luft herrschen würden, und daß die Umluftmenge 2-mal soviel wie die eingesaugte Luft.

Siehe oben. Zu achten ist der Hebelarmgesetz. \bar{I}'_3 soll die Hälfte von \bar{I}'_1 sein.

Warum macht man Umlufttrocknung?

Um die Eintrittstemperatur zu senken, so daß Temp.empfindliche Gute geschützt werden können.

Welche der beiden Methoden verbraucht mehr Energie?

Wußte ich nicht so genau und Kraume hat mich auf die folgende Gleichung hingewiesen: $\dot{Q} = \dot{m} \cdot \Delta h$. Dann aus Proportionalität der Dreiecken :

$$\left. \begin{array}{l} \Delta h_{\text{umluft}} / \Delta h_{\text{einst.}} = \frac{\dot{m}_{\text{umluft}}}{\dot{m}_{\text{einst.}}} = \bar{I}'_3 / \bar{I}'_1 = 1/3 \\ \text{mit } \frac{\dot{m}_{\text{umluft}}}{\dot{m}_{\text{einst.}}} = 3 \end{array} \right\} \Rightarrow \dot{Q}_{\text{umluft}} = \dot{Q}_{\text{einst.}} !$$

Blasensäule:

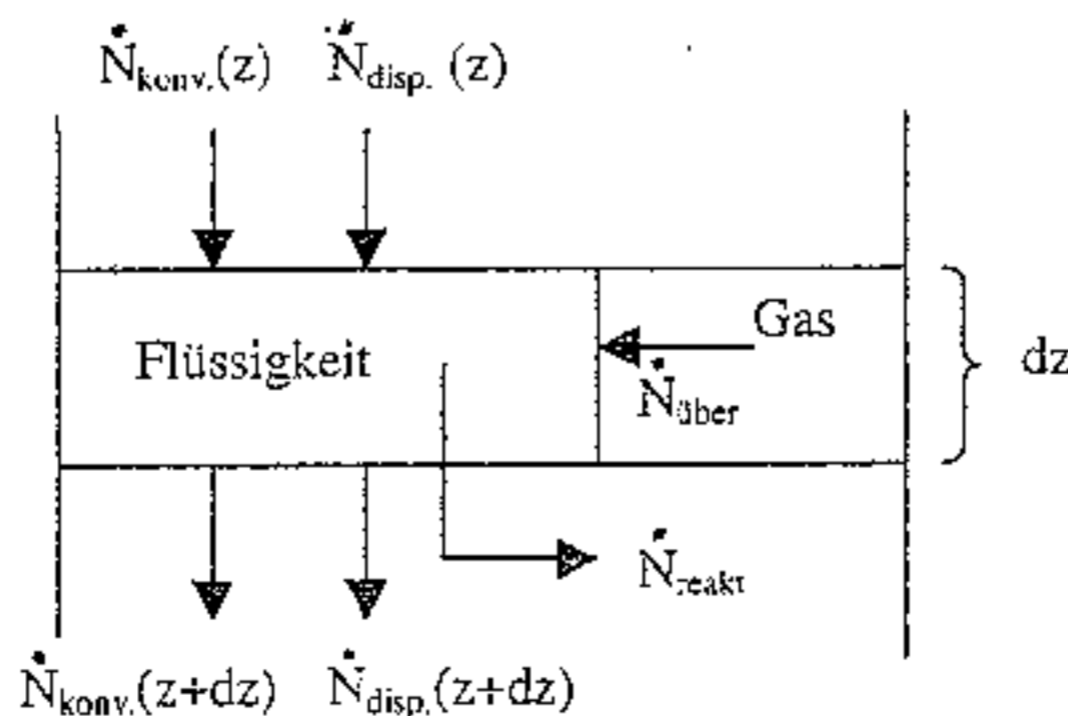
Was sind Blasensäulen und wofür braucht man so etwas?

Habe einfach gesagt, daß eine Blasensäule entsteht aus einer Fl.säule, in sie Gasblasen reingeblasen wird. Man nutzt sie z.B. wenn man eine Reaktion zwischen Flüssigkeit und Gas oder wenn man einfach das Gas in die Flüssigkeit lösen will.

Wie sieht die Modellbildung von einer Blasensäule aus?

Ich konnte es am Anfang nicht, wobei Kraume dann meinte, ich soll einfach eine Blasensäule hinzeichnen und dann für ein differentielles Volumenelement bilanzieren. Patrick hat noch die Trennphase für mich gezeichnet, da ich ziemlich verwirrt war! (Muß ich auch dazu sagen, daß Patrick an vielen Stellen geholfen hat! Danke!!) Habe dann alle Terme einen nach dem anderen genannt und entsprechend gezeichnet. Habe die allgemeine Bilanzgleichung hingeschrieben:

$$\dot{N}_{\text{konv.}}(z) + \dot{N}_{\text{disp.}}(z) + \dot{N}_{\text{über.}}(z) - \dot{N}_{\text{reakt.}}(z) = \dot{N}_{\text{konv.}}(z+dz) + \dot{N}_{\text{disp.}}(z+dz)$$



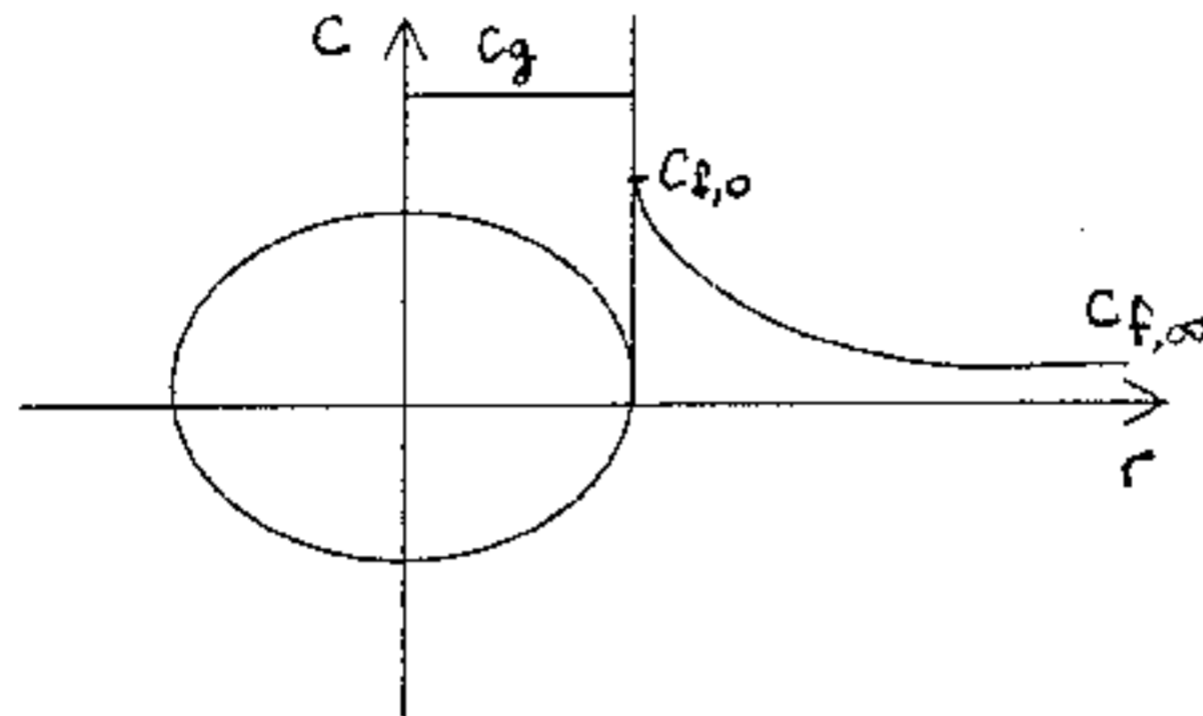
Radiale Disp. soll dabei vernachlässigt werden.

Wie definiert man die einzelnen Ströme?

Gl. 19.21 bis 19.24, wobei ich die ganzen ϵ 's nicht geschrieben habe, sondern nur die Terme ganz allgemein definiert.

Welche Konz.diff nimmt man bei $N_{\text{über}}$ und warum?

Die Konz. in der Gasphase bleibt etwa konst., da es entweder Gasüberschuß gegeben wird oder nur ganz wenig vom Gas abtransportiert wird. Daher wird T'portwiderstand nur in der fl. Phase betrachtet. Mußte noch die Konz.profil an einer Gasblase mahlen.



Warum tritt N_{disp} auf?

Wegen innerer Zirkulation, die in Zellen stattfinden.

Fazit:

- Man braucht viel Glück, um die „richtigen“ Komplexe zu bekommen. Für mich waren diese Komplexe genau was ich wollte und die Fragen ziemlich einfach und direkt, obwohl ich mich bei der Blasensäule ein bißchen mehr bemühen mußte.
- Ich kenne mich besser mit VT I aus und daher habe ich meinen Vortrag aus VT II absichtlich gewählt, so daß ich dadurch schon ein Komplex weniger in VT II hatte! Hat funktioniert!
- Wie es auch in anderen Protokollen berichtet wurde, muß man mit einem guten Vortrag einsteigen und gut auf alle mögliche Fragen vorbereitet sein. Ich habe TGO gehört und die Prüfung auch gemacht, daher kenne ich mein Vortragsthema ziemlich gut aus. Ich bin auch der Meinung, daß Kolonnen vielleicht nicht gerade Kraumes Gebiet ist.
- Kraume legt wirklich viel Wert auf Herleitung aus den Grundlagen und Grundkenntnissen, und mehr so, wenn man selbst danach auf die richtige Lösung kommt! Also keine Panik wenn Du irgendwas nicht direkt weißt: Kraume wird schon versuchen, daß Du es alles schrittweise selber auf die Ergebnisse kommst. Es wird nicht schlecht bewertet, wenn Du auch so die Lösung kriegst.
- Seine Fragen gut überlegen. Sie könnten Hinweisen für die Lösung sein!
- Das Skript gut durchlesen und alle Grundlagen gut beherrschen, vor allem Bilanzierung. Aber man braucht nicht alle Diagramme und Formeln auswendig zu lernen. Es ist erstens fast unmöglich, und zweitens schätzt Kraume es mehr, wenn man es herleiten kann.

Viel Glück!!!

Prüfungsprotokoll Verfahrenstechnik I & II

23.03.03

Prof. Kraume

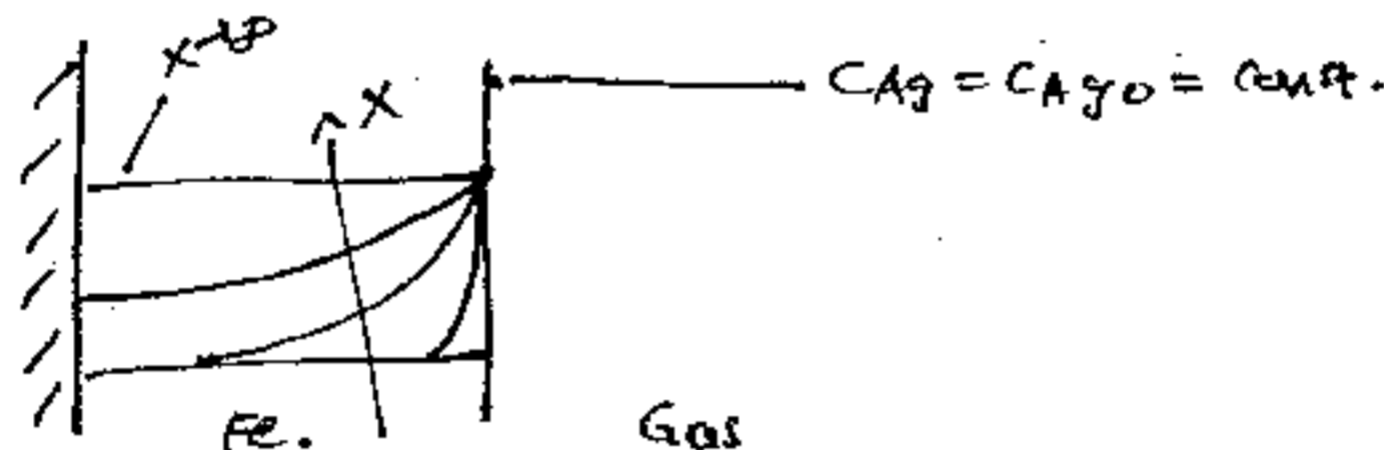
Note: 1,3

Vortragsthema: Rieselfilm

Auf Anraten von Robert habe ich meinen Probevortrag noch „aufgebessert“, also meine einführenden Worte und den Teil Fluidodynamik beim Rieselfilm weggelassen und stattdessen das „anspruchsvollere“ Thema, nämlich die Reaktion 2. Ordnung, dazugenommen. Laut Robert kann man sich Allgemeines sparen und sollte in der kurzen Zeit möglichst viel komplizierten Stoff vorstellen, um zu zeigen, dass man etwas verstanden hat. Ausgereifte Präsentationstechniken sind nicht gefragt.

Zum Vortrag:

- Voraussetzung: laminarer, glatter Film, ausgebildete Fluidodynamik, keine Beeinflussung des Geschwindigkeitsprofils durch den Stoffübergang oder die Reaktion
- Profile für physikalische Absorption gezeichnet; keine Abreicherung der Komponente A im Gas; kein Stofftransportwiderstand im Gas; Gleichgewicht beschrieben durch Henry, da Komponente A in der Flüssigkeit nur gering löslich



Anfangs unendlicher Gradient, der durch den SÜ abnimmt und für $x \rightarrow \infty$ zu Null wird; beschreibende DGL aus Stoffbilanz (Gl. 10.18, Skript WS 01/02)

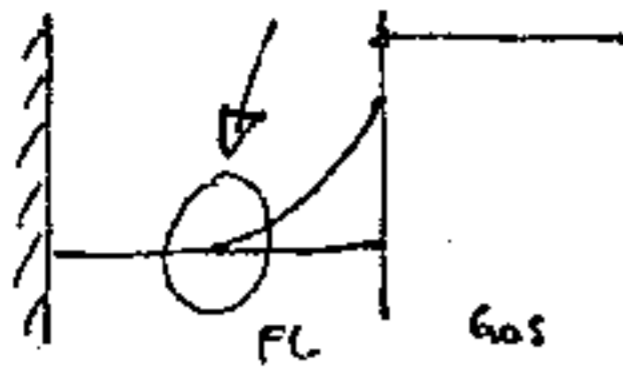
- Sh_5-x^* Diagramm (10.10), anhand der Gradienten erklärt
- Reaktion 1. Ordnung, Profile gezeichnet, DGL um Reaktionsterm ergänzt (in anderer Farbe, mag er gern); Verbesserung des Stofftransportes, da durch Reaktion im Film höhere Gradienten; für $x \rightarrow \infty$ bleibt der Gradient erhalten; zusätzlicher Parameter Da
- In obiges Sh_5-x^* Kurven für steigende Da -Zahl eingezeichnet (ähnelt der Abb. 10.13, Re durch Da ersetzen); die Kurven lösen sich umso früher von der Kurve des rein physikalischen Transportes je höher Da ; Endwert umso höher je grösser Da
- Reaktion 2. Ordnung; nicht-flüchtige Komponente B in der Flüssigkeit; Beschleunigung des Stofftransportes nur, solange B vorhanden ist; Sh_5-x^* für Reaktion 2. Ordnung; Kurven lösen sich für höhere Da -Zahl früher ab und laufen für steigendes x^* in die $Da \rightarrow \infty$ Kurve ein; wenn B verbraucht nur noch rein physikalische Absorption
- Fazit: Verbesserung des Stofftransportes bei Reaktion 2. Ordnung nur im Bereich mittlerer Einlaufkennzahlen, bei 1. Ordnung dagegen auch bei hohen Einlaufkennzahlen (s. konstanter Endwert)

Fragen zum Vortrag:

- Größenordnung an Ordinate schreiben für Reaktion 2. Ordnung.

Bei mir ergab sich für $Da \rightarrow \infty$ eine um eine Zehnerpotenz grössere Sh -Zahl; d.h. ich habe die Kurve in zu grossem Abstand zur $Da=0$ Kurve (phys. Transport) gezeichnet, da laut Skript im korrespondierenden $E=f(x^*)$ Diagramm (10.21) E maximal ≈ 2 ist, also $Sh_{mitRkt.} = 2 \times Sh_{ohneRkt.}$

- Profile bei Reaktion 1. Ordnung, Nullgradient?



Nachdem ich überlegen sollte, was in dem Volumenelement passiert, ist mir nach erst falscher Antwort klar geworden, dass noch Stoff in das Volumenelement transportiert wird, also ein Gradient grösser Null vorliegt.

- Wo liegt die $Da \rightarrow \infty$ Kurve im Sh-Diagramm für Reaktion 1. Ordnung?

Löst sich im Unendlichen von der Grundkurve ab, liegt demnach im Unendlichen.

- Wieso lösen sich die Kurven für Da von der Grundkurve (phys. Tr.) ab?

Anfangs unendlicher Gradient, Diffusion bestimmt den SÜ (Diffusionshemmung), Reaktion führt zu keiner Verbesserung.

- Wieso verbessert die Reaktion 2. Ordnung den SÜ nicht signifikant; Profile für $Da \rightarrow \infty$ zeichnen

Stoff B und A reagieren zuerst nur nahe der Phasengrenzfläche; für steigendes x^* muss Komp. B an die Phasengrenze transportiert werden. Bei $Da \rightarrow \infty$ reagieren Komp. A und B nur an einem Punkt (s. Abb. 10.19); dieser verschiebt sich mit steigendem x^* von der Phasengrenze in Richtung Wand. Der Gradient nimmt trotz unendlicher grosser Da -Zahl ab.

- Profile für eine Reaktion 1. Ordnung bei Abreicherung im Gas und $H^*=1/3$

Erstmal habe und sollte ich feststellen, dass in diesem Fall $c_{Aof} > c_{Aog}$; also $H^*=3$; bei Annäherung der Konz. profile nimmt der Abstand zwischen c_{Aof} und c_{Aog} auf Grund der Henry-Zahl ab. Am Ende sind beide Konzentrationen Null.

Rohre

- w-Profile für die ausgebildete laminare und turbulente Rohrströmung bei $\dot{V} = \text{konst.}$ zeichnen
- Druckverlust? – bei der turbulenten Strömung grösser, da höherer Gradient an der Wand
- Nikuradse-Diagramm zeichnen

Ich habe den Einfluss der Rohrrauigkeit im turbulenten Bereich erwähnt. Dazu sollte ich ihm erklären, wie Nikuradse seine Versuche gemacht hat (Rohre künstlich mit Sand aufgeraut, grosse Sandkörner - hohe Rauigkeit) und woher der Einfluss der Rauigkeit kommt: Im laminaren Bereich „verschluckt“ die Strömung Ungleichheiten bei der Rauigkeit. Im turbulenten Bereich ist das genauso, solange die laminare Unterschicht grösser als die Rauigkeitstiefe ist. Mit steigender Geschwindigkeit (Re-Zahl) wird die Unterschicht dünner und die Rauigkeitsspitzen überragen irgendwann die Unterschicht – es ergeben sich verschiedene Kurven je nach Rauigkeit.

Platten

- w- und c-Profile für Absorption und Desorption bei hoher Partialdichte zeichnen; jeweils ein Diagramm für w und c bei Absorption/Desorption

Bei der Absorption gibt es einen Stefanstrom der Komp. A zur Platte hin (Komp. B kann nicht in die Platte eindringen), die Profile werden an die Platte gedrückt, die Grenzschichten von w und c kleiner, die Wandgradienten steiler. Bei der Desorption ist es genau umgekehrt.

- Zusammenhang zwischen den Profilen und dem Stoffübergang (Abb. 5.18)

Bezogene Druckdifferenz A_p aufgeschrieben und Grenzen „hergeleitet“ - z.B. liegt bei der Absorption im Fall der einseitigen Diffusion über der Platte fast nur Komp. A vor, also $p = p_A$

$\Rightarrow A_p = 1$;

- Da bei der Desorption $Sh_{\text{eins}}/Sh_{\text{äqui}}$ gegen $-\infty$ geht, scheint sich SÜ bei der Desorption trotz Stefan-Strom zu verschlechtern

MOA

M

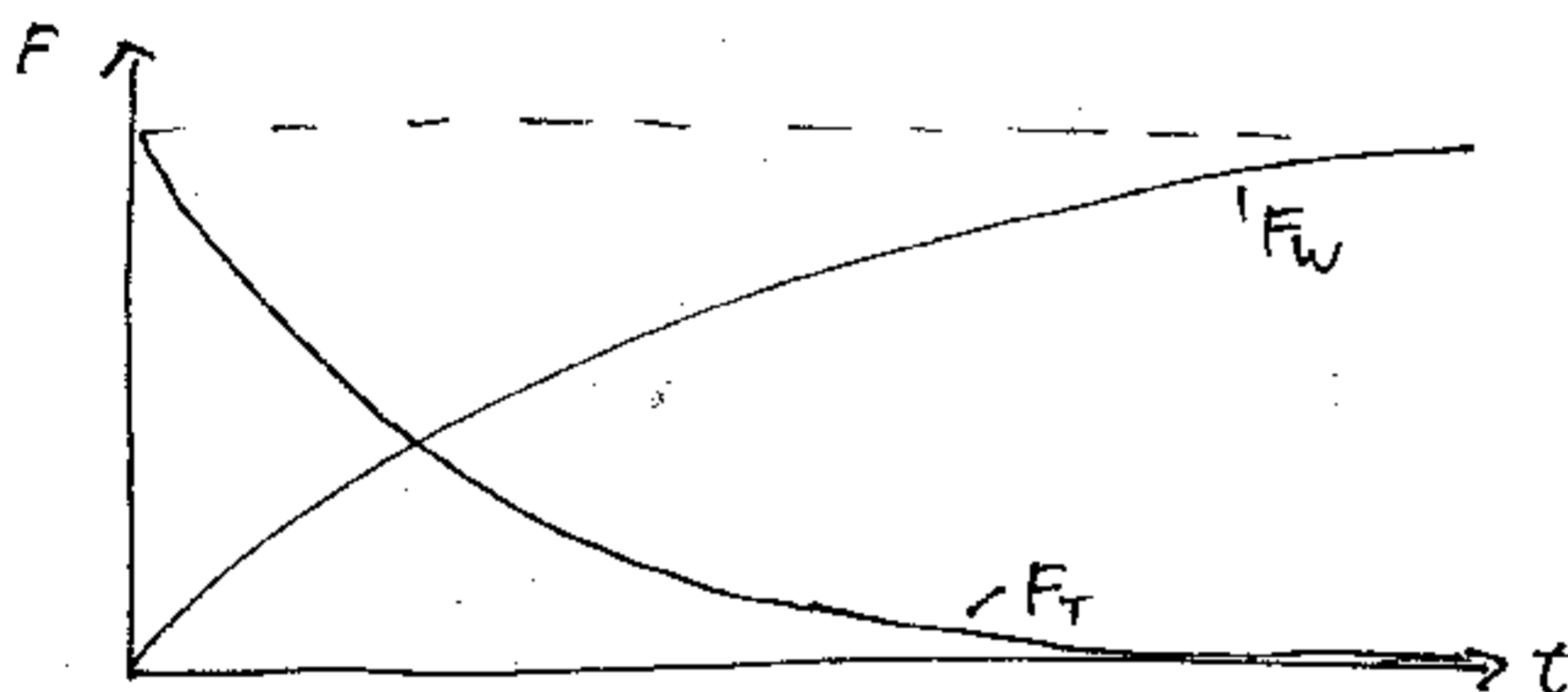
Hier bin ich trotz oder vielleicht gerade wegen alter Prüfungsprotokolle durcheinandergekommen. Ich habe erzählt, dass durch das weggedrückte w -Profil die Geschwindigkeit in Strömungsrichtung über der Platte abnimmt und dadurch der konvektive Stoffstrom verschlechtert wird. Meine Aussage, dass der Stefanstrom die Desorption trotzdem verbessert, war falsch. An den Gradienten (die nämlich flacher werden) sieht man, dass der molekulare Stofftransport verschlechtert wird.

Partikeln

- Instationäre Partikelbewegung, Partikel mit angreifenden Kräften zeichnen
Ich habe eine Partikel gezeichnet und erklärt, dass die Trägheits- und Widerstandskraft der Ursache entgegen wirken, also entgegen der Gewichtskraft und mit der Auftriebskraft in dieselbe Richtung zeigen. Meine Pfeile waren allerdings alle gleich lang, was mir den Kommentar von Kraume einbrachte, dass sich Newton jetzt im Grabe umdrehen würde (da Länge eines Vektorpfeils = Betrag der Grösse). Mit dem Zusatz $\sum F=0$ war er zufrieden.

- Verlauf der Kräfte über die Zeit, F - t -Diagramm

Ich habe alle Kräfte aufgeschrieben um zu klären, ob sie mit der Zeit variieren. Die Gewichtskraft und Auftriebskraft bleiben konstant, wobei bei meiner Partikel $F_G > F_A$. Ich habe laut überlegt und gesagt, dass die Partikel absinkt, da sie ein Feststoff ist. Da hat er prompt protestiert -- eine Holzkugel in Wasser sinkt schliesslich auch nicht ab. Physikalisch korrekt ausgedrückt ist die Dichte meiner Partikel grösser als die der Umgebung. Die Trägheitskraft wird bei Erreichen der stationären Partikelbewegung ($w = \text{konst.}$) Null. Demgegenüber nimmt die Widerstandskraft mit zunehmender Geschwindigkeit zu. Es ergibt sich folgender Kurvenverlauf:



$F_G, F_A = \text{const. über } t$

Alle Kräfte zusammen müssen Null ergeben. Dabei hilft es, das Kräftegleichgewicht folgendermaßen aufzuschreiben: $F_W + F_T = F_G + F_A$. Daran erkennt man, dass die linke Seite zusammen eine Konstante ergeben muss. Ziemlich verwirrend fand' ich seine Frage, wo denn das Maximum der Kurve sei. Erstmal dachte ich, dass ich die Kurven falsch addiert habe, da ich kein Maximum finden konnte. Über die Kräftebilanz bin ich darauf gekommen, dass es in der Tat kein Maximum gibt und es eine reine Verwirrfrage war, die ich am besten mit einem sicheren „Es gibt kein Maximum“ beantwortet hätte.

Kommentar:

Die Vorlesung lag bei mir bereits 1 Jahr zurück. Die Vorbereitung hat ca. 2,5 Monate gedauert. Dabei war der letzte Monat sehr intensiv, d.h. 6-7 Tage die Woche Vollzeit-Lernen. Bei der Fülle des Stoffs ist das Skript fast ausreichend, als zusätzliche Literatur habe ich die Bücher von Brauer und am Rande Skripte anderer Fächer wie TGO und Technische Reaktionsführung benutzt. Für mein Vortragsthema habe ich mir die Habilitationsschrift „Absorption mit irreversibler homogener chemischer Reaktion erster und zweiter Ordnung im wellenfreien und welligen Rieselfilm“ von Spilger aus der Hauptbibliothek ausgeliehen.

M

Am wichtigsten war mir das Lernen in der Gruppe – ein grosser Dank an meine Lerngruppe!!! Gerade die Grundlagen sollte man sehr gut verstanden haben. Jede unpräzise oder flasche Bemerkung zieht in der Prüfung eine Frage nach sich. Herr Kraume kriegt sehr schnell mit, ob man die Physik verstanden hat oder nicht. In letzter Zeit prüft er vermehrt die Rechenfähigkeit der Studis ab und lässt gerne Bilanzen komplett mit Randbedingungen lösen. Meine Prüfung war da eine Ausnahme. Mein Tipp ist, die Grundlagen gut zu lernen und nur die wichtigsten oder am häufigsten gefragten Formeln auswendig zu können. In der Zusammenfassung von Anja „Das Wichtigste aus VT I/II“ sind die beliebtesten Prüfungsthemen aufgelistet. Viel Glück!

AAA

Prüfer: Herr Kraume

Note: 1,0

Lernzeit: 3 1/2 Wochen vor der Prüfung + am Anfang des Semesters ein wenig

Vorab:

Ich habe in den anderen Prüfungsprotokollen ein, zwei Sachen gelesen, die glaube ich falsch sind. Auch mein Protokoll ist natürlich vor Fehlern nicht gefeit, so dass ich empfehlen würde, dass ihr wenn Ihr nicht sicher seid, mal in der Sprechstunde fragen geht. PS: Geht ruhig auch mal zu Kraumes Sprechstunde.

Vortrag: Stofftransport an Partikeln mit heterogener Reaktion

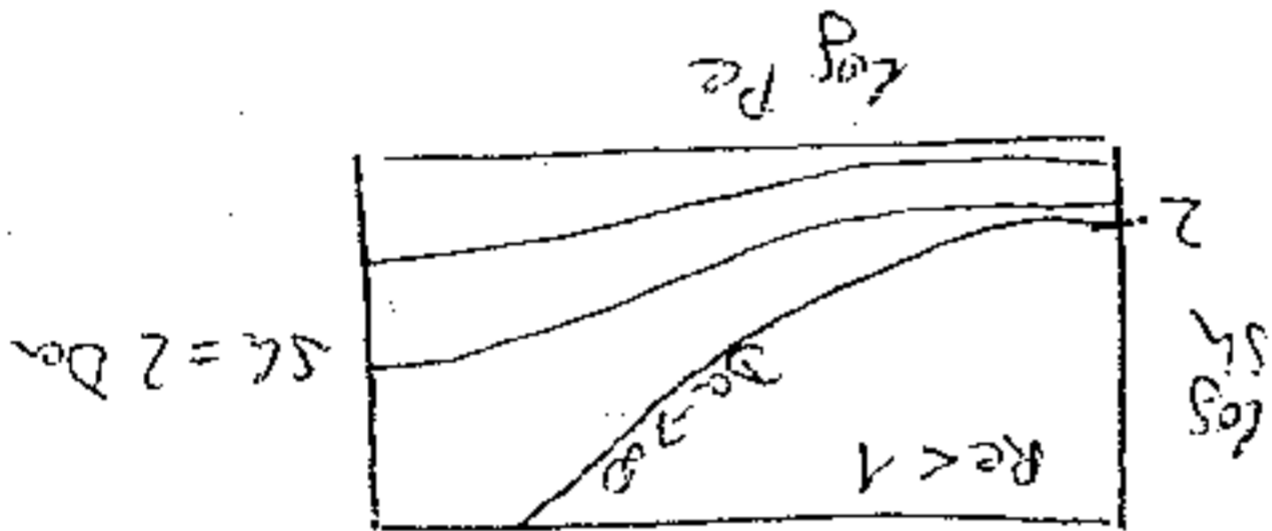
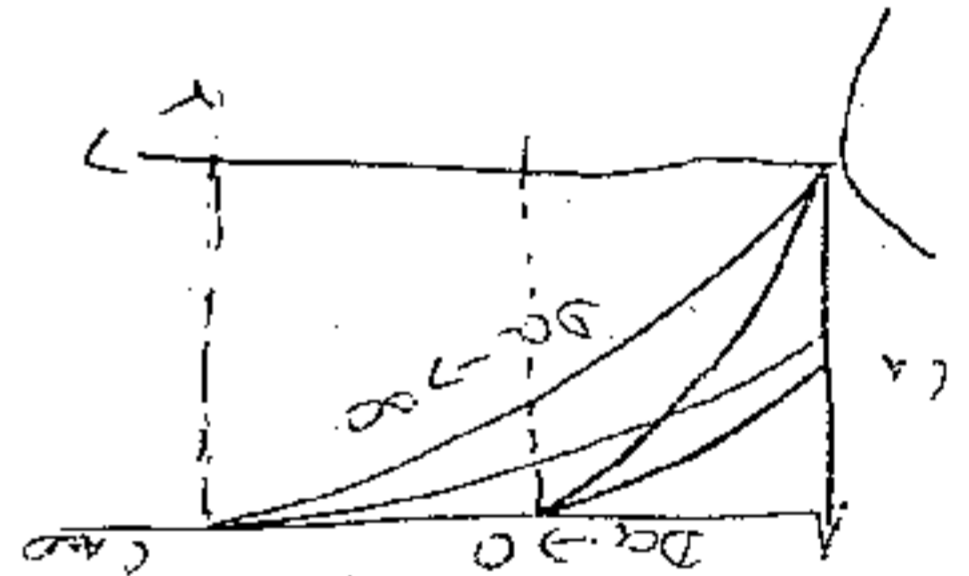
Anfangen habe ich meinen Vortrag mit der Kopplungsbedingung:

$$n = k \cdot c_{A0} = -D_{AB} \left(\frac{\partial c_A}{\partial r} \right)_R = \beta \cdot c_{A0}$$

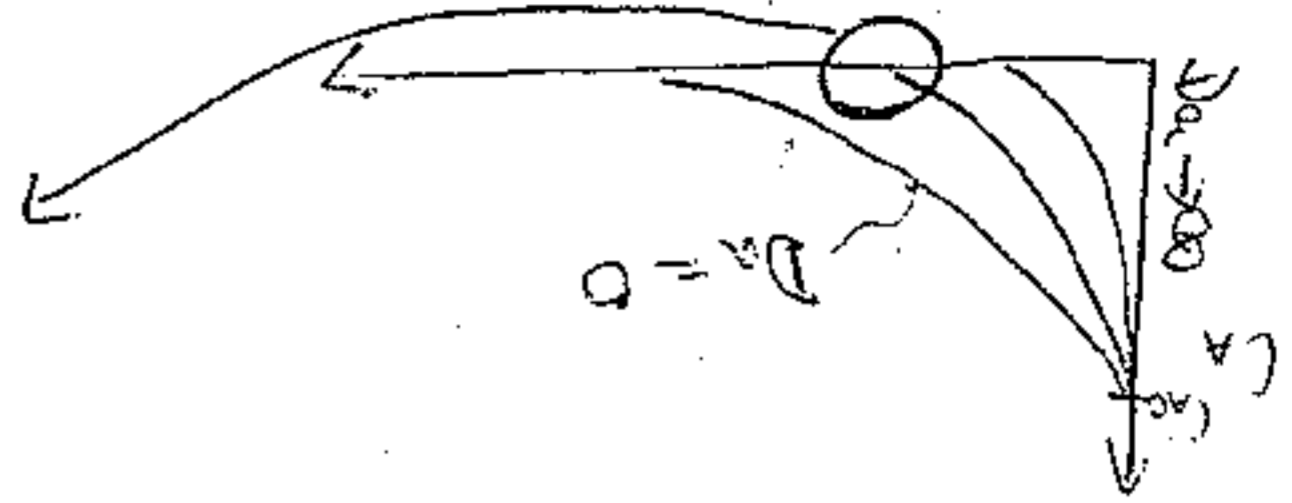
Dann habe ich die Konzentrationsprofile für verschiedene Damköhler-Zahlen und Péclet-Zahlen

erklärt. (riesig groß zeichnen) Dazu noch die Definitionen von Da , Pe und Sh .

Danach noch das Sh über Pe Diagramm. Noch erwähnt, dass die Da gegen unendlich Linie mit der Kurve Sc gegen unendlich Kurve aus dem Diagramm ohne Reaktion übereinstimmt.



Fragen zum Vortrag: Sämtliche Grenzwerte die vielleicht gegen die Kopplungsbedingung verstoßen könnten. Z.B. wie kann es sein, dass bei Da gegen unendlich ein endlicher Wert für den Gradienten rauskommt? Davon die verschiedensten Varianten eine Frage über die ich noch interessant fand war, wie die Bedingung erfüllt ist für Pe gegen unendlich und Damköhler endlich. (wenn der Gradient gegen null geht aber βc_{A0} einen konstanten Wert annimmt). Die Antwort war, dass c_{A0} niemals erreicht wird und so immer ein Gradient vorhanden sein kann. Zwischen durch meinte er noch: „Irgendwann erwische ich Sie.“
 Danach fragte er nach den Konzentrationsprofilen an einer Partikel mit homogener chemischer Reaktion 1. Ordnung für verschiedene Da -Zahlen.



Dann kam die Frage: „Wie verlaufen die Konzentrationsprofile denn nun genau?“ Einmal tief

durchgeatmet und gemeint, „dann brauchen wir eine Bilanz um eine Kugelschale.“ Gesagt getan. N-

CA verändert sich im inneren des Partikels (Haber nach gefragt)

MS

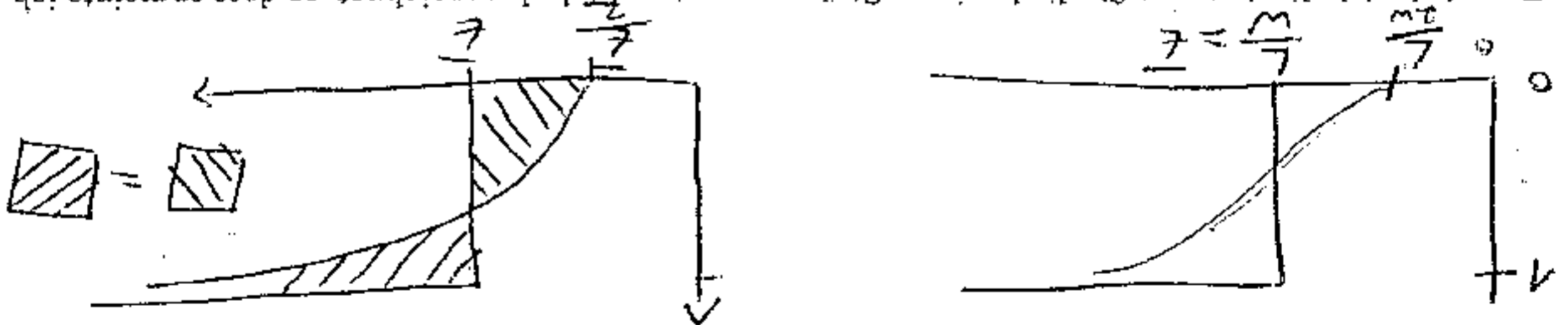
Ströme in eine Skizze eingetragen, beschreibende Gleichungen für die einzelnen Terme aufgelistet, Taylor und dann angefangen zu integrieren. Randbedingungen hingeschrieben. Und die Terme wurden länger und länger und mich verließ langsam die Lust, aber er brach dann auch ab.

Dann meinte er, dass wir mit dem Bilanzieren gleich die Grundlagen mit abgedeckt hätten.

Dispersion in Röhren (ich bin der Meinung, dass das die Fragen zu Mischen und Röhren sind)

Was ist Dispersion und anhand der Rohrströmung erklären. Strömungsprofil im Rohr gezeichnet und erklärt. Dabei auch die Kolbenströmung erwähnt. „Kommt bei laminarer Strömung auch Dispersion vor?“ Ja. „Wie kann man sie bestimmen?“ Sprung oder Stoß am Anfang hinzugeben um am Ende die Verweilzeit der Tracerkomponente bestimmen.

„Wie sieht dann die Sprunganantwort aus?“ Habe nen Moment nachgedacht, so dass er meinte: „Erst mal die Antwort für ein Kolbenprofil.“ Gezeichnet. „Wo ist null? Welche Werte kennen Sie noch?“



Dann habe ich die Antwort für die laminare Strömung erst mal falsch gezeichnet, so dass er meinte ich sollte die Steigung erklären. Ist mir nicht gelungen, so dass er mir zwei Bilanzflächen in meine Zeichnung gezeichnet hatte, die dieselbe Fläche haben sollten. So kam ich dann dazu dass am Anfang die Steigung am größten sein muss.

Flächen begrenzter Volumenelemente in der Mitte am größten.

Mit meiner Steigung sei er nun zu Frieden aber es störe ihn noch etwas am Verlauf. Die beiden Flächen links und rechts der Verweilzeit müssen natürlich gleich groß sein.

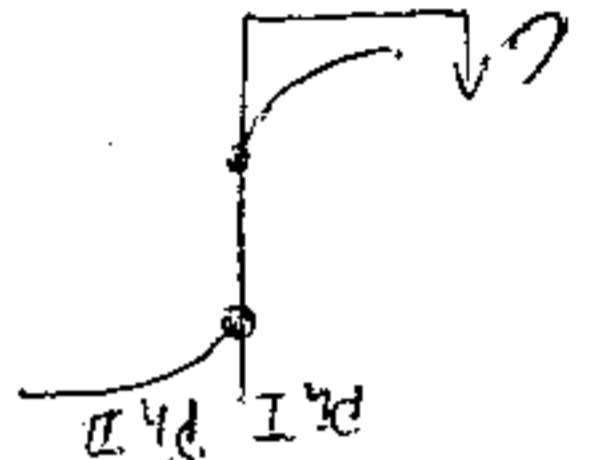
Stoffübergang zwischen zwei fluiden Phasen

„Zeichnen Sie ein mögliches Konzentrationsprofil und erläutern Sie die Zusammenhänge.“

Gezeichnet, erklärt, Henrykoeffizient und -zahl hingeschrieben.

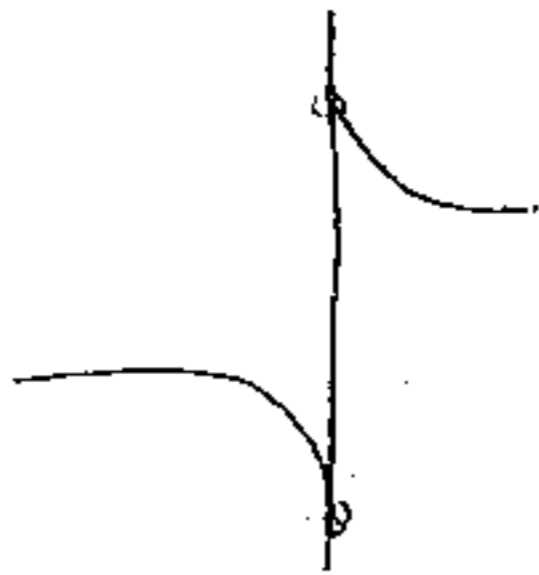
$$H^* = \frac{c_{a, G}}{c_{a, L}}$$

$$H = X \cdot H^*$$



Dann zeichnete er ein neues Profil ein und fragte, „ob das auch so aussehen kann?“

ja, wenn



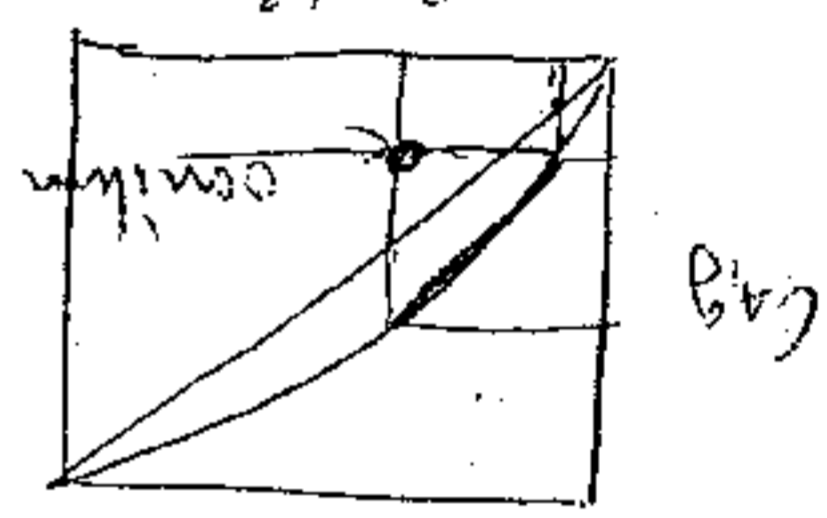
MS

„Wie kann das sein?“ Henry. Wo kommt so etwas vor? Habe CO₂ und Luft erwähnt und laut über die Größenordnung des Henrykoeffizienten nachgedacht (die ich noch im Kopf hatte) und meinte, dass ich diese dann in die Gleichung einsetzen und ausrechnen müsste. Er sagte es hätte ihm gereicht wenn ich auf meine Wasserflasche gezeigt hätte. Da musste ich ihn noch darauf hinweisen, dass mein Wasser ohne Kohlensäure ist.

Dann kamen wir zu den Stofftransportwiderständen. Er fragte nach dem Widerstand in der Phasengrenzfläche. Ich erzählte ihm, dass dieser im Vergleich zu den anderen zu vernachlässigen ist. Er: „Warum?“ Ich: „ähhm“, da kam mir ne Idee: Weil diese so dünn ist. Ruh, aber zu früh gefreut. „Wie dick ist denn eine Phasengrenzfläche?“ Ich (fragend), ein my, ein nano, wahrscheinlich eher nano. Er: „Nano ist gut. Um die zehn Nanometer.“

Dann fragte er mich nach dem Stoffdurchgangskoeffizienten. Also diese Frage lief einfach blöd und ich bin mir nicht mal sicher was er für eine Antwort mit der Frage erzielen wollte. Zuerst erzählte ich davon das der Koeffizient den Widerstand der beiden Phasen zusammenfasst. Wollte dann k hinschreiben und dabei ist mir aufgefallen, dass ich an Wärmeübertragung gedacht habe und das so beim Stoffübergang nicht behandeln kann. Also pause, grübeln. Er half mir und schlug vor, ich sollte mal so etwas wie ein McCabe Thiele Diagramm zeichnen. Das tat ich, beschrieb die Achsen mit x und y. Er meinte ich sollte lieber Konzentrationen benutzen, das wäre einfacher. Habe damit ein bisschen rumprobiert, kam nicht so richtig weiter. Dann zeichnete er mir einen Punkt ein und ich sollte ihm sagen in welche Richtung der Stofftransport ginge. Mein würes Hirn brauchte ne halbe Ewigkeit bis ich das geschickt habe. Saß deswegen still vor meinem Blatt und habe überlegt ohne unterbrochen zu werden. Sagte ihm dann die Transportrichtung. Woraufhin Kraume dann meinte: „Lassen sie uns doch teilhaben an Ihren Gedanken.“ Also Gedankenengang laut wiederholt.

Steigung als Gerade angesehen



Aber ich war ja mit der eigentlichen Frage nicht weiter. Ich wusste mir nicht anders zu helfen und wollte mit der Herleitung beginnen. Da unterbrach er, das war ihm dann wohl zu viel? Ich erwähnte noch, dass man oft nur einen der beiden Widerstände berücksichtigen muss. Das war dann alles

Fazit:

Nach der Prüfung meinte er, dass das schon eine schwere Prüfung gewesen sei. Aber er wollte wissen, ob ich eine 1,0 verdiene oder nicht. Ob das stimmt weiß ich nicht, so ungewöhnlich fand ich die meisten Fragen nicht. Ich rate jedem die Prüfung so schnell wie möglich zu machen und den Termin nicht zu oft zu verschieben. Aber seit euch bewusst, dass während des Semesters zu lernen anstrengend ist. Ich hatte am Anfang des Semesters angefangen zu lernen, aber ein anderes Projekt nahm dann meine ganze Zeit in Anspruch. Es kommt ihm aufs Verständnis und nicht auf auswendig gelernte Sachen an. Ich hatte mir eine Prüfung eines Kommilitonen vier Wochen vorher angesehen und die hat mich echt beruhigt. Also geht zur Sprechstunde und fragt Prüflinge, ob ihr euch ihre Prüfung anhören dürft.

Viel Erfolg & Gute

MH

MH

18.08.05

Frühjahrsprotokoll VT I + II

MS

Allylradikal C_3H_5 / $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}$

2) Kation

3) Radikal

4) Anion

1) Druckverlust $\frac{g}{t \cdot A}$

$$\left(\frac{\Delta p}{L}\right)_{\text{ges}} = \left(\frac{\Delta p}{L}\right)_1 + \left(\frac{\Delta p}{L}\right)_2 + \left(\frac{\Delta p}{L}\right)_{\text{ges}}$$

• Zählung kann in Pulz-Modus

• Zählung der 3. Art (2. Th. 3. Ges.)

• Berechnungsweg

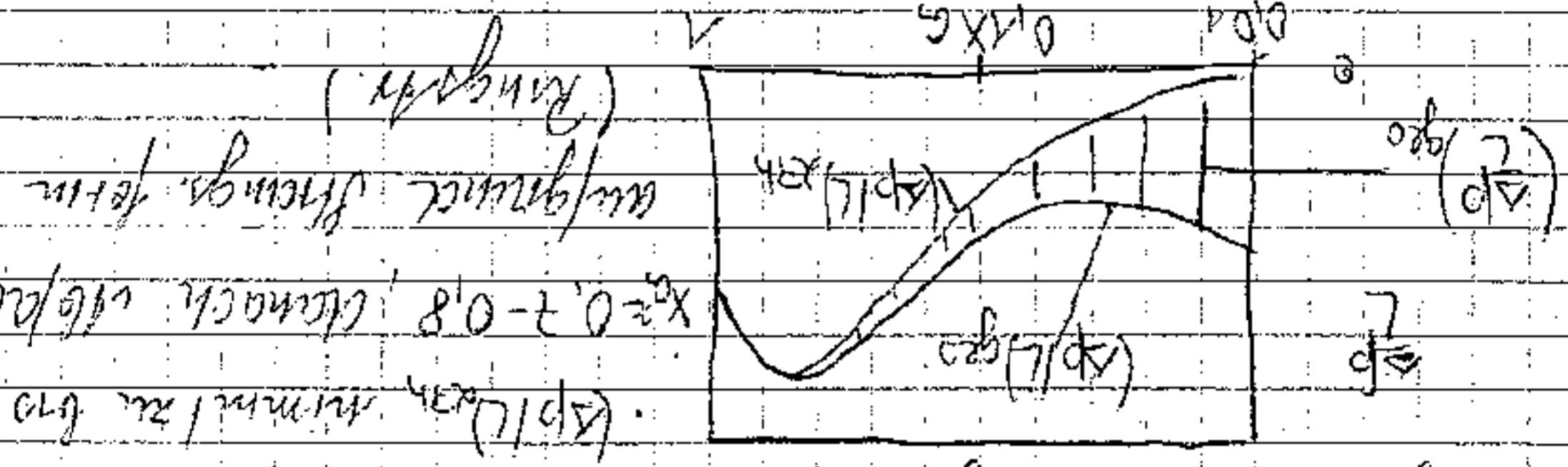
→ bei $\left(\frac{\Delta p}{L}\right)_2$ → keine korrekte Kinetik → Diagramm

• graf. Darstellung $\left(\frac{\Delta p}{L}\right)_{\text{ges}}$ u. $\left(\frac{\Delta p}{L}\right)_2$ über x_2

• $\left(\frac{\Delta p}{L}\right)_{\text{ges}}$ nimmt zu bei

$x_2 = 0,7 - 0,8$ (steil abfall)

ausgew. Strömungsein



• $\left(\frac{\Delta p}{L}\right)_{\text{ges}}$ abnimmt bei 0,1

• $\left(\frac{\Delta p}{L}\right)_{\text{ges}}$ nimmt ab mit Zunahme x_2 etc.

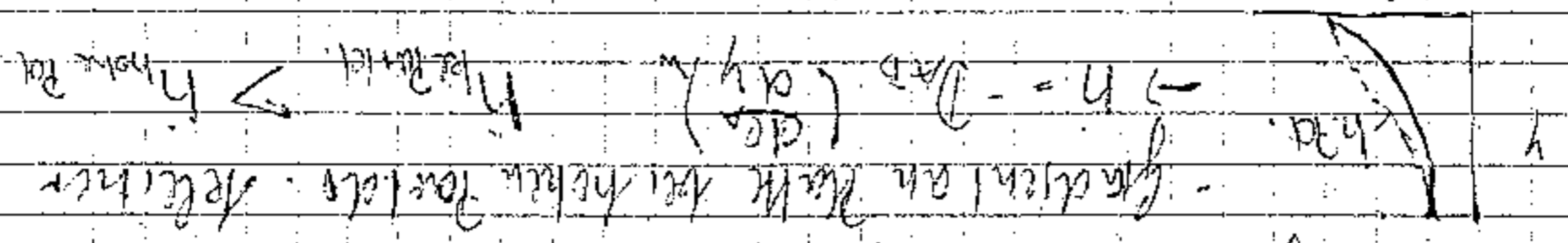
• $\left(\frac{\Delta p}{L}\right)_{\text{ges}}$ nimmt ab mit Zunahme x_2 etc.

• $\left(\frac{\Delta p}{L}\right)_{\text{ges}}$ nimmt ab mit Zunahme x_2 etc.

2) Beschreibung der Vorgänge u. deren Zustandsgrößen

→ Energie Diff., Temperaturverteilung, etc.

• Gradient an C_3H_5 bei hohen x_2 etc.

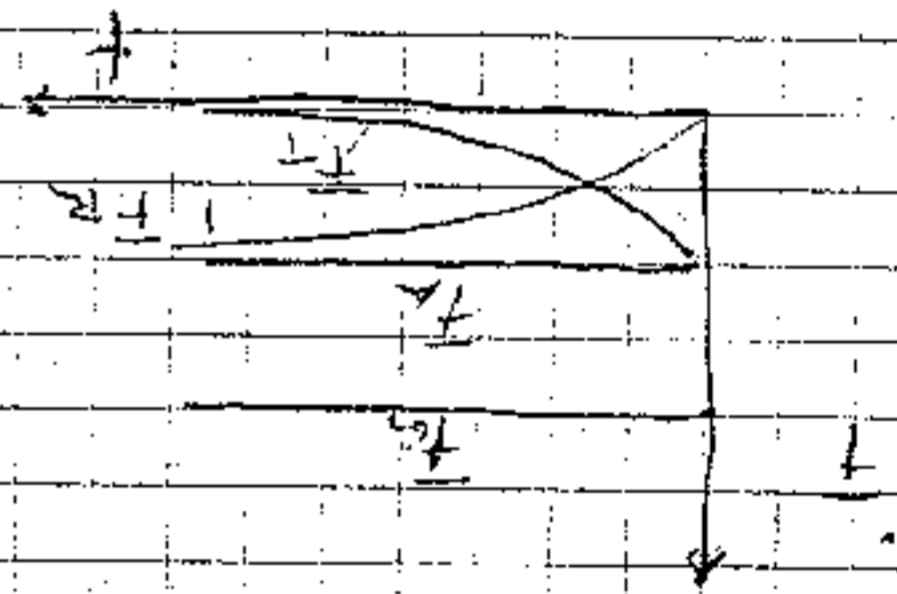


116

• log. diff. umformen
 → Funktionen, c-fach machen
 → Arithmetische Kraft: $\mu = 1(T,P)$

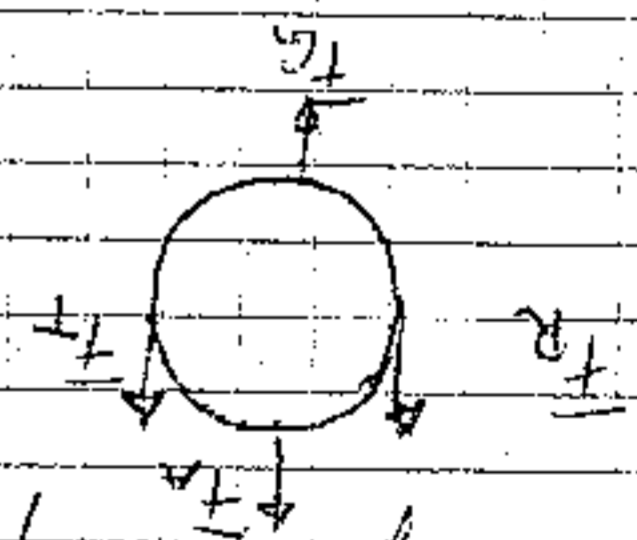
• Identifizierung σ_h :
 Identifizierung zu σ :
 s: Schichtdicke → charakterist. Länge
 → Schmitt durch Kurven

• Potenzielle Heuristiken:
 $\Delta p = \frac{\rho}{2} v^2 = \frac{\rho}{2} \sigma_h^2$ nach v umstellen erhalten
 $\frac{V_p}{A_p} = \frac{V_A}{A_A}$ $V = WA$



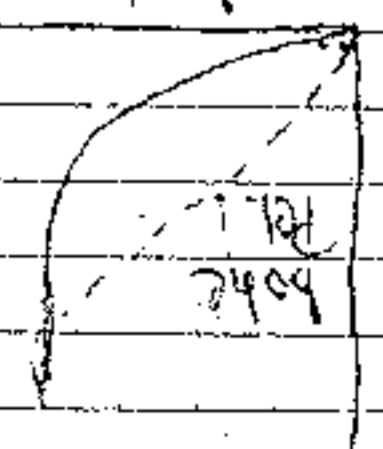
→ Kräftegleichgewicht: $F_G - F_A = F_T + F_B$

3) Kräfte an flachen Kugel ermitteln → analoges
 $F_A = \rho g V_p$
 $F_G = \rho g V_p$
 $F_B = \rho g V_p$
 $F_T = \rho g V_p$



• Bei hohen Part ist Reibung σ , dr

• Reibung geschieht in Nähe d. Platte
 $h = w \cdot \sigma$
 $h_{\text{Rei}} \gg h_{\text{Molekul}}$
 2 Mechanismen Mechanismus σ ist
 die (ell. idy) fallt



Frage zum Freitag

1) → Herleitung: $\epsilon_a = f(s, x_a)$

$$s = w_a / w_L$$

$$w_a = \frac{w_a}{x \cdot M} = \frac{\epsilon_a \cdot A \cdot y_a}{y_a \cdot \epsilon_a \cdot A}$$

$$w_L = M_L \cdot \frac{(1-x) \cdot H}{(1-\epsilon_a) \cdot A \cdot y_L} = (1-\epsilon_a) \cdot A \cdot y_L$$

→ Einsetzen in Definition für s
 Auch noch ein wenig umstellen

2) Berechnung Hartholz, Farnholz X

$$X = \frac{\sqrt{(AP/L)_1}}{\sqrt{(AP/L)_2}} \quad (AP/L)_1 = s \cdot \frac{1}{\alpha} \quad (AP/L)_2 = \frac{1}{\alpha}$$

(AP/L)₁ - Druckverlust durch Luftfluss im Rohr
 (AP/L)₂ -

→ keine Kerkernne nach s → Healdy Diagramm
 → keine geschwindigkeiten mehr nehmen!

$$Z \cdot W_a = \frac{A}{V \cdot \text{Lebenszeit}}$$

A: gesuchte Rohrgewinnung
 Da auch nur für Rohr

$$V_a = \frac{V_a}{A} \cdot \text{Lebenszeit, siehe Def}$$

