

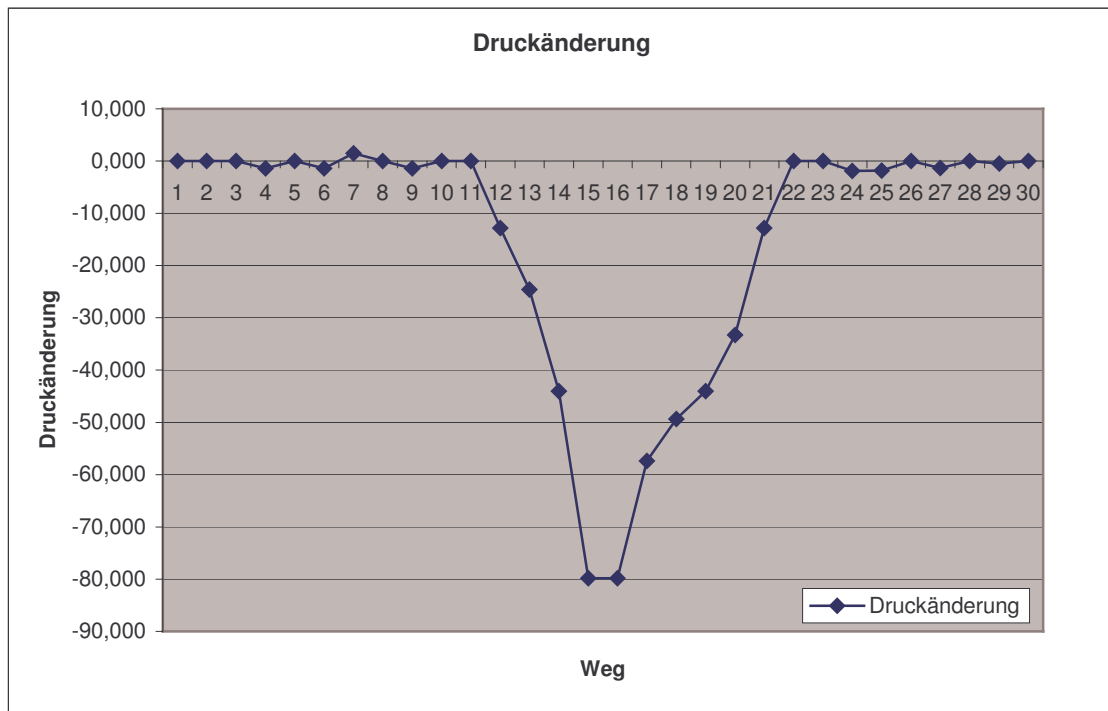
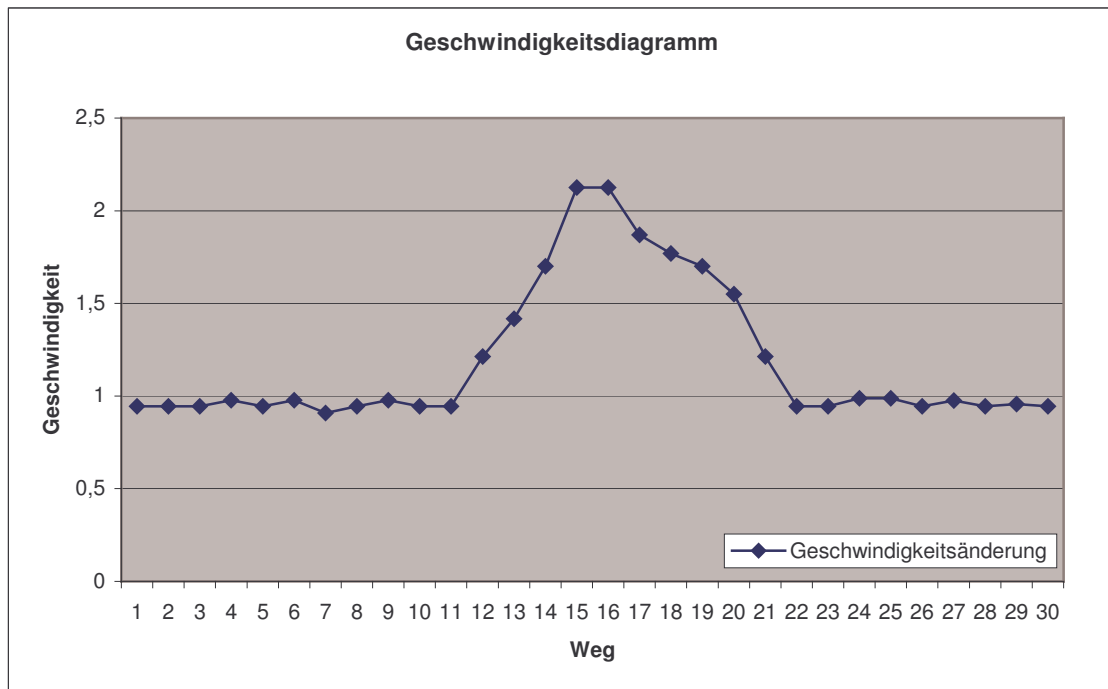
# Strömungsvisualisierung und Analogietechnik

## 1. Elektrolytischer Trog

### Abweichung der Messergebnisse:

Die Messung der Geschwindigkeitsverteilung wird fehlerhaft durch die recht grobe Aufzeichnung der Strom- bzw. Potentiallinien durch den Plotter. Dazu kommt das recht ungenaue Abtragen der Potentialdifferenzen mittels eines Lineals.

Es ergaben sich folgende Diagramme :



Bei Annahme einer konstanten Geschwindigkeit ergab sich ein Mittelwert von 1,156  
Und eine Standardabweichung von 0,3823

## **2. Rauchkanal**

### **Beobachtungen im Rauchkanal:**

#### **Umströmung eines Zylinders:**

Bei der beobachteten Umströmung eines Zylinders strömen die Nebelfäden zunächst parallel, bis sich die Strömung in einer Entfernung vor dem Zylinder teilt und diesen umströmt. Unmittelbar vor dem Zylinder endet eine dieser Linien. Man spricht hier von einem „Staupunkt“, an dem die Strömungsgeschwindigkeit Null ist. Der Abstand zwischen den Nebelfäden in unmittelbarer ober- und unterhalb des Zylinders ist deutlich geringer als in einiger Entfernung.

Nicht alle Nebelfäden werden durch den Zylinder abgelenkt, am oberen und unteren Rand des Rauchkanals strömen die Nebelfäden unbeeinflusst an ihm vorbei.

Hinter dem Zylinder bildet sich ein Totpunkt, an dem keine Strömung des Medium zu sehen ist. Die Nebelfäden schließen sich hinter dem Zylinder annähernd wieder und nehmen ihren ursprünglichen Abstand wieder ein. Somit entsteht ein annähernd symmetrisches Strömungsfeld um den Zylinder.

#### **Umströmung eines waagerechten Flügels:**

Wird ein Flügel in die Strömung eingebracht, so ist zu beobachten, dass oberhalb des Flügels – an der gewölbten Fläche – sich die Abstände zwischen Nebelfäden verringern. Die Nebelfäden umströmen den Flügel ähnlich seiner Form. An der unteren, glatten Seite des Flügels findet nur eine geringe Verengung der Abstände zwischen den Nebelfäden statt. Vor dem Flügel entsteht ein Staupunkt, vor dem sich die Strömung teilt. Hinter dem Flügel vereint sich die Strömung wieder.

#### **Umströmung eines diagonalen Flügels:**

Die Spitze des Flügels ist in diesem Fall noch oben gedreht, der flache „Bauch“ des Flügels steht diagonal in der Strömung. Der Staupunkt hat sich, im Vergleich zur waagerechten Anordnung des Flügels, mit nach oben verschoben und ist wieder an der Spitze des Flügels vorhanden. Am Bauch des Flügels werden die Nebelfäden sehr stark gestaucht, da dort eine sehr große Angriffsfläche für die Strömung ist. Die anströmende Luft passt ihr Strömungsverhalten dem Flügel an und strömt annähernd parallel zu ihm abwärts. Auf der Oberseite des Flügels versucht das Medium mit dem Flügel zu strömen, hier werden die Nebelfäden auseinander gezogen, der Abstand zwischen ihnen vergrößert sich sehr. Hinter dem Flügel entsteht ein „geteiltes“ Strömungsfeld. Oberhalb der Achse, die das Flügelende mit der Einstromrichtung bildet, ist der Abstand der Nebelfäden deutlich größer als darunter. D. h., dass Medium welches unter dem Flügel entlang strömt weißt mehr Nebelfäden auf, was auf eine höhere Strömungsgeschwindigkeit schließen lässt.

#### **Umströmung einer waagerechten Platte:**

Ist eine flache Platte waagerecht in den Rauchkanal eingebracht, so strömt das Medium fast ungehindert um sie herum. Es entstehen zwar auch wieder ein Staupunkt und ein Totpunkt, diese sind aber, in Abhängigkeit der Dicke der Platte, kaum zu erkennen. Interessant hierbei ist zu sehen, was passiert, wenn das Gebläse des Kanals ausgeschaltet wird. In dem Fall ziehen die Nebelfäden in Entfernung der Platte schneller ab als jene, welche die Platte direkt umströmen. Dies ist auf die erhöhte Reibung an der Platte zu erklären, weshalb sich die Strömungsgeschwindigkeit verringert. Es zieht sich kurzzeitig ein einzelner, (oder zwei, wenn die Platte oben und unten jeweils von einem Nebelfaden direkt umströmt wird,) Nebelfaden verspätet aus dem Blickfeld.

### Vergleich Umströmung im Rauchkanal und Zylinder im elektrolytischen Trog:

Wird im Rauchkanal mit einer laminaren Strömung gearbeitet, so bildet sich im Rauchkanal um den Zylinder das selbe Strömungsbild, wie im elektrolytischen Trog.

Da im elektrolytischen Trog nicht mit einer Strömung gearbeitet wird, haben die Reynolds-Zahl und die Reibung hier keinen Einfluss. Im Rauchkanal gibt die Reynolds-Zahl an, ab welcher Strömungsgeschwindigkeit, in Abhängigkeit der charakteristischen Länge – hier die Kanalhöhe – die Strömung von laminar zu turbulent wechselt. In einer turbulenten Strömung verändert sich das Strömungsbild schon ohne eingebrachten Körper (vgl. Reynoldsversuch mit durchströmten Rohr), so dass mit umströmtem Körper das Ergebnis nicht mit dem Ergebnis des elektrolytischen Trogs vergleichbar wäre.

Die Reibung ist im Rauchkanal zu vernachlässigen, weil sie das Strömungsbild kaum verändert und da hier keine Strömungsgeschwindigkeit gemessen werden, auf die die Reibung Einfluss hat. Einzig im Fall der eingebrachten Platte wird der Einfluss der Reibung nach Abschalten des Gebläses durch den nachziehenden Nebelfaden sichtbar. Generell gilt: je kleiner die Re-Zahl, desto wichtiger werden die auftretenden Reibungskräfte.

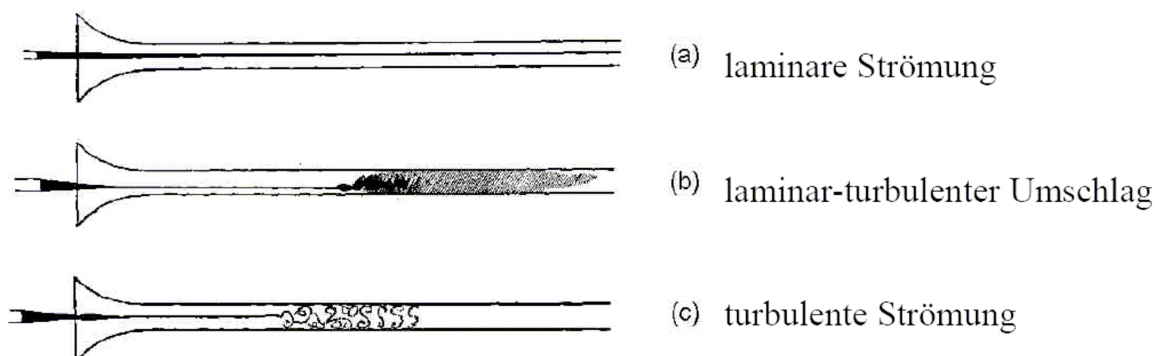
### 3. Reynoldsversuch

#### Versuchsbeobachtung:

Wir haben in ein waagrecht angeordnetes, von Wasser durchströmtes, Rohr an der Einströmöffnung blaue Tinte injiziert.

Folgend wurde die Strömungsgeschwindigkeit variiert und anhand des Strömungsverhalten des Tintenfadens nachvollzogen, bei welcher Geschwindigkeit die Strömung von laminar zu turbulent wechselte. Der laminar-turbulente Zustand ist ein Zwischenzustand, beim Übergang von laminar zu turbulent, der auftritt, wenn die kritische Reynoldszahl erreicht ist.

Anhand dieser Strömungsgeschwindigkeiten - die wir in dem Versuch nicht gemessen haben - kann man die Reynolds-Zahl bestimmen, die genau diese Schwellen in Abhängigkeit von der charakteristischen Länge und der kinematischen Viskosität angibt.



Originalzeichnungen von Osborne Reynolds

Bei welcher Reynolds-Zahl treten die beobachteten Veränderungen [...] auf?

$$Re = 2300 \quad d = l_{ch} = 16 \text{ mm} \quad \nu = 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Re = \frac{v \cdot l_{ch}}{\nu} \quad \rightarrow \quad \nu = \frac{Re \cdot \nu}{l_{ch}} \quad \rightarrow \quad \nu = \frac{2300 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}{0,016 \text{ m}} = 1,437 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Wie nennt man diesen Punkt?

Man bezeichnet diesen Punkt als „**kritischen Punkt**“.

Bei welcher Geschwindigkeit im Rohr liegt er, nach der Theorie, in der durchgeführten Messung?

Da wir während des Versuches keine Messung der Strömungsgeschwindigkeit durchgeführt haben, haben wir für die Berechnung die in der Literatur für Wasser angegebene Reynolds-Zahl von 2300 genutzt. Somit ergab sich für die kritische Geschwindigkeit für den Übergang

von laminarer zu turbulenter Strömung von  $1,437 \frac{m}{s}$