

### Motivation

Ziel dieses Projektpraktikums ist die Zusammenhänge zwischen Auftrieb, Anstellwinkel und Windgeschwindigkeit mit verschiedenen Flügelprofilen im Windkanal zu untersuchen. Dabei sollen auch die Unterschiede der Profile anhand ihrer Eigenschaften (z.B. Flugstabilität) betrachtet werden.

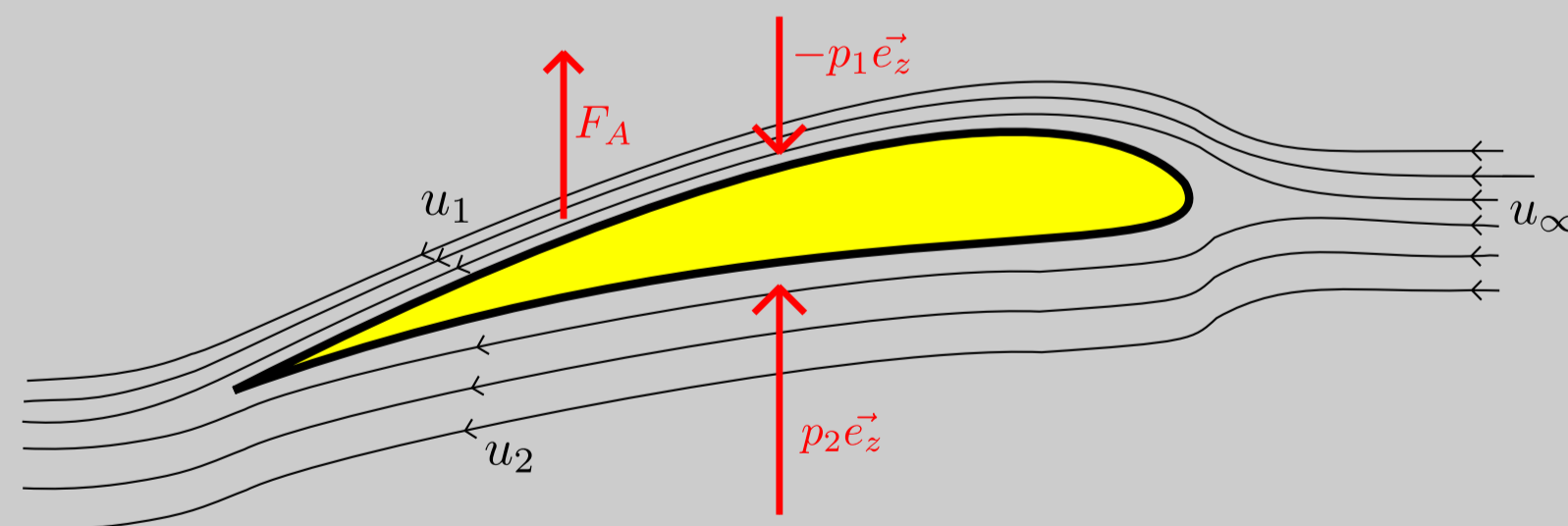
### Theorie

- Die Bernoulli-Gleichung ist ein grundlegendes Erklärungsmodell für den Auftrieb der Aerodynamik:

$$p + \frac{1}{2}\rho u^2 = p_0 = \text{const}$$

Statischer Druck  $p$  und Staudruck  $\frac{1}{2}\rho u^2$  ergeben den Gesamtdruck  $p_0$ . Die Luftdichte  $\rho$  kann dabei für kleine Geschwindigkeiten ( $u < 340\text{ms}^{-1}$ ) als inkompressibel angesehen werden.

- Aufgrund des asymmetrischen Flügelprofils strömt die Luft an der Oberseite eines Flügels schneller als an der Unterseite. In der Folge besteht an der Oberseite ein geringerer statischer Druck. Der Flügel erfährt eine Auftriebskraft.



- Genauer betrachtet tragen noch Wirbelbildung und Dichteänderungen der Luft zum Auftrieb bei.

- Aerodynamischer Auftrieb:

$$F_A = \Delta p \cdot A \approx c_A \cdot \frac{\rho}{2} \cdot u_\infty^2 A$$

### Literatur

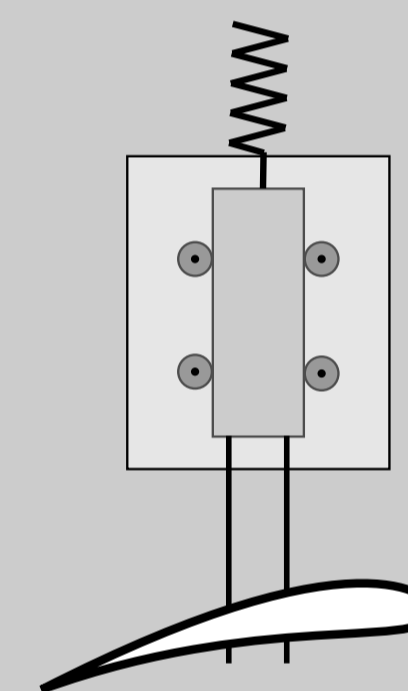
[WD08] W. Demtröder, *Experimentalphysik I - Mechanik und Wärme*, 5. Auflage, Springer, Berlin Heidelberg (2008)

### Aufbau

- Der Windkanal



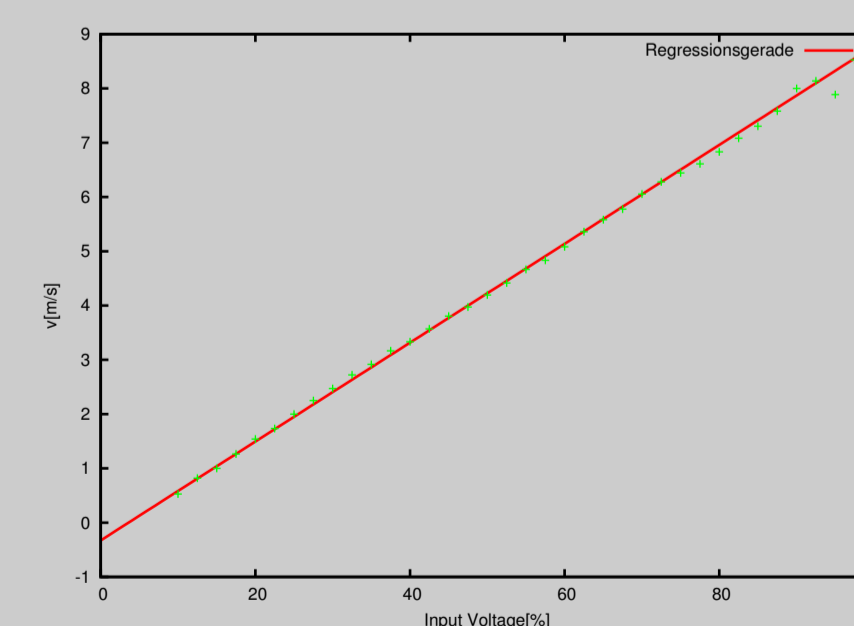
- Das Flügelprofil ist mit zwei Gewindestangen an einem mit Rollen gelagertem Holzbrett befestigt. Holzbrett und Flügelprofil sind an einer Feder in Gleichgewichtslage aufgehängt. Durch Stauchung der Feder kann die Kraft gemessen werden.



- Die Flügelprofile wurden aus Styropor geschnitten. Dabei wurden 3 Profile der NACA-Serie und ein Profil der Althaus-Serie verwendet.

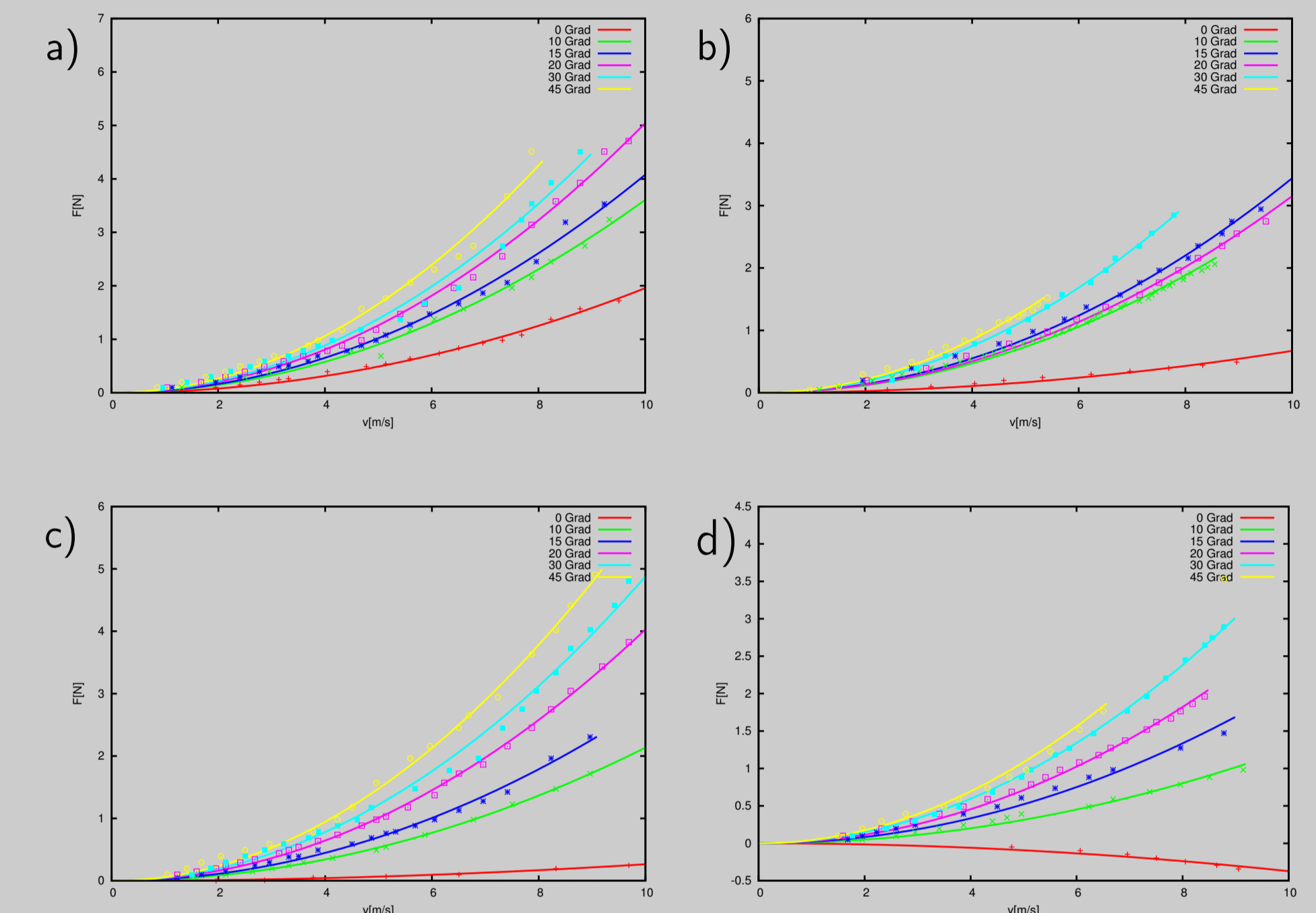
### Kalibriermessung

- Die Windgeschwindigkeit kann am Windkanal in Prozenten die Eingangsspannung von 0% bis 110% eingestellt werden. Zunächst musste also eine Kalibrierungsmessung vorgenommen werden um die tatsächliche Windgeschwindigkeit zu bestimmen.
- Regressionsgerade:



$$v(x) = (0,091 \cdot x - 0,32)\text{ms}^{-1}$$

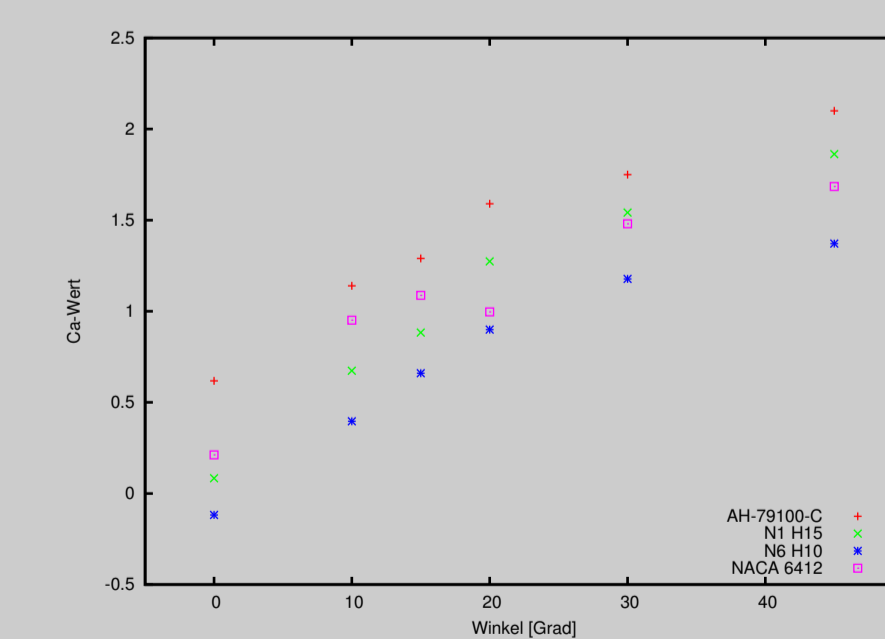
### Ergebnisse



a) AH 79100C, b) NACA 6412 c) NACA 1-H-15, d) NACA 6-H-10

Unsere Messergebnisse bestätigen die quadratische Abhängigkeit des Auftriebs von der Windgeschwindigkeit. Zudem ist ersichtlich, dass der Auftrieb mit steigendem Anstellwinkel wächst. Die Kurven wurden jeweils soweit gemessen bis das Verhalten der Tragflächen zu instabil wurde.

### Fazit



Man erkennt, dass die Abhängigkeit des Auftriebskoeffizienten  $c_a$  vom Winkel für jedes Profil ungefähr den selben Verlauf aufweist, welcher mit zunehmendem Winkel abflacht.

Eine Abnahme von  $c_a$  bzw. ein Strömungsabriss sind jedoch nicht zu erkennen. Der fehlende Strömungsabriss könnte von Problemen mit der laminaren Strömung im Windkanal herühren. Dennoch konnten die von uns erwarteten Abhängigkeiten größtenteils verifiziert werden.