

## A2.1 Ähnlichkeitskennzahlen bei Windkanalversuchen

Welche Ähnlichkeitskennzahlen sollten Sie bei Windkanaluntersuchungen, insbesondere bei Profil- oder Grenzschichtuntersuchungen duplizieren? Geben Sie eine physikalische Definition der Parameter an.

Reynolds-Zahl

$$\text{Re} = \frac{\text{Trägheitskraft}}{\text{Zähigkeitskraft}} = \frac{V \cdot l}{\nu}$$

Machzahl

$$M = \frac{\text{Fluggeschwindigkeit}}{\text{Schallgeschwindigkeit}} = \frac{V}{c}$$

## A2.2 Einteilung von Windkanälen

Nach welchen Kriterien lassen sich Windkanaltypen unterscheiden?

### Unterscheidung nach Machzahl

In Abhängigkeit von dem Betriebsbereich lassen sich unterschiedliche Kanaltypen spezifizieren:

- |                                     |                 |
|-------------------------------------|-----------------|
| - Unterschallkanal, inkompressibel: | $0 < M < 0.3$   |
| - Unterschallkanal, kompressibel:   | $0.3 < M < 0.7$ |
| - Transsonikkanal:                  | $0.7 < M < 1.2$ |
| - Überschallkanal:                  | $1.2 < M < 5$   |
| - Hyperschallkanal:                 | $5 < M$         |

### Unterscheidung nach Betriebsdauer

In der Regel können Kanäle geschlossener Bauart, mit einer Strömungsrückführung, kontinuierlich betrieben werden. Diese Ausführung findet sich bei Niedergeschwindigkeits-, Transsonik-, Überschall- und Plasmakanälen.

Insbesondere im Hyperschallbereich findet man aufgrund des hohen Energieaufwands Kanäle, die intermittierend arbeiten. Die Meßzeiten können hier von einigen Minuten ('blow-down-Kanal') bis zu weniger als einer Millisekunde (Stoßwellenkanal) liegen. Das Hauptmerkmal liegt hier in der Unterscheidung ob lediglich die Geschwindigkeit ('kalter' Hyperschall) oder die Enthalpie ('heißer' Hyperschall) dupliziert werden soll.

### A2.3 Laminarwindkanal

Sie sind bei einem Hersteller für Windkraftanlagen beschäftigt und werden mit der Entwicklung eines neuen Profils beauftragt. Welchen Typ von Windkanal wählen Sie für diese Untersuchung aus und warum?

Aufgrund des geringen Turbulenzniveaus sollten Sie einen Eiffel-kanal auswählen

Den ersten Teil der Messungen führen Sie im Juli, bei einer durchschnittlichen Temperatur von 35°C und einem auf Meeresniveau (MSL) bezogenen Luftdruck von 980 hPa durch. Den zweiten Teil der Messung schließen Sie im Dezember, bei einer durchschnittlichen Temperatur von -20°C und einem Luftdruck von 1020 hPa ab. Beide Versuchsreihen führen Sie mit einem Profil mit der Bezugstiefe von  $l = 1$  m bei einer Geschwindigkeit von  $V_\infty = 100$  m/s durch.

Verwundert stellen Sie fest, daß die Ergebnisse nicht zusammen passen, warum?

Die Ergebnisse hängen von der Reynoldszahl ab, die wiederum eine Funktion von Druck und Temperatur ist.

Die Variation der dynamischen Viskosität kann über die Näherungsformel nach Sutherland erfaßt werden

$$\mu = 1.458 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{T^{1.5}}{T + 110.4} \quad [Pa \cdot s]$$

$$T_1 = 35 [^\circ C] = 308.15 [K] \Rightarrow \mu(T_1) = 1.8843 \cdot 10^{-5} [Pa \cdot s]$$

$$\rho_1 = \frac{p_1}{R \cdot T_1} = \frac{98000}{287 \cdot 308.15} = 1.1081 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

⇒

$$Re = \frac{V \cdot l}{\nu} = \frac{\rho \cdot V \cdot l}{\mu} = 5.88 \cdot 10^6$$

$$T_1 = -20 [^\circ C] = 253.15 [K] \Rightarrow \mu(T_1) = 1.6171 \cdot 10^{-5} [Pa \cdot s]$$

$$\rho_1 = \frac{p_1}{R \cdot T_1} = \frac{102000}{287 \cdot 253.15} = 1.4039 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

⇒

$$Re = \frac{V \cdot l}{\nu} = \frac{\rho \cdot V \cdot l}{\mu} = 8.68 \cdot 10^6$$