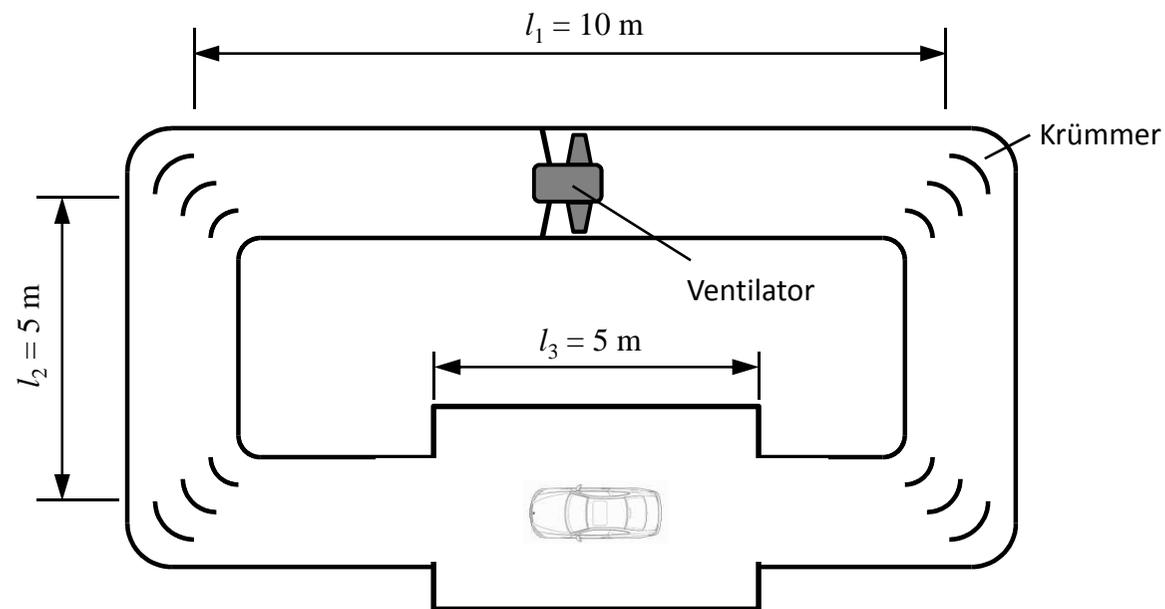


Gegeben sei der unten dargestellte Windkanal für Modellmessungen am verkleinerten Fahrzeug. Am Fahrzeug soll eine Geschwindigkeit von $v = 100 \text{ km/h}$ herrschen. Das Fahrzeug befindet sich in einer Kammer mit einer Breite und Höhe von je 2 m . Der restliche Windkanal hat einen kreisförmigen Querschnitt mit einem Durchmesser von $D = 1 \text{ m}$. Die Dichte $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ sei konstant.

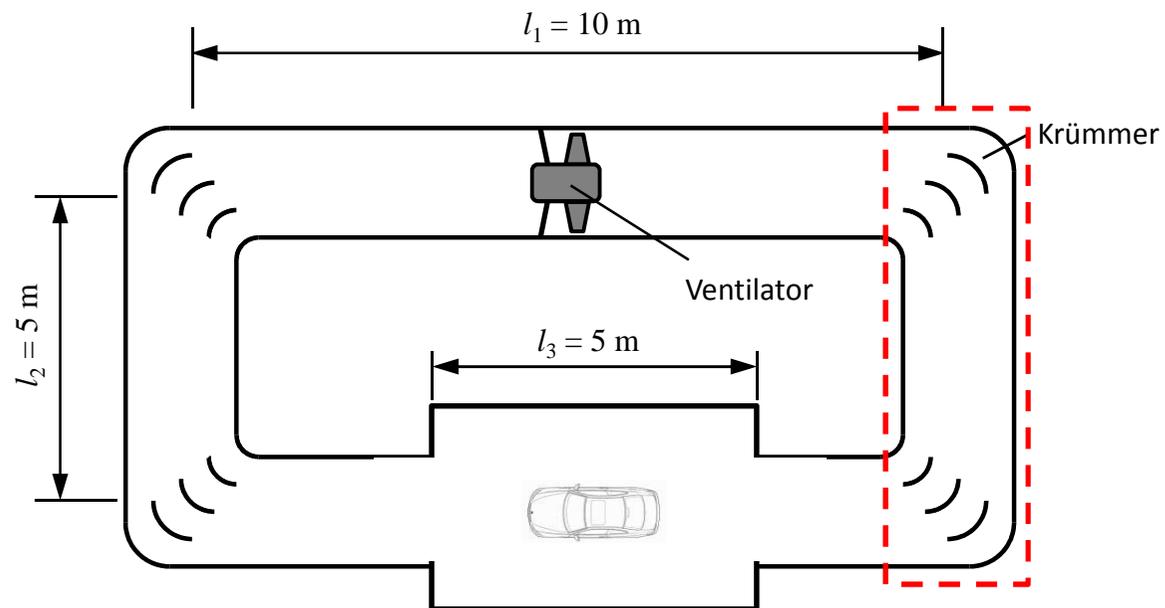
Beantworten Sie mit Hilfe der Stromfadentheorie folgende Fragen:

1. Wie groß ist der Massenstrom und wie groß ist die Geschwindigkeit im Kanal?
2. Wie groß ist die technische Arbeit und die Antriebsleistung des Ventilators im Grundbetrieb (d.h. ohne Fahrzeug)? Nehmen Sie für die Verlustberechnung folgende Werte an:
 - Verlustkoeffizient jedes Krümmers: $\zeta_{Kr} = 0,25$
 - Verlustkoeffizient des Stoßverlustes am Kammereintritt: $\zeta_S = 0,6$
 - Verlustkoeffizient der Kammer: $\zeta_{Ka} = 0,2$
 - Sandkornrauigkeit des Rohres: $k_s = 0,1 \text{ mm}$



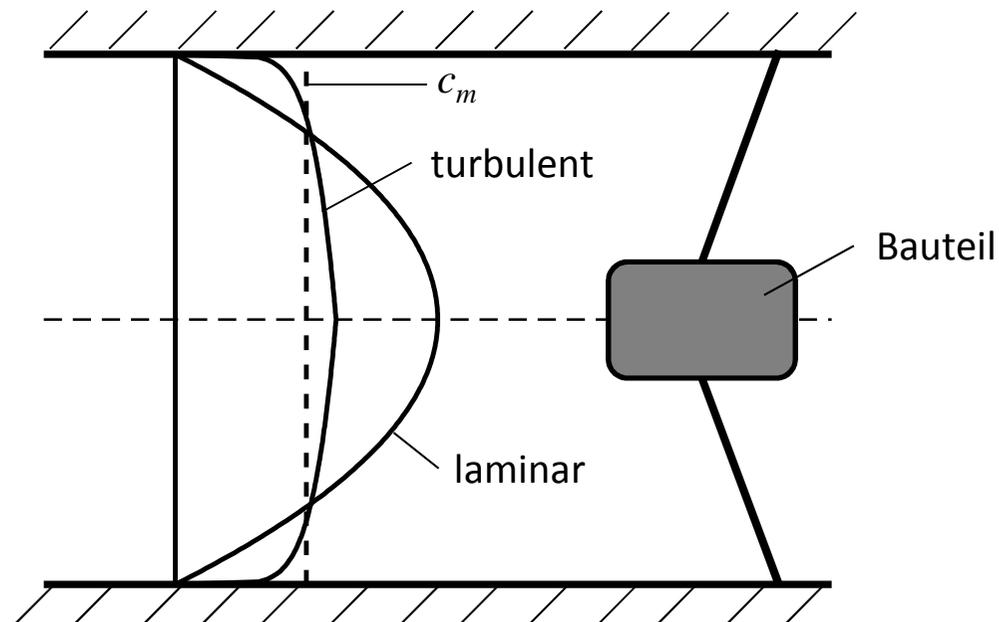
Zur Verminderung der Ventilatorleistung aus Übung 1 wurden vier Vorschläge gemacht. Bewerten Sie die Sinnhaftigkeit der Vorschläge.

1. Reduktion der Sandkornrauigkeit auf $k_s = 0,01$ mm
2. Offener Windkanal, um die Verluste im rot markierten Teil zu sparen (Länge $l_1 = 10$ m bleibt erhalten)
3. Vergrößerung des Rohrdurchmessers auf $D = 1,5$ m
4. Versuchsdurchführung bei 70 km/h statt 100 km/h in der Kammer



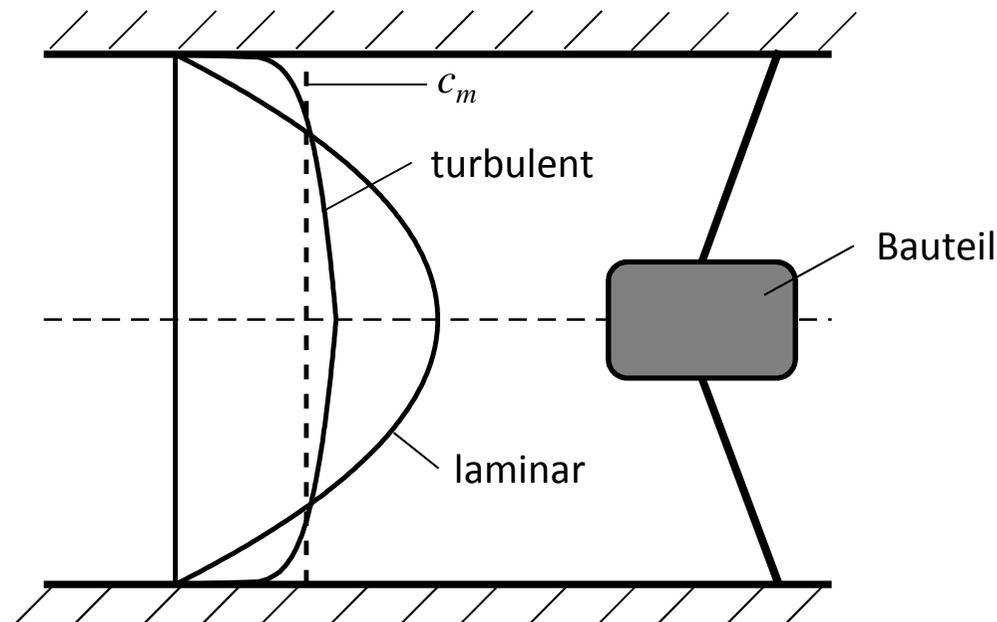
Ein PKW-Bauteil soll in einem runden Rohr aerodynamisch vermessen werden. Es wird in die Mitte des Rohres gehalten. Beantworten Sie folgende Fragen:

1. Wie groß muss das Rohr im Verhältnis zum Bauteil sein, damit die Anströmgeschwindigkeit über die Höhe des Bauteils um maximal 5 % variiert? Beantworten Sie diese Frage sowohl für laminare als auch für turbulente Rohrströmung. Das Geschwindigkeitsprofil darf als voll ausgebildet betrachtet werden.
2. Wie muss die relative Sandkornrauigkeit (als Funktion von Verlustbeiwert, Geschwindigkeit und Viskosität) sein, damit die Rohrwand als hydraulisch glatt angenommen werden darf?



Das PKW-Bauteil aus Übung 3 soll im Modellmaßstab von 1:5 vermessen werden. Beantworten Sie folgende Fragen:

1. Was muss getan werden, damit die Reynoldszahl von Modell und Großausführung identisch ist?
2. Wie ändert sich die Anforderung an die maximale Sandkornrauigkeit?
3. Was bedeuten die Lösungen aus 1. und 2. für den konkreten Fall mit $D_{\text{groß}} = 1.5 \text{ m}$, $\bar{v}_{m,\text{groß}} = 50 \text{ km/h}$ und $\nu = 1,43 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$?
4. Um noch kleinere Modellmaßstäbe realisieren zu können, schlägt ein Ingenieur vor, die Modellversuche mit Wasser statt mit Luft durchzuführen. Welchen Hintergrund hat dieser Vorschlag?



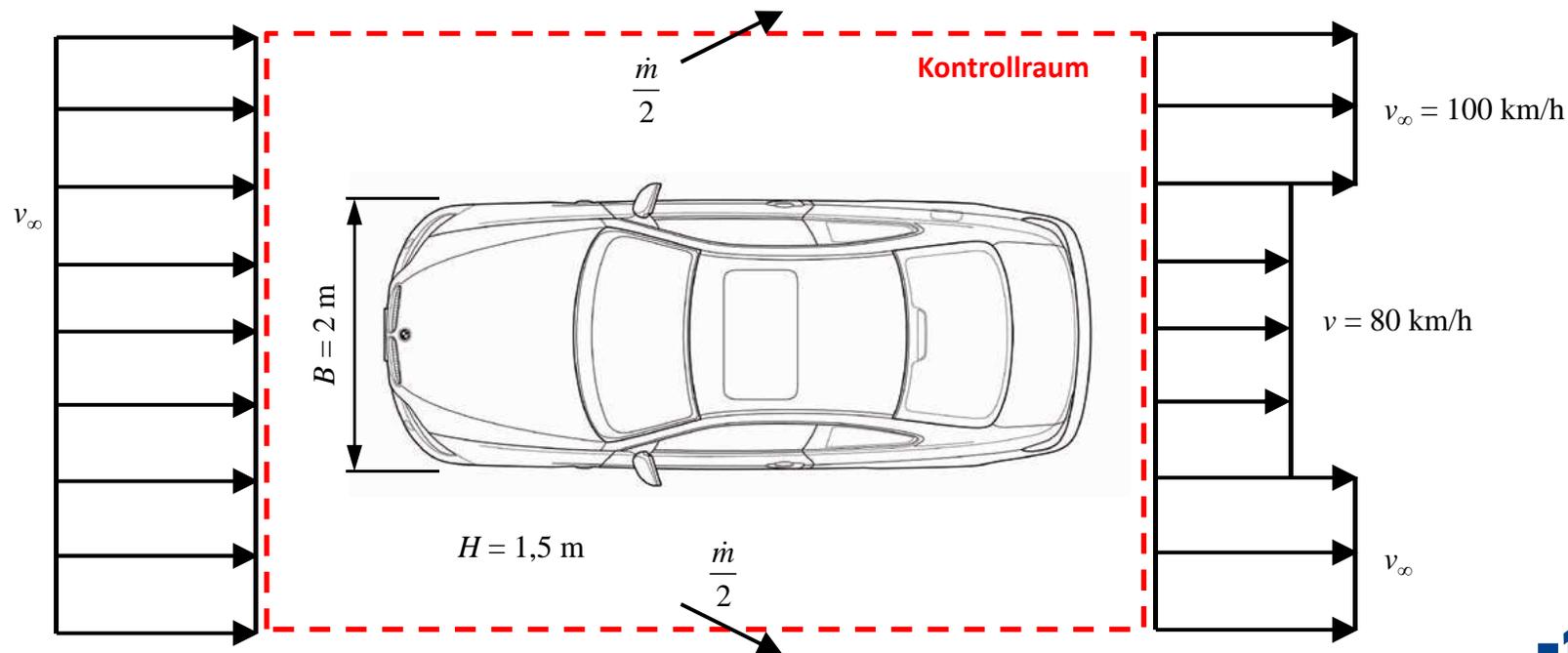
Ein PKW wird mit $v_\infty = 100 \text{ km/h}$ angeströmt. Im Nachlaufgebiet hinter dem Heck beträgt die Geschwindigkeit nur noch 80 km/h .

Beantworten Sie mit Hilfe des Impulssatzes folgende Fragen:

1. Wie groß ist die Widerstandskraft?
2. Welcher Widerstandsbeiwert ergibt sich?
3. Wie viel Leistung muss zum Überwinden des Luftwiderstands aufgebracht werden?

Es dürfen folgende vereinfachende Annahmen getroffen werden:

- Der Kontrollraum ist ausreichend groß gewählt, so dass an allen Rändern des Kontrollraums $p = p_\infty$ gilt.
- Das Gebiet mit reduzierter Geschwindigkeit hat exakt die Maße $B \cdot H$. Abseits des Windschattens gilt wieder $v = v_\infty$.
- Alle Geschwindigkeiten seien über die Höhe des Fahrzeugs konstant.
- Der Austritt von Massenstrom an den seitlichen Kontrollraumgrenzen ist auf beiden Seiten identisch (d.h. symmetrisches Stromfeld).



1. Leiten Sie einen Zusammenhang für die Nachlaufgeschwindigkeit in Abhängigkeit des c_W -Werts her und stellen Sie diesen für c_W -Werte zwischen 0 und 0,5 graphisch dar. Es gelten die gleichen Annahmen wie in Übung 3.
2. Der Kontrollraum sei seitlich begrenzt, so dass kein Massenstrom austreten kann. Welche Annahmen gelten in diesem Fall nicht mehr? Was muss zusätzlich bekannt sein, um das Problem wieder lösen zu können?

