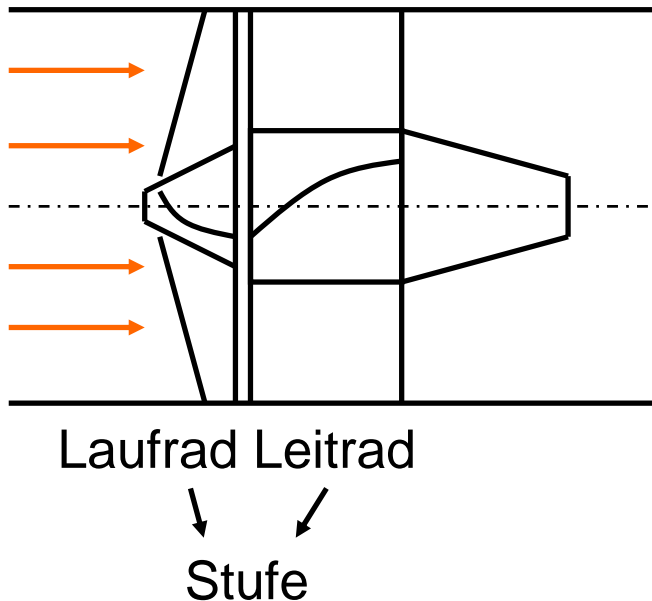


Kolben- und Strömungsmaschinen

Seminar 2

Geschwindigkeitsdreiecke



Laufblad:

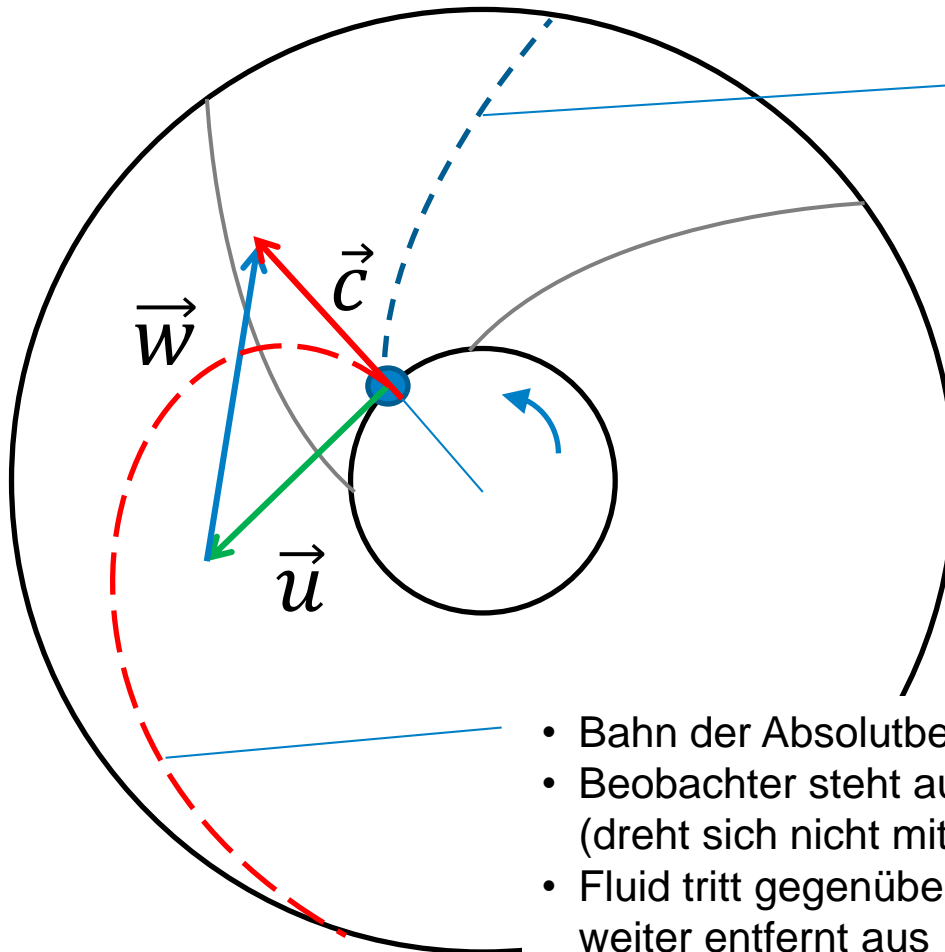
Arbeitsübertragung durch Dralländerung

- Arbeitsmaschinen:
 - Drehmoment an Welle erzeugt Rotation
 - Fluid wird beschleunigt und durch Schaufeln umgelenkt
- Kraftmaschine:
 - Fluid übt durch Umlenk-/Rückstoßwirkung Kraft auf Schaufeln aus
 - resultierende Rotation bewirkt Drehmoment an der Welle

Leitrad:

Dralländerung bzw. Änderung der Strömungsrichtung ohne Arbeitsübertragung (aber Energieumwandlung $E_{kin} \leftrightarrow E_{pot}$)

- Arbeitsmaschine: Diffusorwirkung $E_{kin} \rightarrow E_{pot}$
- Kraftmaschine: Beschleunigung durch Querschnittsverengung $E_{pot} \rightarrow E_{kin}$



- Bahn der Relativbewegung (zur Lauftradbewegung)
- Beobachter dreht sich mit Schaufel
- Fluid bleibt auch bei Lauftradrotation zwischen den beiden Schaufeln

$$\vec{c} = \vec{u} + \vec{w}$$

- Bahn der Absolutbewegung
- Beobachter steht außerhalb des Lauftrades (dreht sich nicht mit)
- Fluid tritt gegenüber Eintritt in Drehrichtung weiter entfernt aus

Lauftradströmungen:

Überlagerung (Superposition) der Bewegung des strömenden Mediums in den Schaufelkanälen (-zwischenräumen) und der Rotationsbewegung des sich drehenden Laufrades.

\vec{u} **Umfangsgeschwindigkeit**

Drehgeschwindigkeit des rotierenden Laufrades und damit des Fluides

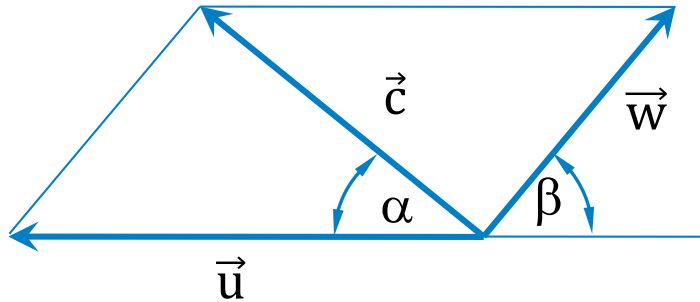
\vec{w} **Relativgeschwindigkeit**

Geschwindigkeit des strömenden Fluides (Fluidteilchen) gegenüber den sich bewegenden Laufschaufeln des sich drehenden Laufrades

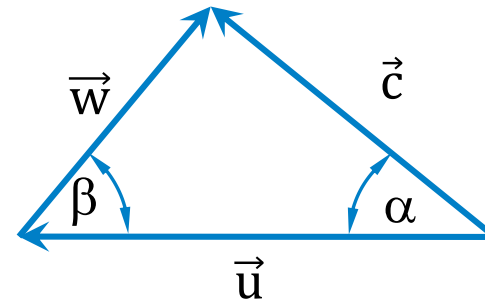
\vec{c} **Absolutgeschwindigkeit**

Strömungsgeschwindigkeit des Fluides in Bezug auf ein ruhendes Koordinatensystem, d.h. gegenüber der ruhenden Umgebung bzw. dem ruhenden Betrachter

$$\vec{c} = \vec{u} + \vec{w}$$



Geschwindigkeitsparallelogramm



Geschwindigkeitsdreieck

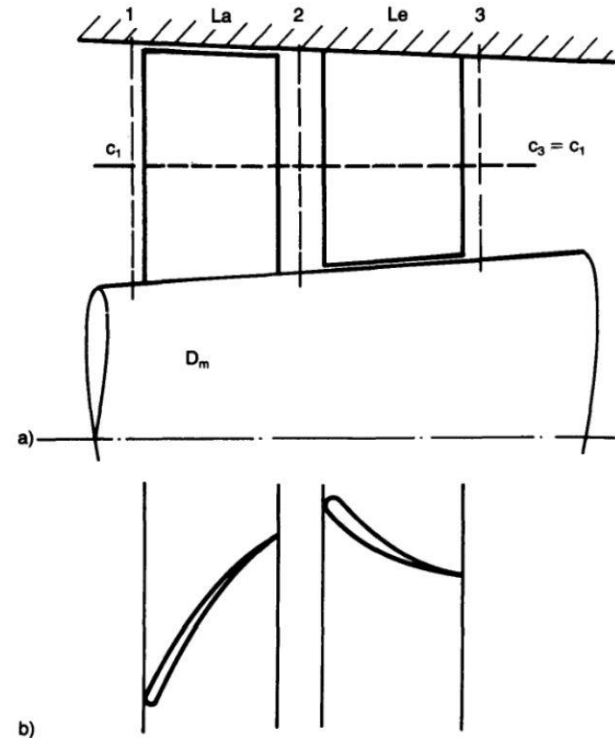
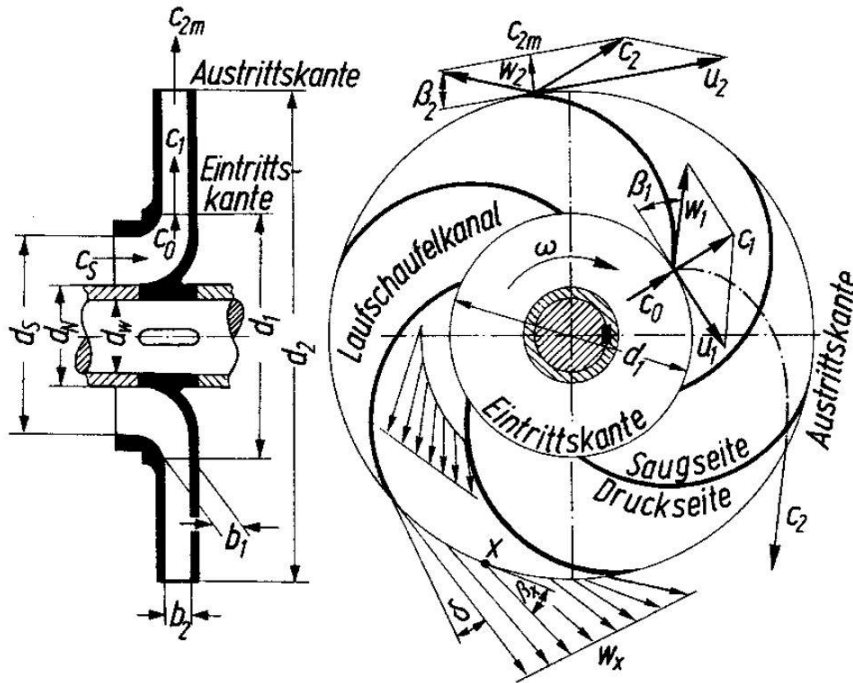
α **Absolutströmungswinkel**

- Richtung der Absolutströmung, Leitschaufelwinkel
- Winkel zwischen positiver c- und u-Richtung

β **Relativströmungswinkel**

- Richtung der Relativströmung, Laufschaufelwinkel
- Winkel zwischen positiver w- und negativer u-Richtung

Schnitte durch Radial- und Axiallaufrad



Radiallaufrad

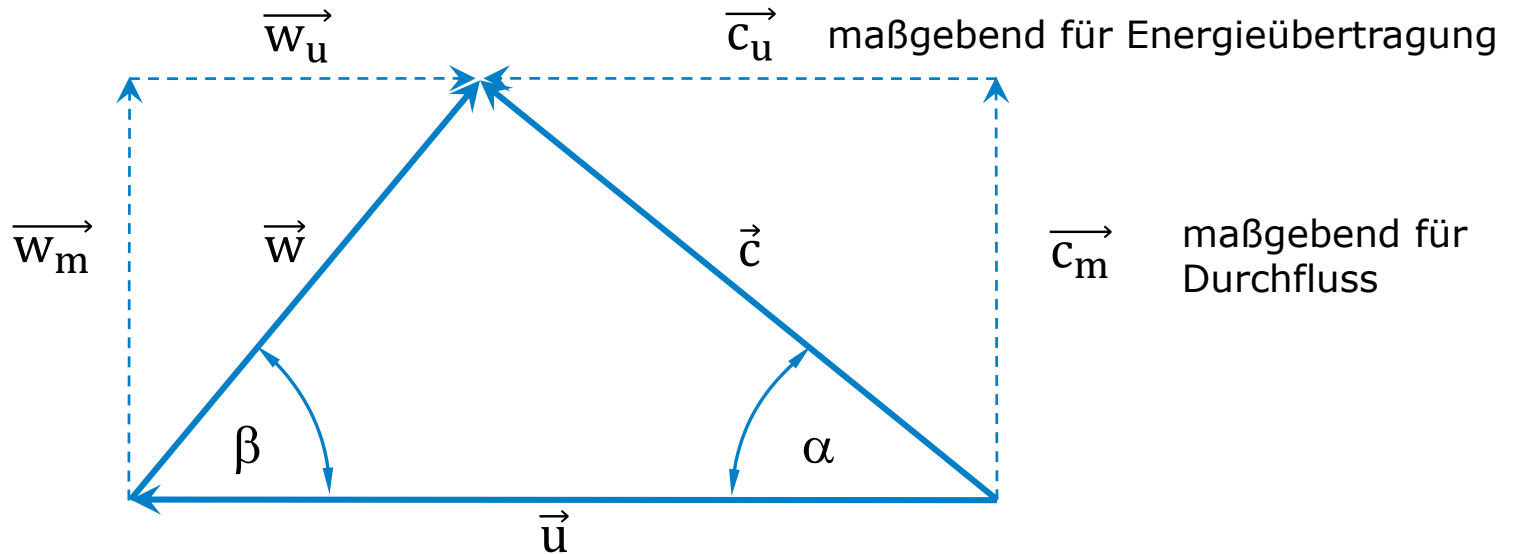
- a) Meridianschnitt
- b) Querschnitt (Achsnormalschnitt)

[Sigloch; Energiewandlung in Kraft- und Arbeitsmaschinen, 2010]

Axiale Verdichterstufe

- a) Meridianschnitt
- b) Abgewickelter Zylinderschnitt

[VDI-Lexikon Maschinenbau, 1995]



Geschwindigkeitskomponenten

Umfang u

Axial a

Radial r



Meridiankomponente

$$\vec{c}_m = \vec{c}_a + \vec{c}_r$$

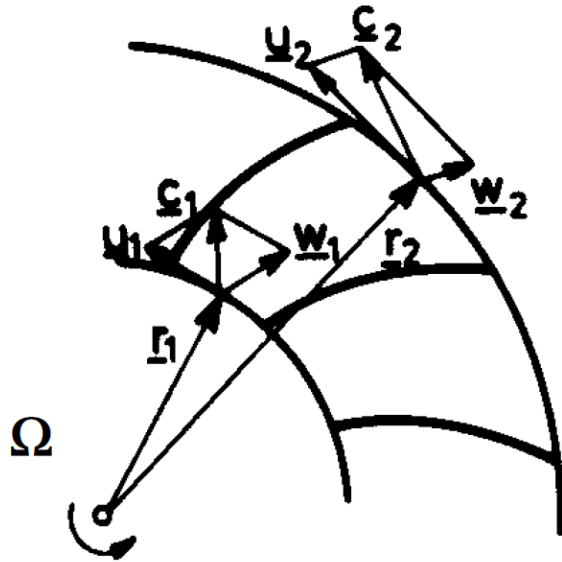
\vec{c}_m Meridiankomponente der Absolutgeschwindigkeit ($\perp \vec{u}$)

\vec{c}_u Umfangskomponente der Absolutgeschwindigkeit ($\parallel \vec{u}$, Drall)

\vec{w}_m Meridiankomponente der Relativgeschwindigkeit ($\perp \vec{u}$)

\vec{w}_u Umfangskomponente der Relativgeschwindigkeit ($\parallel \vec{u}$)

Verzögerungsgitter

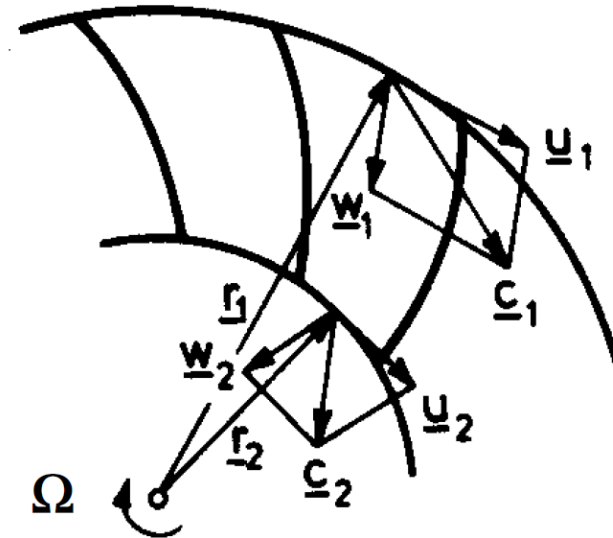


Pumpenlaufrad

Relativgeschwindigkeit wird verzögert ($w_2 < w_1$)

→ statischer Druck steigt

Beschleunigungsgitter

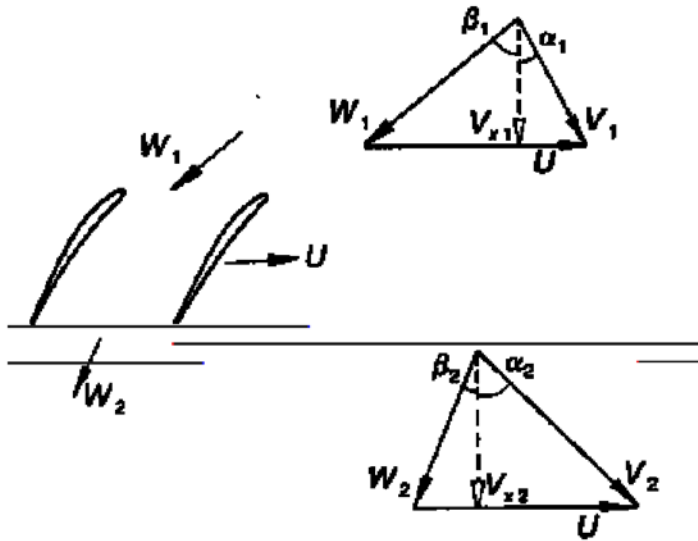


Turbinenlaufrad (Schade/Kunz)

Relativgeschwindigkeit wird beschleunigt ($w_2 > w_1$)

→ statischer Druck sinkt

Verzögerungsgitter

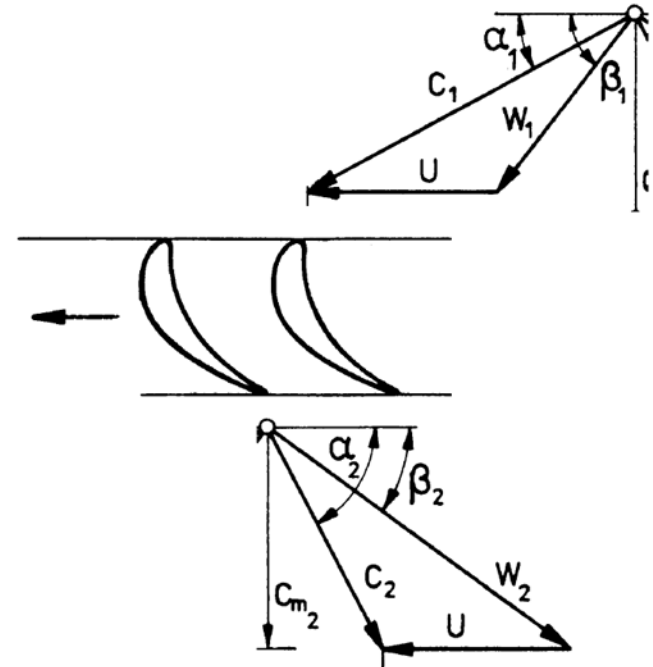


Axialverdichter (Cumpsty (1989))

Relativgeschwindigkeit wird verzögert ($w_2 < w_1$)

→ statischer Druck steigt

Beschleunigungsgitter



Axialturbine (Käppeli (1994))

Relativgeschwindigkeit wird beschleunigt ($w_2 > w_1$)

→ statischer Druck sinkt

Aufgabe 2a Radiallaufrad

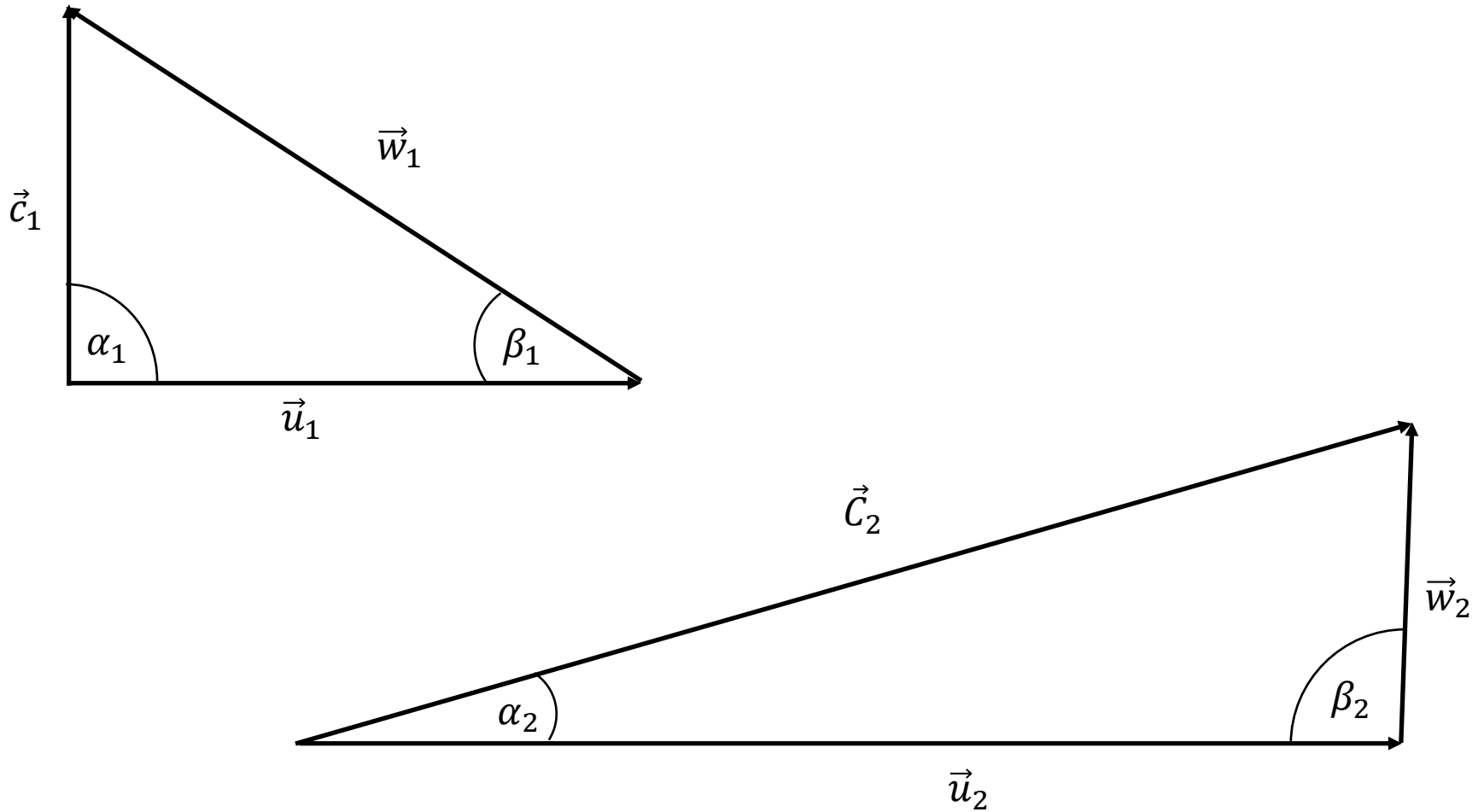
Für eine Turbomaschine mit radialem Laufrad sind folgende Daten gegeben:

Außendurchmesser: $D_2=0,87$ m
Innendurchmesser: $D_1=0,45$ m
Strömungsquerschnitte: $A_1=0,235$ m² $A_2=0,28$ m²
Absolutströmungswinkel: $\alpha_1=90^\circ$ $\alpha_2=16^\circ$

Die Drehzahl der Maschine beträgt im Auslegungspunkt 750 min⁻¹ und es wird ein Volumenstrom von 10000 m³/h gefordert.

- Ermitteln Sie die Komponenten der Geschwindigkeitsdreiecke u_1 , u_2 , c_{1m} , c_{2m} , c_{1u} , c_{2u} , c_1 , c_2 , w_1 , w_2 , β_1 , β_2 für die gegebenen Durchmesser.
- Zeichnen Sie maßstäblich die Geschwindigkeitsdreiecke an der Außen- und Innenkante.

Aufgabe 2a Radiallaufrad: Geschwindigkeitsdreiecke



Aufgabe 2b Tischventilator

Gegeben ist ein axialer Tischventilator mit einem Gehäuse, aber ohne Leitrad und folgenden mittleren Daten:

$$\beta_1 = 25^\circ$$

$$\beta_2 = 30^\circ$$

$$a_1 = 90^\circ$$

$$u_1 = u_2 = 10 \text{ m/s (am Außenradius)}$$

$$A_{1m} = A_{2m} = 175 \text{ cm}^2$$

- Skizzieren Sie den Ventilator im Längsschnitt.
- Berechnen und zeichnen Sie maßstäblich die Geschwindigkeitsdreiecke.
- Wie groß ist der geförderte Volumenstrom?

Aufgabe 2b Tischventilator: Geschwindigkeitsdreiecke

