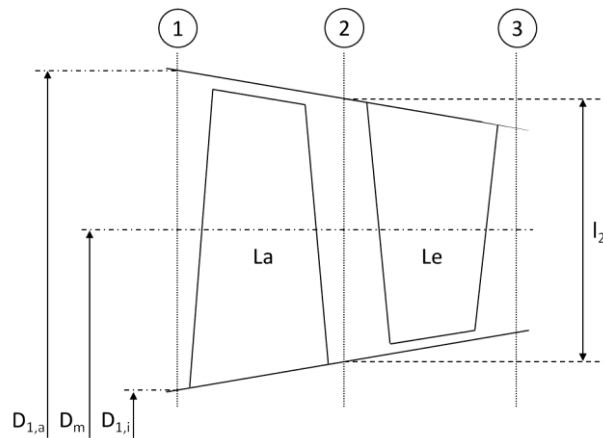


Aufgabe 11 (12 Punkte)



$u = 375,13 \text{ m/s}$
$T_{t1} = 331,28 \text{ K}$
$p_{t1} = 1,0079 \text{ bar}$
$\dot{m} = 24,543 \text{ kg/s}$
$w_1 = 333,17 \text{ m/s}$
$\beta_1 = 31,807^\circ$
$w_{1,u} = 283,14 \text{ m/s}$
$c_2 = 332,10 \text{ m/s}$
$w_2 = 190,42 \text{ m/s}$
$p_2 = 1,1980 \text{ bar}$
$l_2 = 0,067428 \text{ m}$

Für die Auslegung einer Verdichterstufe mit konstantem Durchmesser und drallbehafteter Zuströmung sind folgende Daten gegeben:

Drehzahl:	$n = 12460 \text{ 1/min}$
Außendurchmesser vor Laufrad:	$D_{1,a} = 0,66 \text{ m}$
Innendurchmesser vor Laufrad:	$D_{1,i} = 0,49 \text{ m}$
Leistung:	$P = 1,78839 \text{ MW}$
Statischer Druck am Eintritt:	$p_1 = 0,81457 \text{ bar}$
Statische Temperatur am Eintritt:	$T_1 = 311,8 \text{ K}$
Axiale Zuströmgeschwindigkeit Laufgitter:	$c_{1,ax} = 175,6 \text{ m/s}$
Zuströmwinkel absolut:	$\alpha_1 = 62,35^\circ$
Axiale Abströmgeschwindigkeit Laufgitter:	$c_{2,ax} = 168,4 \text{ m/s}$
Verlustbeiwert Laufrad:	$\zeta_{La} = 0,016$
Spezifische Wärmekapazität:	$c_p = 1009 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$
Spezifische Gaskonstante:	$R = 287 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$

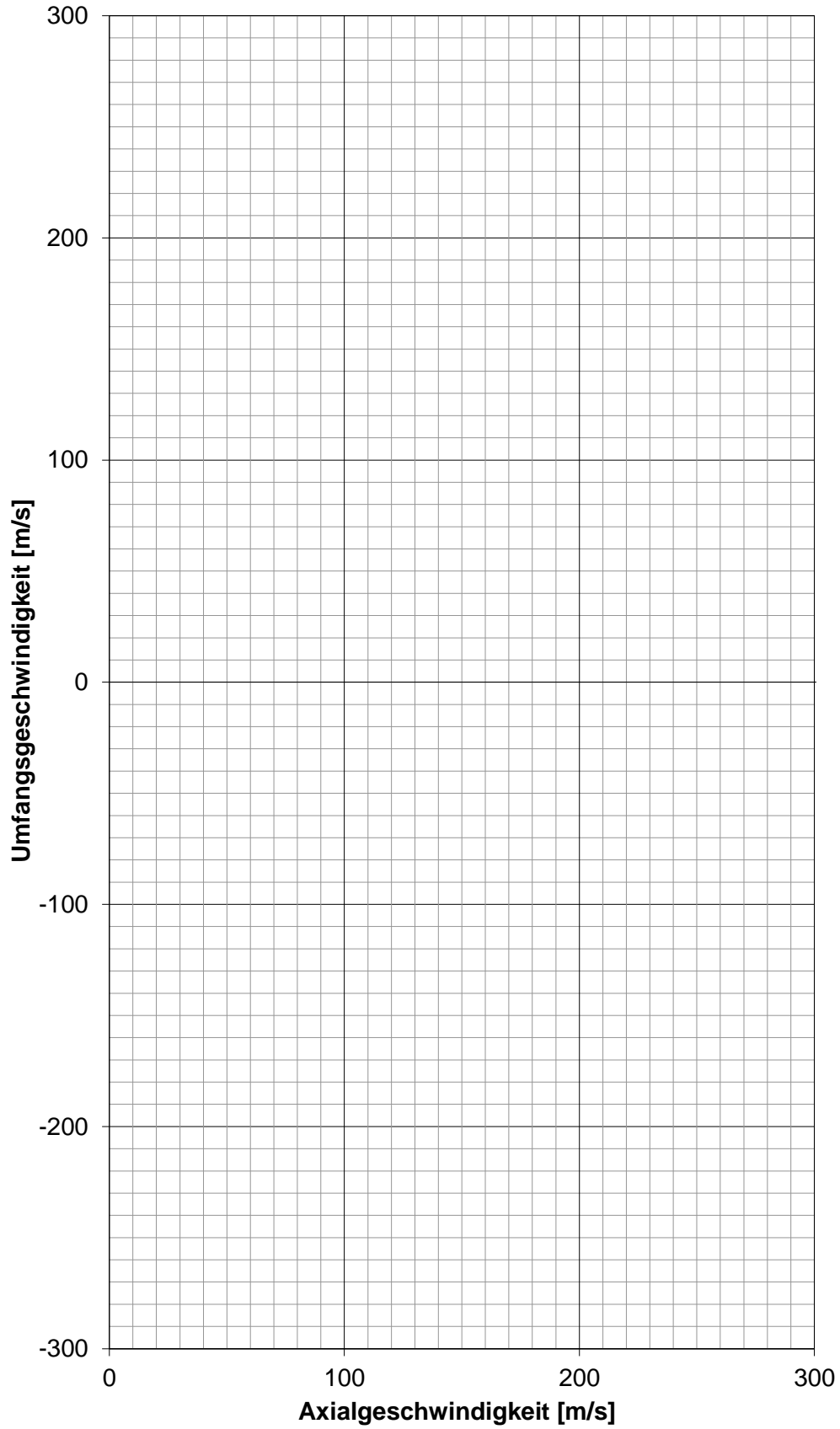
Führen Sie eine Mittelschnittrechnung durch und bearbeiten Sie dabei folgende Punkte:

- 11.1 Berechnen Sie die Umfangsgeschwindigkeit u , die Totaltemperatur T_{t1} und den Totaldruck p_{t1} vor dem Laufrad.
- 11.2 Berechnen Sie den Massenstrom \dot{m} sowie die relative Anströmgeschwindigkeit w_1 vor dem Laufrad. Berechnen Sie außerdem den relativen Anströmwinkel β_1 und die Umfangskomponente der relativen Anströmgeschwindigkeit $w_{1,u}$.
- 11.3 Ermitteln Sie die Abströmgeschwindigkeit des Laufrads im Absolutsystem c_2 und im Relativsystem w_2 .
- 11.4 Zeichnen Sie die Geschwindigkeitsdreiecke in das beiliegende Diagramm ein. Bezeichnen Sie alle Zu- und Abströmwinkel sowie die Geschwindigkeitsdifferenz Δc_u .
- 11.5 Bestimmen Sie den statischen Druck p_2 nach dem Laufrad sowie die Kanalhöhe l_2 (siehe Skizze).

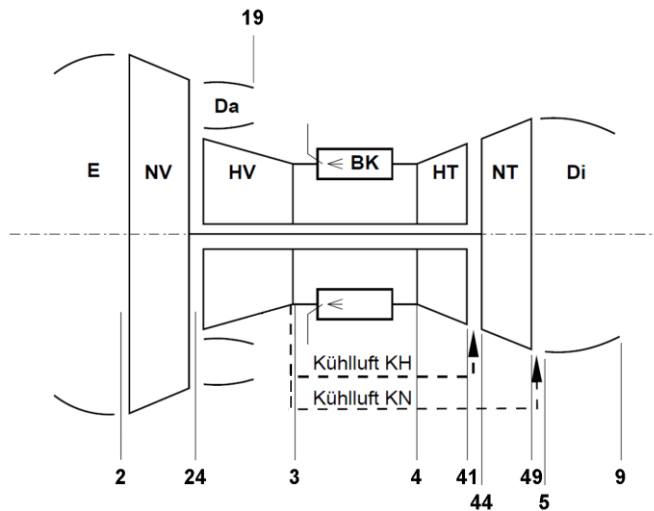
Hinweis: Der Winkel α_1 befindet sich innerhalb des entsprechenden Geschwindigkeitsdreiecks.

- 2 -
Luftfahrtantriebe H2014
Rechenteil

Name: _____ Matrikelnummer: _____



Aufgabe 12 (9 Punkte)



Ein Zweiwellen-Zweistromtriebwerk (siehe Schema) mit verlustfreiem Einlauf wird im Bodenstandfall betrieben.

Beide Kühlluftmassenströme werden am Austritt des Hochdruckverdichters entnommen.

Folgende Daten liegen vor:

Massenstrom Einlauf:	\dot{m}_2	=	650,0 kg/s
Massenstrom HD-Verdichter (HV):	\dot{m}_{24}	=	91,5 kg/s
Brennstoffmassenstrom:	\dot{m}_{Br}	=	1,94 kg/s
Umgebungstemperatur:	T_0	=	280,15 K
Totaltemperatur nach ND-Verdichter (NV):	T_{t24}	=	319,1 K
Totaltemperatur nach HD-Verdichter:	T_{t3}	=	824,5 K
Totaldruck nach HD-Verdichter:	p_{t3}	=	22,95 bar
bezogener Brennkammerdruckverlust:	$\Delta p_{t,BK}/p_{t3}$	=	0,035
Ausbrenngrad BK:	η_{BK}	=	1,0
Totaldruck nach HD-Turbine (HT):	p_{t41}	=	4,42 bar
Kühlluftanteil nach HD-Turbine:	$\mu_{K,H}$	=	0,055
Kühlluftanteil nach ND-Turbine:	$\mu_{K,N}$	=	0,014

Bestimmen Sie:

- 12.1 Das Nebenstromverhältnis μ .
- 12.2 Die Leistung P_{NT} und die spezifische Arbeit a_{NT} der Niederdruckturbine.
- 12.3 Die Totaltemperatur am Eintritt der Hochdruckturbine T_{t4} .
- 12.4 Die Totaltemperatur nach der Hochdruckturbine T_{t41} . Gehen Sie für die Iteration von einem Startwert von $T_{t41} = 1000,0 K$ aus.
- 12.5 Den polytropen Wirkungsgrad der Hochdruckturbine $\eta_{n,HT}$.

Rechnen Sie mit: $H_u = 43,124 MJ/kg$ und $R = 287,0 J(kg \cdot K)$

$$\begin{aligned} \mu &= 6,104 \\ P_{NT} &= 25,418 MW \\ a_{NT} &= 275,823 kJ/kg \\ T_{t4} &= 1585 K \\ T_{t41} &= 1139,5 K \\ \eta_{n,HT} &= 0,888 \end{aligned}$$

Alle Lösungen wurden mit den Diagrammen bestimmt.

Aufgabe 13 (9 Punkte)

Ein Triebwerk wird mit einer konvergent-divergenten Schubdüse betrieben, deren Erweiterungsverhältnis nicht zu dem an der Düse anliegenden Schubdüsendruckverhältnis passt.

Folgende Daten liegen vor:

Flugmachzahl:	Ma_0	=	0,88
Umgebungstemperatur:	T_0	=	216,7 K
Umgebungsdruck:	p_0	=	0,2263 bar
Brennstoffmassenstrom:	\dot{m}_{Br}	=	1,294 kg/s
Totaltemperatur Schubdüsenaustritt:	T_{t9}	=	1163,5 K
Totaldruck Schubdüsenaustritt:	p_{t9}	=	2,517 bar
Schubdüsendruckverhältnis:	p_9/p_{t9}	=	0,1843
Schubdüsenaustrittsfläche:	A_9	=	0,2734 m ²

Dem Triebwerk wird keine Zapfluft entnommen. Es sind keine Leckageströme nach außen vorhanden. Die Düse ist verlustfrei.

Bestimmen Sie:

- 13.1 Die statische Temperatur T_9 am Düsenaustritt des Triebwerkes und die Strahlgeschwindigkeit c_9 .
- 13.2 Die Strahlgeschwindigkeit $c_{9,id}$ bei einer idealen konvergent-divergenten Vergleichsdüse.
- 13.3 Den Bruttoschub F_9 des Triebwerkes.
- 13.4 Den Bruttoschub $F_{9,id}$ des Triebwerkes mit der Vergleichsdüse.
- 13.5 Den Vortriebswirkungsgrad η_{vor} , den Gasturbinenwirkungsgrad η_{GT} und den Gesamtwirkungsgrad η_{ges} des Triebwerkes.

Rechnen Sie mit:

c_{p0}	=	1004,5	J/(kg · K)
c_{pD}	=	1177,0	J/(kg · K)
$c_{pD,id}$	=	1164,0	J/(kg · K)
R	=	287,0	J/(kg · K)
H_u	=	43,124	MJ/kg

$T_9 = 770,3K$
$c_9 = 962,05 m/s$
$c_{9,id} = 1101,41 m/s$
$F_9 = 59,590kN$
$F_{9,id} = 60,786kN$
$\eta_{vor} = 0,3726$
$\eta_{GT} = 0,5673$
$\eta_{ges} = 0,2114$