

Grundlagen der Fahrzeugantriebe / Verbrennungsmotoren

Modulprüfung

3.4.2019

Name, Vorname

Matrikel-Nr.

Prüfnummer

Unterschrift (Student)

	Punkte Verständnis (max 80 Pkte)	Punkte Berechnung (max. 80 Punkte)		
	(V)	(B) Teil 1	(B) Teil 2	
Erstkorrektor				
Zweitkorrektor				
Datum, Kürzel/ Unterschrift				
Datum, Kürzel/ Unterschrift				

Grundlagen der Fahrzeugantriebe / Verbrennungsmotoren

Berechnungsklausur

Hinweise:

Zusätzlich zu den vorher gegebenen Hinweisen gilt hier im Speziellen:

- Bitte geben Sie alle beschriebenen Blätter zusammen mit den Aufgabenblättern ab.
- Schreiben Sie mit dokumentenechten Stiften (z.B. mit Kugelschreiber, Tintenstift, usw.; kein Bleistift!) und benutzen Sie keinen Rot- oder Grünstift.
- Kennzeichnen Sie alle Blätter mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer.

Beachten Sie, dass die Berechnungsteile unabhängig voneinander lösbar sind.

- Bei unrealistischen Zwischenergebnissen rechnen Sie mit plausiblen Annahmen dieser Werte weiter.
- Eine Temperatur T ist dann hinreichend genau berechnet, wenn sie vom Schätzwert der jeweiligen Iterationsstufe um nicht mehr als 10 K abweicht.
- Fehlende Werte entnehmen Sie bitte dem Vorlesungsmanuskript und den beigefügten Unterlagen.
- Näherungsformeln im Bereich der Triebwerksdynamik sind ausdrücklich zugelassen.
- Beachten Sie die Abbildungen am Ende der Aufgabenstellungen.
- Rückwärtsrechnungen sind ausdrücklich untersagt und werden nicht bewertet!
- Ergebnisse werden nur mit Rechengang bewertet. Hierzu gehören Formel, Formel mitsamt eingesetzter Zahlenwerte, Einheiten und Ergebnis.

Es soll eine thermodynamische und mechanische Analyse eines turboaufgeladenen 4-Takt PKW-Dieselmotors durchgeführt werden, der nach dem Gleichdruckprozess betrachtet wird.

Berücksichtigen Sie bei der Rechnung der Aufgabenteile **a) bis c)**, entsprechend eines **vollkommenen Motors**, die Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärmekapazitäten ($c_v = f(T) = A + B \cdot T$, $R = \text{const.}$).

Für die Aufgabenteile **d) bis g)** kann der Kreisprozess als **idealer Vorgang** betrachtet werden ($c_v = \text{const.}$).

Für alle Aufgabenteile kann Luft als ideales Gas betrachtet werden. In folgender Tabelle 1 sind die Kenngrößen des Motors sowie die zur Berechnung der Aufgaben benötigten Größen angegeben.

Tabelle 1: Gegebene Größen

Symbol	Wert	Einheit	Beschreibung
b	81	mm	Zylinderbohrung
h	95.5	mm	Kolbenhub
T_1	40	°C	Starttemperatur
p_1	1.2	bar	Startdruck des Kreisprozesses
ε	16.5	-	Geometrisches Verdichtungsverhältnis
H_u	43250	kJ/kg	Unterer Heizwert von Diesel
λ	1.95	-	Verbrennungsluftverhältnis
L_{st}	14.39	-	Stöchiometrischer Luftbedarf
p_{nT}	1.8	bar	Druck nach Turbine
T_{vV}	25	°C	Temperatur vor Verdichter
z	4	-	Zylinderanzahl
K_{Abgas}	1.3	-	Isentropenexponent Abgas
$c_{p,T}$	1270	J/(kg K)	isobare Wärmekapazität des Abgases
n	2000	1/min	Drehzahl
η_{ST}	0.64	-	isentropen Turbinenwirkungsgrad
η_{mT}	0.57	-	mechanischer Wirkungsgrad der Turbine
η_{SV}	0.72	-	isentropen Verdichterwirkungsgrad
η_{mV}	0.54	-	mechanischer Wirkungsgrad des Verdichters

R	292,5	J/kgK	Spezifische Gaskonstante
A	753.6	J/(kg K ²)	Konstante für die Berechnung der spezifischen Wärmekapazität
B	0.228	J/(kg K ²)	Konstante für die Berechnung der spezifischen Wärmekapazität

Teil 1: BERECHNUNG KREISPROZESS UND LUFTPFAD (48 Punkte)

- Berechnen Sie zunächst das Hubvolumen des Aggregats und anschließend die Luftmasse, die sich für den angegebenen Betriebspunkt in einem Zylinder befindet. **(7,5 Punkte)**.
- Bestimmen Sie die Kompressionsendtemperatur T_2 und den Kompressionsenddruck p_2 unter der Annahme eines **vollkommenen Motors**. **(6,5 Punkte)**.
- Berechnen Sie die Verbrennungsendtemperatur T_3 unter der Annahme, dass der gesamte Kraftstoff im Punkt 2 in den Brennraum eingebracht wird. **(5,5 Punkte)**

Hinweis: Ersatzwert für die Luftmasse im Zylinder und die Kompressionsendtemperatur, falls Sie diese nicht berechnen konnten: 700 mg bzw. 500 C.

- Die Expansion von Zustand 3 nach Zustand 4 kann für die folgenden Aufgabenteile als **ideal** betrachtet werden. Welche Temperatur T_4 und Druck p_4 ergeben sich damit für Zustand 4? Berechnen Sie außerdem die abgeführte Wärme für den Kreisprozess. **(9 Punkte)**

Hinweis: Ersatzwert für die Verbrennungsendtemperatur, falls Sie diese nicht berechnen konnten: 1900 K.

- Durch einen variablen Ventiltrieb (VVT) am Auslassventil kann das Auslassventil für manche Betriebszustände früher geöffnet werden. Gehen Sie davon aus, dass das Ventil nun bei 155 °KW öffnet und verwenden Sie Diagramm 1 zur Bestimmung der Temperatur $T_{4,VVT}$ und des Druckes $p_{4,VVT}$ am neuen Zustand 4, VVT. Welche neue abgegebene Wärme ergibt sich damit für den Kreisprozess mit VVT? **(5,5 Punkte)**
- Um wieviel Prozent kann die Turbinenleistung des Abgasturboladers durch das frühe Öffnen des Auslassventils erhöht werden, wenn davon ausgegangen wird, dass beim Auslassvorgang keine Druckverluste auftreten? **(7,5 Punkte)**

Hinweis: Ersatzwert für p_4 , T_4 , falls Sie diese nicht berechnen konnten: 4 bar bzw. 1000 K

- Wie groß ist im Normalbetrieb (ohne VVT) der Druck vor dem Verdichter p_{vV} , damit der Ladedruck dem Startdruck des Kreisprozesses entspricht? **(3 Punkte)**
- Wie groß ist der indizierte Mitteldruck $p_{mi,HD}$ des Hochdruckprozesses für den angegebenen Betriebspunkt? **(3,5 Punkte)**

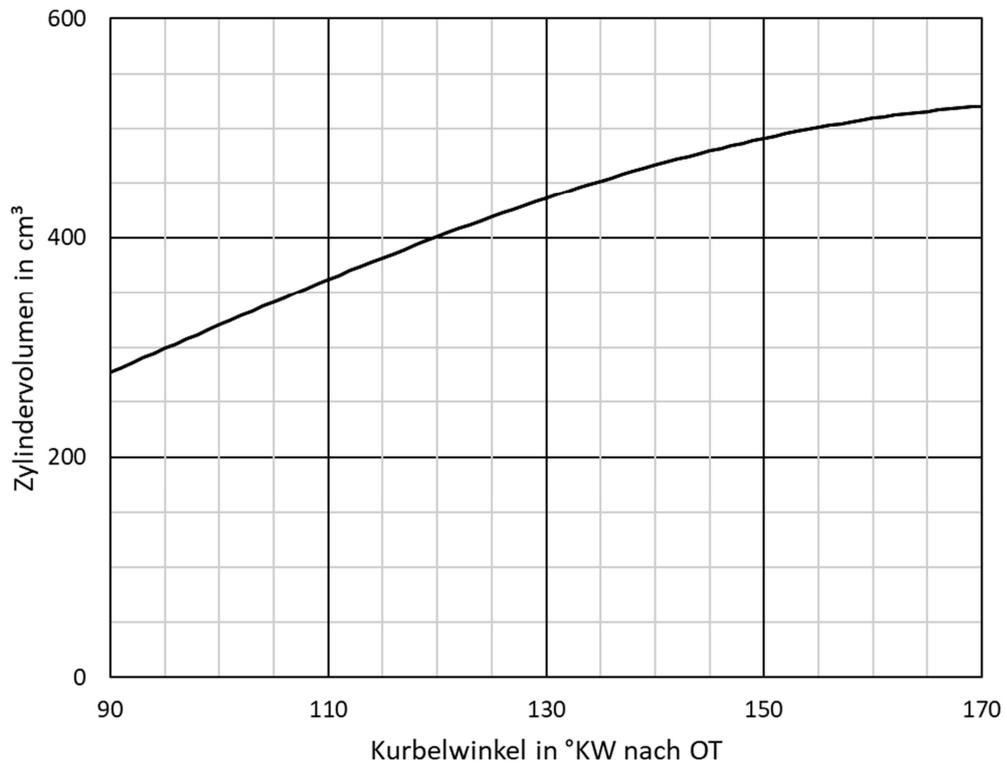


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Kurbelwinkel und Volumen

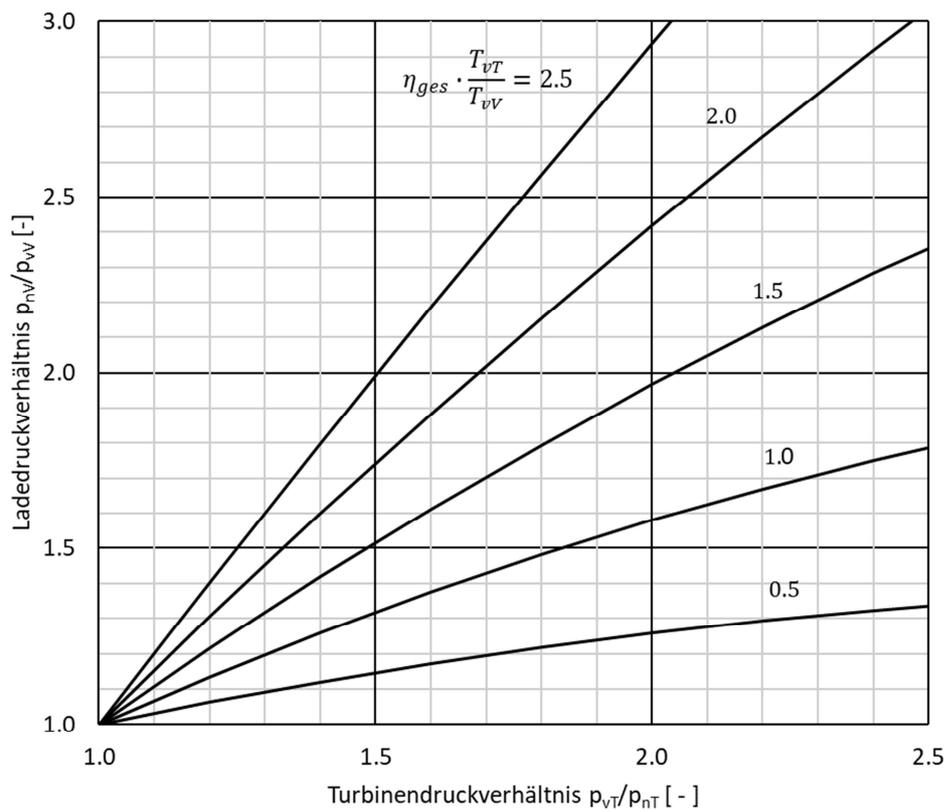


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Turbinendruckverhältnis und Ladedruckverhältnis.

Teil 2: MOTORMECHANIK (32 Punkte)

Achtung: Für die Berechnungen in Teil 2 wird derselbe Motor wie in Teil 1 betrachtet. Weitere nur für Teil 2 geltende Größen entnehmen Sie bitte Tabelle 2.

Tabelle 2: Motorkenngrößen Teil 2

Symbol	Wert	Einheit	Beschreibung
l	0.16	m	Pleuellänge
m_{OSZ}	0,8	kg	Gesamte oszillierende Masse eines Zylinders

- Bestimmen Sie die Winkelgeschwindigkeit und das Schubstangenverhältnis des Motors. **(5 Punkte)**
- Wie groß ist die exakte Kolbengeschwindigkeit und die angenäherte Kolbenbeschleunigung in OT und UT? **(6 Punkte)?**
- Um wieviel Prozent ändern sich die Kolbenbeschleunigungen in UT und OT wenn man bei gleichem Kolbenhub das Schubstangenverhältnis auf $\lambda_S=0.25$ ändert **(7 Punkte)**
- Bei welcher Kurbelwinkelstellung stehen, ausgehend vom ursprünglichen Schubstangenverhältnis das Pleuel und die Kurbelkröpfung orthogonal **(2,5 Punkte)**
- Wie groß ist zu diesem Kurbelwinkel die Gleitbahnkraft die aus den Massenkräften resultiert **(9 Punkte)**
- Wie groß ist die mittlere Kolbengeschwindigkeit? **(2,5 Punkte)**