

CarMaker

Loremo

Modellerweiterung zur Verbrauchsberechnung

Dokumentation

Project:

LO ENG1, Modellerweiterung zur Verbrauchsberechnung,
Hr. Hemmer, Loremo

IPG-ProjectNo:

1511

Author:

Michael Ortlechner, IPG

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
2 Benötigte Eingabegrößen	3
3 Verbrauchsberechnung	5
3.1 Ermittlung des Mitteldrucks p	5
3.2 Ermittlung der Leistung P	5
3.3 Ermittlung der verbrauchten Spritmenge während einer Simulationsschrittweite dt	6
3.4 Ermittlung des aktuellen Verbrauchs pro 100km	6
3.5 Ermittlung des Gesamtverbrauchs	6
3.6 Ermittlung des Durchschnittsverbrauchs	6
4 Übersicht Ausgabegrößen	7
4.1 DataDictionary	7
4.2 Instruments-GUI	8

1 Einleitung

In dieser Dokumentation wird erläutert, wie die Modellerweiterung zur Verbrauchsberechnung während der Fahrdynamiksimulation in CarMaker umgesetzt wurde, welche Eingabegrößen benötigt werden und wo diese zu hinterlegen sind. Weiter wird beschrieben, welche Ausgangsgrößen dem Anwender zur Verfügung stehen und wie diese abrufbar sind.

Basis für die Berechnung des Verbrauchs ist ein Kennfeld, in dem der spezifische Verbrauch in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und aktuellem Lastzustand angegeben ist (=”Muscheldiagramm”). Als Referenzgröße für den Lastzustand des Motors wird der effektive Mitteldruck (mittlerer Kolbendruck) verwendet. Mit Hilfe dieses Kennfeldes wird zu jedem Simulationsschritt (1ms) der aktuelle spezifische Verbrauch interpoliert. Anhand dieses Wertes wird die Berechnung von verschiedenen Größen (z.B. aktueller Verbrauch bezogen auf 100km) durchgeführt (s. Kapitel 3).

Allgemeine Anmerkung zum Projektordner “Verbrauchsberechnung”:

Alle nötigen Erweiterungen in der Simulationsumgebung von CarMaker sind in den Dateien User.c, User.h und CM_Vehicle.c durchgeführt worden. Weiterhin wurde die Standard-Instruments-GUI um eine Verbrauchsanzeige erweitert. Die dafür nötigen Dateien (Instruments.tcl und Lights.tcl) sind im bin/-Ordner des Projektverzeichnisses abgelegt. Im Ordner Data/Vehicle/ befindet sich die Fahrzeugdatei L22_LSEngine, in welcher bereits alle nötigen Eingabegrößen hinterlegt sind (s. Kapitel 2).

Die Verbrauchsberechnung wird nur dann durchgeführt, falls alle nötigen Daten in der Fahrzeugdatei angegeben sind. Falls Daten falsch angegeben sind, wird die Simulation abgebrochen. Fehlen allerdings nötige Informationen, wird die Simulation trotzdem durchgeführt (s. auch Kapitel 3), die Verbrauchsberechnung ist in diesem Fall nur nicht aktiv. Somit kann dieser Projektordner unabhängig von der Verbrauchsberechnung genutzt werden.

2 Benötigte Eingabegrößen

Alle Daten, welche für die Verbrauchsberechnung benötigt werden, sind in der Fahrzeug-Datei unter dem Kommentar "Additional Parameters" abzulegen (siehe Datei L22_LSEngine in Data/Vehicle des beigefügten Projektordners). Bei der Bedatung ist darauf zu achten, dass einerseits die Parameternamen exakt den hier aufgeführten bzw. bereits in der Datei L22_LSEngine abgelegten Namen der Parameter entsprechen. Andererseits ist darauf zu achten, dass die Daten in der entsprechenden Art und Weise abgelegt werden, d.h.:

- Ein Parameter, welcher nur einen Wert besitzt, muss wie folgt angegeben werden:
`<Parameter> = <Wert>`
 (-> in einer Zeile, durch "Leerzeichen"-"="-"Leerzeichen" getrennt)
- Wird ein Vektor oder eine Matrix zugewiesen:
`<Parameter>:`
`<Tab> <Wert11> <Wert12> ...`
`<Tab> <Wert21> <Wert22> ...`
 ...
 (-> nach Doppelpunkt folgt eine neue Zeile; Daten sind mit einem "Tab" vom "linken Rand" zu trennen)

Folgende Daten werden für die Verbrauchsberechnung benötigt (Auszug aus der Datei L22_LSEngine, Erläuterungen folgen anschließend):

Additional Parameters

pmKennfeld.bMap:

0.5	1500	1350	1300	1400	1500	1600	1700	1750	2000
1	1150	780	770	775	785	800	835	900	950
1.5	900	550	540	560	560	560	580	580	620
2	780	390	355	380	385	395	398	405	415
2.5	700	347	315	325	335	335	345	345	360
3	620	335	287	304	315	318	325	335	335
3.5	570	310	278	290	300	310	315	320	328
4	460	286	265	275	283	288	295	304	312
4.5	405	268	257	264	272	277	282	291	298
5	335	258	249	257	264	269	276	284	297
5.5	285	252	248	255	262	269	277	286	298
6	267	251	250	255	262	271	279	290	298
6.5	254	252	253	257	265	274	283	290	298
7	254	256	254	259	266	274	283	290	298

pmKennfeld.PMap:

0.5	0.3	0.35	0.65	0.7	0.75	0.9	1	1	1
1	0.93	1.05	1.15	1.25	1.35	1.6	1.85	2	2.2
1.5	1.3	1.5	1.65	1.8	2.1	2.2	2.6	2.9	3
2	1.7	2	2.3	2.6	2.9	3.15	3.5	3.8	4.1
2.5	2.2	2.5	2.85	3.2	3.7	4	4.25	4.8	5
3	2.65	3.05	3.45	3.9	4.3	4.7	5.2	5.65	6.15
3.5	3.05	3.6	4.1	4.5	5	5.5	6.05	6.6	7
4	3.55	4.15	4.65	5.2	5.8	6.4	7	7.6	8.1
4.5	3.9	4.6	5.2	5.75	6.4	7.2	7.8	8.4	9.2
5	4.4	5.1	5.85	6.5	7.3	8	8.75	9.4	10.2

5.5	4.7	5.6	6.35	7.15	8	8.7	9.6	10.4	11.3
6	5.15	6.05	6.95	7.8	8.7	9.6	10.4	11.3	11.3
6.5	5.15	6.45	7.6	8.35	9.4	10.4	11.2	11.3	11.3
7	5.15	6.45	8.15	9.05	10	10.4	11.2	11.3	11.3

pmKennfeld.nEngine:

1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500
------	------	------	------	------	------	------	------	------

pmKennfeld.VEngine = 692

pmKennfeld.rohDiesel = 830

Erläuterungen:

- Für die Kennfelder gilt, dass wenn die Anzahl der Werte durch die Anzahl der Spalten dividiert wird, eine ganze Zahl (ohne Rest) heraus kommen muss, d.h.: Jede Position der Matrix muss mit einem Wert belegt werden. Im vorliegenden Fall waren z.B. bei den Ausgangsdaten für die Kennfelder nicht alle Stellen besetzt. Um das Kennfeld dennoch nutzen zu können wurde per Hand jede Spalte mit dem letzten noch eingetragenen Wert dieser Spalte aufgefüllt (vergleiche Ausgangsdaten mit diesen Daten)
- pmKennfeld.bMap:
Kennfeld "Spezifischer Verbrauch b bei x bar Mitteldruck und y Umdrehungen pro Minute"
#1.Spalte = Mitteldruck [bar]
#2.Spalte = spezifischer Verbrauch bx1 [g/kWh] bei nEngine = y1 [1/min]
#3.Spalte = spezifischer Verbrauch bx2 [g/kWh] bei nEngine = y2 [1/min]
#4.Spalte = spezifischer Verbrauch bx3 [g/kWh] bei nEngine = y3 [1/min]
#... usw.
#n.Spalte = spezifischer Verbrauch bxn [g/kWh] bei nEngine = nEngineMax [1/min]
- pmKennfeld.PMap:
#Kennfeld "Leistung P [kW] bei x bar Mitteldruck und y Umdrehungen pro Minute"
#1.Spalte = Mitteldruck [bar]
#2.Spalte = Leistung Px1 [kW] bei nEngine = y1 [1/min]
#3.Spalte = Leistung Px2 [kW] bei nEngine = y2 [1/min]
#4.Spalte = Leistung Px3 [kW] bei nEngine = y3 [1/min]
#... usw.
#n.Spalte = Leistung Pxn [kW] bei nEngine = nEngineMax [1/min]
- pmKennfeld.nEngine:
#Angabe der Motordrehzahlen y1, y2, y3, ..., nEngineMax [1/min]
- pmKennfeld.VEngine = Gesamthubraum des Motors [cm³]
- pmKennfeld.rohDiesel = Dichte von Dieselkraftstoff [kg/m³]

Tip: Falls eine neue Fahrzeugdatei bedatet werden soll, diese in einem Extra-Editor öffnen und hier die Parametrierung durchführen. Falls Parameter abgeändert werden sollen, kann dies auch direkt über die CarMaker-GUI geschehen (-> Öffnen der Fahrzeugdatensatz-GUI -> Mappe "Diverses" ... abschließend Datei->Sichern)

3 Verbrauchsberechnung

Die Verbrauchsberechnung wird grundsätzlich nur dann durchgeführt, wenn alle nötigen Eingangsdaten vorhanden sind. Sind diese vorhanden, werden die Berechnungen während einer Simulation nur dann aktiv, falls das Fahrzeug schneller als 5km/h fährt, da für geringe Motordrehzahlen und Mitteldrücke die Kennfelder nicht definiert sind. Falls Eingabedaten falsch abgelegt sind, wird die Simulation abgebrochen. Fehlen allerdings Daten läuft die Simulation weiter. Es wird lediglich ein "Warning" in die Log-Datei (->CarMaker GUI->Simulation->Sitzung/Versuch Logbuch) geschrieben, mit dem Hinweis, dass die Berechnung nicht durchgeführt werden kann und welche Daten fehlen. Somit können mit dieser CarMaker-Version auch Fahrdynamiksimulationen unabhängig von der Verbrauchsberechnung durchgeführt werden, z.B. falls die nötigen Daten (noch) nicht vorhanden sind.

In den folgenden Unterkapiteln werden die Berechnungen der einzelnen Größen und Hilfsgrößen erläutert. Die Reihenfolge entspricht auch der Abfolge der Berechnungen im Programm.

3.1 Ermittlung des Mitteldrucks p

Da CarMaker den Mitteldruck p nicht als Simulationsgröße zur Verfügung stellt, wird dieser mit Hilfe folgender Formel ermittelt, um anschließend in Abhängigkeit dieses Wertes und der Drehzahl den aktuellen spezifischen Verbrauch und die aktuelle Leistung aus den Kennfelder auslesen zu können.

Ermittlung des aktuellen Mitteldrucks p [bar]:

$$p = K * 2 * \pi * M / (V_h * 10^{-6}) * 1/10^5$$

M = Motordrehmoment [Nm]

V_h = Gesamthubraum des Motors [cm³]

K = 1 falls 2-Takt Motor

K = 2 falls 4-Takt Motor

1/10⁵ -> Pa to bar; 10⁻⁶ -> cm³ to m³

3.2 Ermittlung der Leistung P

Parallel zur ausgelesenen Leistung P wird diese auch noch mit Hilfe folgender Formel gleichzeitig dazu berechnet:

Ermittlung der aktuellen Leistung P [kW]:

$$P = M * \text{rotv} / 1000$$

M = Drehmoment [Nm]

rotv = Drehgeschwindigkeit [rad/s]

1/1000 -> W to kW

Anzumerken ist dabei, dass das Motorkennfeld der Fahrzeugdatei L22_LSEngine ausgehend vom Kennfeld pmKennfeld.PMap bedatet wurde. Für die späteren Berechnungen wird der Leistungswert verwendet, welcher mit Hilfe dieser Formel berechnet wurde. Der Grund ist, dass somit auch berücksichtigt werden kann, wenn sich der Motor im Schubtrieb befindet

(negatives Moment (Schleppmoment) -> Verbrauch = 0). Die ausgelesenen Daten dienen als Referenzgröße, um die berechneten Werte plausibilisieren zu können.

3.3 Ermittlung der verbrauchten Spritmenge während einer Simulationsschrittweite dt

Basis für alle weiteren abgeleiteten Größen ist die verbrauchte Spritmenge während des Zeitraums $dt = 1\text{ms}$ (=Simulationszeitschritt).

Ermittlung der verbrauchten Menge Sprit l_{current} [l] während betrachtetem Zeitraum dt :

$$l_{\text{current}} = 1000 * 1/\text{rohDiesel} * P * b * 1/(1000*3600) * dt$$

P = Leistung [kW], berechneter Wert

b = spezifischer Verbrauch [g/kWh]

dt = Simulationszeitschritt (=1ms)

rohDiesel = Dichte von Dieseltreibstoff [kg/m^3]

1000 -> m^3 to l; $1/(1000*3600)$ -> g to kg und h to s

3.4 Ermittlung des aktuellen Verbrauchs pro 100km

Die Berechnung des aktuellen Verbrauchs, hochgerechnet auf 100km, wird wie folgt durchgeführt:

Ermittlung der verbrauchten Menge Sprit l_{pro100km} [l] während betrachtetem Zeitraum dt , bezogen auf 100km:

$$l_{\text{pro100km}} = l_{\text{current}} * 100000[\text{m}]/(\text{vFzg} * dt)$$

vFzg = Fahrzeuggeschwindigkeit [m/s]

3.5 Ermittlung des Gesamtverbrauchs

Die Ermittlung des Gesamtverbrauchs beginnt bei jedem Simulationsstart von neuem, d.h. zu Beginn jeder Simulation ($t=0$) ist dieser Wert gleich Null.

Ermittlung des Gesamtverbrauchs l_{total} [l] seit Simulationsbeginn:

$$l_{\text{total}}(t) = l_{\text{total}}(t-1) + l_{\text{current}}(t)$$

3.6 Ermittlung des Durchschnittsverbrauchs

Die Ermittlung des Durchschnittsverbrauchs beginnt bei jedem Simulationsstart von neuem, d.h. zu Beginn jeder Simulation ($t=0$) ist dieser Wert gleich Null. Der Wert bezieht sich ebenfalls auf eine Strecke von 100km.

Ermittlung des aktuellen durchschnittlichen Verbrauchs l_{Avg} [l], bezogen auf 100km:

$$l_{\text{Avg}} = l_{\text{total}} * 1/d\text{Fzg} * 100000\text{m}$$

$d\text{Fzg}$ = bis dato zurückgelegter Weg des Fahrzeugs [m]

4 Übersicht Ausgabegrößen

Es können alle Größen über IPG-CONTROL abgerufen werden, d.h. sie sind im DataDictionary vorhanden. Die Größen “Aktueller Verbrauch pro 100km” und “Aktueller Durchschnittlicher Verbrauch pro 100km“ werden zusätzlich jeweils als digitaler Wert über die Instruments-GUI angezeigt.

Falls die Verbrauchsberechnung nicht durchgeführt werden kann, werden alle errechneten Ausgabegrößen gleich Null gesetzt.

4.1 DataDictionary

Alle Ausgabegrößen, die über IPG-CONTROL abgerufen werden können, haben als Präfix den Ausdruck “CalcFuelConsmpt”. Folgende Größen stehen dem Anwender zur Verfügung:

DataDict-Größe	Beschreibung	Einheit
*.SpecCnsmt	Aktueller spezifischer Verbrauch. Interpoliert aus Kennfeld pmKennfeld.bMap in Abhängigkeit von aktuellem Mitteldruck und aktueller Drehzahl.	[g/kWh]
*.LiterPer100km	Aktueller Verbrauch bezogen auf 100km (s. Kapitel 3.4)	[l]
*.AvgCnsmt	Aktueller Durchschnittsverbrauch seit Simulationsbeginn bezogen auf 100km (s. Kapitel 3.6)	[l]
*.TotalCnsmt	Gesamtverbrauch seit Simulationsbeginn (s. Kapitel 3.5)	[l]
*.MeanPressure	Aktueller, errechneter Mitteldruck (s. Kapitel 3.1)	[bar]
*.EnginePwr	Aktuelle, errechnete Leistung (s. Kapitel 3.2)	[kW]
*.EnginePwrRead	Aktuelle Leistung. Interpoliert aus Kennfeld pmKennfeld.PMap in Abhängigkeit von aktuellem Mitteldruck und aktueller Drehzahl.	[kW]
*.IsActive	Gibt an, ob Verbrauchsberechnung aktiv ist oder nicht. Falls = 1 -> aktiv, falls = 0 -> nicht aktiv	[]
*.VEngine	Ausgelesener Gesamthubraum des Motors (= pmKennfeld.VEngine). Falls nicht in Fahrzeugdatei angegeben, wird dieser Wert standardmäßig auf 692cm ³ gesetzt.	[cm ³]
*.rohDiesel	Ausgelesene Dichte von Diesel (= pmKennfeld.rohDiesel)	[kg/m ³]

4.2 Instruments-GUI

Über die Instruments-GUI werden die aktuellen Werte der Ausgabegrößen *.LiterPer100km und *.AvgCnsmpt als Digitalwerte angezeigt (s. Abbildung unten, Angaben unter “Kraftstoffverbrauch”). Die obere Angabe entspricht der Größe *.LiterPer100km, die untere entspricht *.AvgCnsmpt.

