

Inhalt

1 Eingabefelder für Drehzahlen	1
1.1 Diagramm Drehzahlober- und Untergrenze	1
1.2 n_{vomGas}	1
2 Rolle	1
3 Untersetzung	2
3.1 Untersetzungsermittlung über Zündsignal	2
3.2 Manuelle Angabe der Untersetzung	2
4 Klimadaten	2
5 Glättung, graue und rote Kurven	3
5.1 Gleitender Mittelwert	3
5.2 Differenzenquotient	3
5.3 Graue Kurven	3
5.4 Polynom und rote Kurven	3
5.5 Zusammenfassung	3
6 Serielle Schnittstelle	4
7 Fahrzeugdaten	4
8 Speichern und Laden	4
8.1 Speichern	4
8.2 Konfiguration laden	5
9 Drucken	5
10 Ablauf der Messung	5
11 Hilfsprogramm ReCalc	6
12 Offene Punkte	6
12.1 Fehler	6
12.2 Optimierungen	6
13 Info zur Dokumentation	7

1 Eingabefelder für Drehzahlen

1.1 Diagramm Drehzahlober- und Untergrenze

Der im Diagramm dargestellte Drehzahlbereich der Kurbelwelle kann direkt an den beiden Enden der Drehzahlachse im Diagramm eingegeben werden

1.2 n_{vomGas}

Die Rollendrehzahl wird während des Laufs solange erfasst, bis vom Gas gegangen wird und die Drehzahl folglich zu sinken beginnt. Um Fehlauflösungen zu vermeiden, wird auf dieses Absinken der Drehzahl erst bei Kurbelwellendrehzahlen $> n_{vomGas}$ geachtet. Die Drehzahl n_{vomGas} muss also während des Laufs überschritten werden, ansonsten wird kein Ende des Laufs erkannt.

2 Rolle

Die Anzahl der Inkremente je Umdrehung des Rollengebers, der Umfang der Rolle als auch die rotatorische Massenträgheit der Rolle sind anzugeben. Wobei die ersten beiden Werte klar sind, muss die Trägheit errechnet und i.d.R. dann noch nachjustiert werden, optimaler Weise indem man Vergleichsläufe mit dem eigenen Prüfstand und einem Referenzprüfstand vornimmt.

Beispiel:

- Am besten rechnet durchgehend alles in den Grundeinheiten kg und m:
- Rolle aus Stahl mit spezifischem Gewicht $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
- Rollendurchmesser $D = 0,4 \text{ m}$ und Länge $L = 0,5 \text{ m}$
- Umfang $U = D \cdot \pi = 0,4 \cdot \pi = 1,257 \text{ m}$
- Volumen $V = (D^2 \cdot \pi \cdot L) / 4 = (0,4^2 \cdot \pi \cdot 0,5) / 4 = 0,0628 \text{ m}^3$
- Masse $m = V \cdot \rho = 0,0628 \cdot 7850 = 493,23 \text{ kg}$
- Trägheit $J = (m \cdot D^2) / 8 = (493,23 \cdot 0,4^2) / 8 = 9,865 \text{ kgm}^2$

In die Fehler Rollenumfang und Rollenträgheit sind folglich die Werte 1,257 m bzw. 9,865 kgm² einzugeben.

Meist zeigt der Prüfstand dann noch etwas falsche Leistungswerte im Vergleich zu geeichten Referenzprüfständen. Der Wert für die Rollenträgheit ist dann entsprechend anzupassen.

Beispiel 1:

- Errechnete Rollenträgheit 9,865 kgm²
- Damit ermittelte Leistung 20,3 PS
- Referenzprüfstand zeigt aber nur 18,7 PS
- Rollenträgheit ist dann auf $9,865 \cdot 18,7 / 20,3 = 9,087$ kgm² zu verringern

Beispiel 2:

- Errechnete Rollenträgheit 9,865 kgm²
- Damit ermittelte Leistung 20,3 PS
- Referenzprüfstand zeigt aber 23,6 PS
- Rollenträgheit ist dann auf $9,865 \cdot 23,6 / 20,3 = 11,469$ kgm² zu erhöhen

3 Untersetzung

Die Untersetzung $i = n_{\text{Kurbelwelle}} / n_{\text{Rolle}}$ kann entweder über das Zündsignal eingemessen oder manuell angegeben werden.

3.1 Untersetzungsermittlung über Zündsignal

Angabe werden muss die Dauer in s für die Untersetzungsermittlung und die Anzahl der Zündimpulse je Kurbelwellenumdrehung. Z.B. 1 bei Standardzündung und 2 bei Vespatronic.

Die Untersetzung wird dann über die angegebene Zeitdauer (z.B. 5 s) bei annähernd konstant zu haltender Drehzahl (z.B. in einem Drehzahlbereich von ca. 3000 1/min) automatisch ermittelt.

3.2 Manuelle Angabe der Untersetzung

Alternativ zur automatischen Ermittlung der Untersetzung kann diese manuell über Angabe der Getriebeübersetzung und des Reifenumfangs angegeben werden. Als Getriebe ist hier die Untersetzung $i_{\text{Getriebe}} = n_{\text{Kurbelwelle}} / n_{\text{Hinterrad}}$ anzugeben, also die Gesamtübersetzung bestehend aus Primär und Gangrädern.

Beispiel:

- Primär 65 : 23 = 2,826
- Lauf im 3. Gang 38 : 17 = 2,235
- Die Gesamtübersetzung beträgt dann $2,826 \cdot 2,235 = 6,316$
- In das Eingabefeld Getriebe ist folglich der Wert 6,316 einzugeben

Werte typischer Getriebe und Reifendurchmesser findet man z.B. im GSF-Dyno.

4 Klimadaten

Je nach Witterung liefert ein und derselbe Motor unterschiedliche Leistungswerte. So liefern Läufe bei sehr geringer Lufttemperatur zu hohe Drehmoment- und Leistungswerte und an heißen Tagen zu geringe. Beim Luftdruck verhält es sich genau umgekehrt. Daher erfolgt mit Hilfe der beim Lauf aktuellen Klimadaten eine Korrektur der Drehmoment- und Leistungsberechnung nach DIN 70020:

$$K_a = \frac{1013}{p[\text{mbar}]} \cdot \left(\frac{T[\text{K}]}{293} \right)^{0,5}$$

mit

- K_a Korrekturfaktor
- p Atmosphärischer Druck am Prüfstand in mbar (1 mbar = 0,001 bar)
- T Lufttemperatur am Prüfstand in Kelvin (0°C = 273 K)

z.B.

- Umgebungsluftdruck $p = 936$ mbar
- Umgebungstemperatur $T = 17^\circ\text{C} = 290\text{K}$
- nach DIN 70200 ergibt sich: $K_a = 1,07671$

Wobei in obige Formel der Luftdruck trockener Luft anzugeben ist. Dazu wird zuerst der gemessene Luftdruck mittels der aktuellen relativen Luftfeuchtigkeit in den entsprechenden Luftdruck trockener Luft umgerechnet:

$$p_{\text{trocken}} = p_{\text{absolut}} - \frac{r}{100} \cdot 2,408 \cdot 10^{11} \cdot \left(\frac{300}{T + 273,15} \right)^5 \cdot e^{-22,644 \cdot \left(\frac{300}{T + 273,15} \right)}$$

mit

p_{trocken} = absoluter Umgebungsluftdruck der trockenen Luft in mbar

r = relative Feuchte in %

p_{absolut} = absoluter Umgebungsluftdruck der feuchten Luft in mbar

T = Ansauglufttemperatur in °C

Quelle: <http://www.motor-talk.de/forum/aktion/Attachment.html?attachmentId=674703>

5 Glättung, graue und rote Kurven

5.1 Gleitender Mittelwert

Damit vermindert man das Rauschen im Drehzahlverlauf, welches in einer Drehzahlmessung je nach Rundlauf der Rolle und des Gebers, der Geberauflösung, Messgenauigkeit usw. immer mehr oder weniger stark vorhanden ist.

Je höher der Zahlenwert in *Gleitender Mittelwert*, umso stärker wird geglättet.

5.2 Differenzenquotient

Aus dem bereits mittels Gleitendem Mittelwert geglätteten Drehzahlverlauf wird die Beschleunigung errechnet, welche erneut geglättet werden muss.

Je höher der Zahlenwert in *Differenzenquotient*, umso stärker wird geglättet.

5.3 Graue Kurven

Aus dem so jeweils geglätteten Drehzahl- und Beschleunigungsverlauf werden dann das Drehmoment M und die Leistung P errechnet. D.h. beide Faktoren *Gleitender Mittelwert* und *Differenzenquotient* haben also direkte Auswirkung auf das Aussehen der P - und der M -Kurve. Das sind dann die *grauen Kurven*. Der dritte Faktor „Polynom“ hat auf diese *grauen Kurven* noch keine Auswirkung.

Man muss einen Kompromiss finden, wie die beiden Faktoren *Gleitender Mittelwert* und *Differenzenquotient* einzustellen sind, damit die *grauen Kurven* schon mal halbwegs dem entsprechen, was man erwartet.

5.4 Polynom und rote Kurven

Um dann noch die Restwelligkeit aus den grauen Kurven rauszubringen, wird noch ein Näherungspolynom (rote Kurven) in die grauen reingelegt. Oft zeigen die grauen noch deutliche Wellen, die sind dann in den roten weg. Die Wirkung ist genau umgekehrt als bei den beiden anderen Faktoren:

Je kleiner der Zahlenwert in *Polynom*, umso stärker wird geglättet.

5.5 Zusammenfassung

- *Gleitender Mittelwert* und *Differenzenquotient* so einstellen, dass der Verlauf der grauen Kurven schon mal halbwegs stimmt. Für beide Werte gilt umso höher, umso glatter werden die grauen Kurven. Welches die optimale Kombination der beiden Werte ist, muss man probieren.
- Mit *Polynom* kann man dann die grauen Linien weiter glätten um die Restwelligkeit aus den grauen rauszubekommen. Je kleiner Polynom, umso glatter werden die roten Linien.
- Im Endeffekt muss man die drei Werte (hoffentlich) nur ein einziges Mal für seinen Prüfstand durch Probieren ermitteln, dann sollte man sie für immer und ewig so belassen können.
- Eventuell stellt sich in Zuge weitere Versuche und Vergleiche mit Referenzprüfständen noch heraus, dass die Polynomapproximation vielleicht gar nicht benötigt wird und die grauen Kurven bereits reichen, mal sehen...

6 Serielle Schnittstelle

Der Serielle Port, an welchem der Arduino angeschlossen ist, ist anzugeben. Der lässt sich z.B. über den Geräte-Manager der Windows Systemsteuerung eruieren. Hier im Bild noch mit Arduino Uno, tatsächlich verwendet wird mittlerweile ein Arduino Mega:



Im Textfeld werden die aktuell vom Arduino an den PC übertragenen Daten angezeigt. Eine Zeile entspricht einem Telegramm und enthält jeweils folgende Daten durch ; getrennt

- Telegrammnummer (von 0 bis 65535 hochlaufend, dann wieder mit 0 beginnend)
- Messfrequenz in Hz (zeitlicher Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Telegramme)
- Aktuelle Frequenz des Zündsignals in Hz
- Aktuelle Frequenz des Rollensignals in Hz

Im Optimalfall wird immer nur 1 Zeile (= 1 Telegramm) angezeigt, d.h. dass das Telegramm durch die Software vollständig verrechnet wurde, bevor das nächste Telegramm im PC eintrifft.

Ist die Rechenleistung des PCs zu schwach, erhöht sich die Anzahl der angezeigten Telegramme und der rote Balken (= Füllstand des Lesebuffers) steigt. Die Telegramme gehen dann nicht verloren, sondern werden zwischengespeichert und zeitlich verzögert abgearbeitet. Die Drehzahl- und Geschwindigkeitszeiger arbeiten dann natürlich entsprechend zeitverzögert.

Je nach Leistung des PCs ist nach Hochfahren des PCs manchmal einige Zeit zu warten, bis ein Lauf durchgeführt wurde (z.B. Update Virens Scanner abwarten, ...). Es empfiehlt sich z.B. die Kontrolle der CPU- und Datenträger-Auslastung mittels Windows Taskmanager.

Teilweise muss die Prüfstandssoftware mehrmals hintereinander gestartet, gestoppt und erneut gestartet werden, bis der Füllstand des Lesebuffers konstant auf niedrigem Niveau bleibt, also im Optimalfall immer nur 1 Zeile (= 1 Telegramm) oder zumindest immer nur einige wenige Zeilen anzeigt. Weshalb ist noch nicht ganz geklärt...

7 Fahrzeugdaten

In das Eingabefeld oberhalb der Leistungskurve können Fahrzeugdaten eingegeben werden, welche dann auch im Protokoll erscheinen wie z.B.:

- Besitzer des Rollers
- Zylindertyp
- Zylinder Steuerzeiten
- Drehschieber Steuerzeiten od. Membran
- Hub
- Auspuff
- Zündzeitpunkt
- Vergasertyp und -bedüsung
- Luftfilter
- ...

Dieses Eingabefeld könnte man in weiteren Versionen evtl. noch durch einen Unterdialog mit mehreren einzelnen Eingabefeldern ablösen...

8 Speichern und Laden

8.1 Speichern

Über die Schaltfläche Speichern wird die komplette Konfiguration (Werte aller Eingabefelder), die berechneten Kurven als auch der zeitliche Verlauf des noch ungefilterten Rollensignals (also noch vor Durchlaufen des gleitenden Mittelwertfilters) des letzten Laufs in ein XML-File folgender Struktur abgespeichert:

String	Fahrzeugdaten
--------	---------------

String	Datum, Zeit
U16	Rolle [Inkr/U]
DBL	Rollenumfang [m]
DBL	Rollenträgheit [kgm ²]
U8	Zündung [Imp/U]
DBL	Getriebe [1:]
DBL	Reifenumfang [m]
DBL	Untersetzung
U8	Gl. Mittelwert
U8	Differenzenquotient
U8	Polynom
DBL	dT [s]
DBL	Korrekturfaktor
DBL	Lufttemperatur [°C]
DBL	Luftfeuchtigkeit [%]
DBL	Luftdruck [mbar]
1D-Array DBL	nRolle (ungefiltert) [1/min]
1D-Array DBL	n [1/min]
1D-Array DBL	M Polynom [Nm]
1D-Array DBL	P Polynom [PS]
BOOL	Übersetzung ermittelt aus Zündsignal
DBL	Zeitdauer Übersetzungsermittlung
DBL	n_min [1/min]
DBL	n_max [1/min]
DBL	n_Schwelle [1/min]
1D-Array DBL	dT [s]

8.2 Konfiguration laden

Über den Button *Konfiguration laden* kann die in einem XML-File enthaltene Konfiguration geladen werden. Sämtliche Eingabefelder werden dann entsprechend ausgefüllt und der Schalter zur Untersetzungsermittlung entsprechend gesetzt.

Ggf. ebenfalls im XML enthaltenen Leistungskurven werden nicht geladen.

ACHTUNG: Nach Laden der Konfiguration läuft der Lesebuffer oft voll und leert sich i.d.R. nach einiger Zeit wieder von selbst. Diese sollte vor Starten eines Laufs unbedingt abgewartet werden!

9 Drucken

Über den Button *Drucken* wird ein Protokoll erstellt und an den unter Windows eingerichteten **Standarddrucker** geschickt.

10 Ablauf der Messung

1. Eingabe der Daten, Wahl der Art der Untersetzungsermittlung, Einstellung COM Port
2. Programm starten mittels dem einzelnen weißen Pfeil oben im Menu
3. **ACHTUNG sporadischer Fehler:** Falls der Lesebuffer vollläuft, die Software stoppen (Button STOP) und erneut starten (zurück zu Schritt 2)
4. Bei Bedarf die eingegebenen Daten nochmals korrigieren oder Konfiguration laden
ACHTUNG: Nach Laden einer Konfiguration läuft der Lesebuffer oft voll und leert sich dann i.d.R. nach einiger Zeit wieder von selbst. Dies vor Starten eines Laufs unbedingt abwarten!
5. In Gang hochschalten, in welchem der Lauf erfolgen soll
6. Auf konstante Drehzahl bringen
7. Messung starten (Button START oder Tastatur F1)

8. LabView startet nun die Übersetzungsermittlung. Ist dieser Prozess fertig erscheint ein grünes GO und es kann gemessen werden. (Dieser Ablauf wird auch durchsimuliert, wenn die Untersezung mittels Angabe von Getriebe und Reifenumfang manuell angegeben wird)
9. Vollgas bis Maximaldrehzahl erreicht
10. Vom Gas gehen
11. Bei Reduzierung der Drehzahl wird die Messung automatisch beendet und die Kurven visualisiert
12. Die Messung kann nun gespeichert werden
13. Beenden der Software (Button STOP)
14. Für neuen Lauf ab Schritt 1 wiederholen

Bemerkung zu Schritt 3: Teilweise muss die Prüfstandssoftware mehrmals hintereinander gestartet, gestoppt und erneut gestartet werden, bis der Füllstand des Lesepuffers nicht mehr vollläuft, also im Optimalfall immer nur 1 Zeile (= 1 Telegramm) oder zumindest immer nur einige wenige Zeilen anzeigt. Weshalb ist noch nicht ganz geklärt...

Bemerkung zu Schritt 4: Nach Laden der Konfiguration läuft der Lesepuffer oft voll und leert sich dann i.d.R. nach einiger Zeit wieder von selbst. Diese vor Starten eines Laufs unbedingt abwarten!

11 Hilfsprogramm ReCalc

Zusätzlich zur eigentlichen Prüfstandssoftware existiert das Hilfsprogramm ReCalc. Dieses dient dazu, mittels Prüfstandssoftware erstellte XML-Files zu importieren und die Auswirkung unterschiedlicher Einstellungen für folgende Eingabefelder austesten zu können:

- Rollenträgheit
- Gleitender Mittelwert
- Differenzenquotient
- Polynom

D.h. man kann mal einen Lauf mit irgendwelchen Werte durchführen und speichern und dann anschließend in ReCalc die Werte solange anpassen, bis die Kurve gut mit jener eines Referenzprüfstands übereinstimmt.

Die so gefundene Konfiguration kann man dann wieder aus ReCalc als XML speichern und in der Prüfstandssoftware mittels *Konfiguration laden* für die nächsten Läufe importieren.

12 Offene Punkte

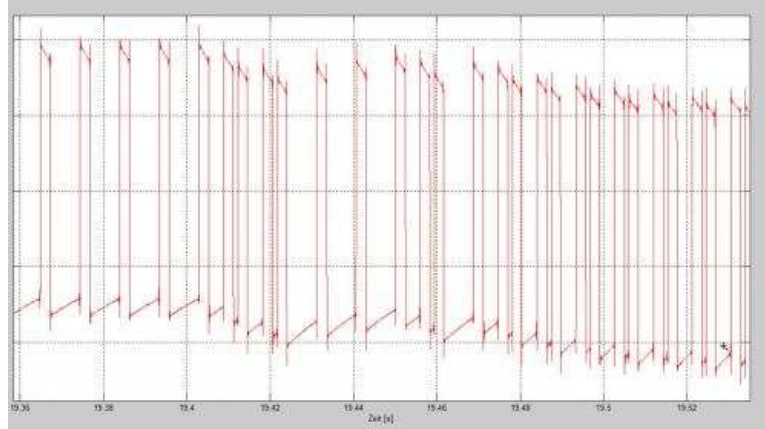
12.1 Fehler

- Teilweise muss die Prüfstandssoftware mehrmals hintereinander gestartet, gestoppt und erneut gestartet werden, bis der Füllstand des Lesepuffers nicht mehr vollläuft, also im Optimalfall immer nur 1 Zeile (= 1 Telegramm) oder zumindest immer nur einige wenige Zeilen anzeigt.

12.2 Optimierungen

- EXE erstellen für kostenlose LabView-Runtime
- Nach erfolgtem Lauf einen neuen Lauf starten können ohne die Software zuvor über STOP komplett stoppen zu müssen
- Nach Laden der Konfiguration läuft der Lesepuffer oft voll und leert sich dann i.d.R. nach einiger Zeit wieder von selbst. Dieses Volllaufen sollte möglichst eliminiert werden.
- Überlagern mehrerer Kurven
- Entscheidung ob Polynomapproximation (rote Kurven) überhaupt notwendig ist oder Glättung mittels gleitendem Mittelwert und Differenzenquotienten evtl. ausreicht (graue Kurven)

- Kontaktzündungen liefern insbesondere bei höheren Drehzahlen unregelmäßige, vereinzelte Doppelimpulse, die müssen seitens Arduino noch geeignet ausgefiltert werden:



- Automatische Messung der Wetterdaten durch einen vom Arduino ausgewerteten BME280
- Fußtaster für Start der Messung
- Integration Lambdasonde

13 Info zur Dokumentation

Ersteller: GSF-user grua

Datum: 07.01.2017, 19:01