

# Inhalt

<b>1 Eingabefelder</b>	<b>1</b>
1.1 Register Untersetzung	1
1.1.1 Untersetzungsermittlung aus Zündsignal	1
1.1.2 Untersetzungsermittlung aus Getriebe und Reifen	1
1.1.3 Angabe der Gesamtuntersetzung $n_{KuWe} / n_{Rolle}$	2
1.2 Register Klimadaten	2
1.3 Register Filter	2
1.3.1 Gleitender Mittelwert	2
1.3.2 Differenzenquotient	2
1.3.3 Polynom	3
1.3.4 $n_{vomGas}$	3
1.4 Register Rolle	3
1.5 Serielle Schnittstelle	3
1.6 Fahrzeugdaten	4
<b>2 Diagramm</b>	<b>4</b>
2.1 Drehzahlober- und Untergrenze	4
2.2 Zoom und Kurven Verschieben	4
2.3 Bedeutung der grauen und roten Kurven	4
2.3.1 Gleitender Mittelwert, Differenzenquotient und graue Kurven	4
2.3.2 Polynom und rote Kurven	4
2.3.3 Zusammenfassung	4
<b>3 Speichern und Laden</b>	<b>5</b>
3.1 Speichern	5
3.2 Konfiguration laden	5
3.3 Automatisch erstellte Konfig.xml	5
<b>4 Drucken</b>	<b>5</b>
<b>5 Ablauf der Messung</b>	<b>5</b>
<b>6 Funktionstasten</b>	<b>6</b>
<b>7 Hilfsprogramm Recalc</b>	<b>6</b>
7.1 Neuberechnen von Kurven	6
7.2 Überlagern von Kurven	6
<b>8 Die wichtigsten noch offenen Punkte</b>	<b>6</b>
<b>9 Dokumentations-Stand</b>	<b>7</b>

## 1 Eingabefelder

### 1.1 Register Untersetzung

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

#### 1.1.1 Untersetzungsermittlung aus Zündsignal

Angegeben 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.

#### 1.1.2 Untersetzungsermittlung aus Getriebe und Reifen

Alternativ zur automatischen Ermittlung der Untersetzung kann diese manuell über Angabe der Getriebeübersetzung und des Reifenumfangs angegeben werden. Als Getriebe ist hier die Untersetzung  $i_{Getriebe} = n_{Kurbelwelle} / n_{Hinterrad}$  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 sind aktuell noch nicht in die Software eingepflegt, findet man bis dahin aber z.B. in der GSF-Dyno Software.

### 1.1.3 Angabe der Gesamtübersetzung $n_{KuWe}$ / $n_{Rolle}$

Ist die Gesamtübersetzung  $n_{KuWe}$  /  $n_{Rolle}$  bereits bekannt, weil sie beispielsweise schon mal über das Zündsignal eingemessen wurde, so kann diese direkt angegeben werden.

## 1.2 Register 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.

Es kann ausgewählt werden, ob die Klimadaten manuell eingegeben werden oder automatisch über einen Bosch BME280 Klimasensor gemessen und eingelesen werden sollen.

Die Berechnung des Leistungskorrekturfaktors erfolgt entsprechend 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 ( $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$ )

z.B.

- Umgebungsluftdruck  $p = 936 \text{ mbar}$
- 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

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

$r$  = relative Feuchte in %

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

$T$  = Ansauglufttemperatur in  $^\circ\text{C}$

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

## 1.3 Register Filter

### 1.3.1 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 in einem gewissen Maß vorhanden ist.

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

### 1.3.2 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**.

### 1.3.3 Polynom

Oft zeigen die mittels Gleitendem Mittelwert und Differenzenquotient berechneten Kurven noch eine deutliche Welligkeit. Um diese Restwelligkeit rauszubringen, wird in diese Kurven noch ein Näherungspolynom reingelegt. Die Wirkung ist genau umgekehrt wie bei den beiden anderen Faktoren:

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

### 1.3.4 $n_{\text{vomGas}}$

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  $> n_{\text{vomGas}}$  geachtet. Die Drehzahl  $n_{\text{vomGas}}$  muss also während des Laufs überschritten werden, ansonsten wird kein Ende des Laufs erkannt.

## 1.4 Register 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  $U = D * \pi = 0,4 * \pi = 1,257 \text{ m}$
- Volumen  $V = (D^2 * \pi * L) / 4 = (0,4^2 * \pi * 0,5) / 4 = 0,0628 \text{ m}^3$
- Masse  $m = V * \rho = 0,0628 * 7850 = 493,23 \text{ kg}$
- Trägheit  $J = (m * D^2) / 8 = (493,23 * 0,4^2) / 8 = 9,865 \text{ kgm}^2$

In die Fehler Rollenumfang und Rollenträgheit sind folglich die Werte 1,257 m bzw. 9,865  $\text{kgm}^2$  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:

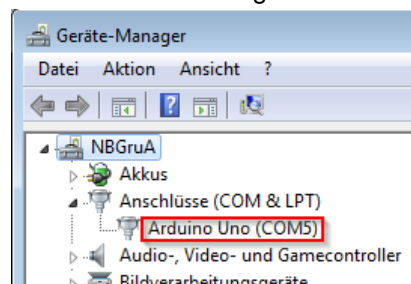
- Errechnete Rollenträgheit 9,865  $\text{kgm}^2$
- Damit ermittelte Leistung 20,3 PS
- Referenzprüfstand zeigt aber nur 18,7 PS
- Rollenträgheit ist dann auf  $9,865 * 18,7 / 20,3 = 9,087 \text{ kgm}^2$  zu verringern

Beispiel 2:

- Errechnete Rollenträgheit 9,865  $\text{kgm}^2$
- Damit ermittelte Leistung 20,3 PS
- Referenzprüfstand zeigt aber 23,6 PS
- Rollenträgheit ist dann auf  $9,865 * 23,6 / 20,3 = 11,469 \text{ kgm}^2$  zu erhöhen

## 1.5 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 Lesepuffers) 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 muss nach Hochfahren des PCs eventuell einige Zeit gewartet werden, bis der Füllstand des Lesepuffers von Beginn eines Laufs weg auf niedrigem Niveau bleibt (z.B. Update Virens Scanner abwarten, ...). Es empfiehlt sich ggf. die Kontrolle der CPU- und Datenträger-Auslastung mittels Windows Taskmanager.

## 1.6 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 sollte in weiteren Softwareversionen durch ein Register mit mehreren getrennten Eingabefeldern abgelöst werden.

## 2 Diagramm

### 2.1 Drehzahlober- und Untergrenze

Alle Achsen werden nach Beendigung eines Laufs automatisch skaliert. Der im Diagramm dargestellte Drehzahlbereich der Kurbelwelle kann aber bei Bedarf direkt an den beiden Enden der Drehzahlachse im Diagramm eingegeben werden.

### 2.2 Zoom und Kurven Verschieben

Über die Graph-Palette in der rechten unteren Ecke des Graphen können die Kurven auf vielfältige Weise gezoomt oder verschoben werden. Einfach testen.

### 2.3 Bedeutung der grauen und roten Kurven

#### 2.3.1 Gleitender Mittelwert, Differenzenquotient und graue Kurven

Aus dem mittels Gleitender Mittelwert und Differenzenquotient geglättetem Drehzahl- und Beschleunigungsverlauf werden 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.

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.

Der dritte Faktor Polynom hat auf diese grauen Kurven noch keine Auswirkung.

#### 2.3.2 Polynom und rote Kurven

Um dann noch die Restwelligkeit aus den grauen Kurven rauszubringen, wird noch ein Näherungspolynom in die grauen reingelegt (= rote Kurven).

#### 2.3.3 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...

## 3 Speichern und Laden

### 3.1 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 abgespeichert.

### 3.2 Konfiguration laden

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

Ggf. ebenfalls im XML enthaltenen Leistungskurven werden nicht geladen.

### 3.3 Automatisch erstellte Konfig.xml

Wird das Programm nach einem Lauf mittels des Buttons Ende beendet, so wird die aktuelle Konfiguration automatisch in die Datei Konfig.xml gespeichert, welche dann beim nächsten Programmstart wieder automatisch geladen wird. So erspart man sich ggf. das manuelle Speichern und Laden der Konfiguration.

## 4 Drucken

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

## 5 Ablauf der Messung

1. EXE starten (bzw. falls das VI in der LabView Entwicklungsumgebung gestartet wurde, dieses starten mittels dem einzelnen weißen Pfeil oben im Menu)
2. Einstellung COM Port
3. Eingabe der Daten und Wahl der Art der Untersetzungs- und Klimadatenermittlung bzw. Laden der Konfiguration aus einer XML-Datei.
4. In Gang hochschalten, in welchem der Lauf erfolgen soll
5. Auf konstante Drehzahl bringen
6. Messung mittels Button START starten
7. Falls aktiviert, werden nun die Klimadaten gemessen und eingelesen.
8. Falls Untersetzungsermittlung aus Zündsignal gewählt ist, startet nun die Übersetzungsermittlung.
9. Warten auf grünes GO
10. Vollgas geben bis Maximaldrehzahl erreicht wird (Achtung: hier muss zumindest der Eingabewert  $n_{\text{vom Gas}}$  überschritten werden!)
11. Vom Gas gehen
12. Bei Reduzierung der Drehzahl wird die Messung automatisch beendet und die Kurven visualisiert
13. Die Messung kann nun inkl. der Konfiguration als XML gespeichert und die Kurven gedruckt werden
14. Für neuen Lauf ab Schritt 3 wiederholen
15. Programm beenden mittels ENDE

Nach betätigen des START Buttons in Schritt 6, ändert sich dessen Text in Abbrechen. Durch betätigen dieses Abbrechen Buttons kann ein Lauf jederzeit abgebrochen werden. Der Button ändert sich dann wieder in START.

## 6 Funktionstasten

In der Prüfstandssoftware (nicht in Recalc) kann statt auf die Buttons zu klicken, die jeweilige Funktion auch über folgende Funktionstasten aufgerufen werden:

F1	Start	F3	Speichern	F5	Ende
F2	Konfiguration laden	F4	Drucken	F6	Recalc

## 7 Hilfsprogramm Recalc

Zusätzlich zur eigentlichen Prüfstandssoftware existiert das Hilfsprogramm Recalc, welches aus der gleichnamigen Registerkarte gestartet werden kann. Nach Beendigung von Recalc kehrt man automatisch wieder in die Prüfstandssoftware zurück.

### 7.1 Neuberechnen von Kurven

Der letzte in der Prüfstandssoftware abgeschlossene Lauf wird automatisch ins Recalc übergeben und dort angezeigt. Alternativ kann über den Button Öffnen ein früherer Lauf aus einer XML eingelesen werden. Die zuletzt angezeigte Kurve wird dann gelöscht und durch jene aus der XML ersetzt.

Es können nun die Auswirkungen unterschiedlicher Einstellungen folgender Eingabefelder getestet werden:

- Rollenträgheit
- Gleitender Mittelwert
- Differenzenquotient
- Polynom

D.h. man kann einen Lauf mal mit irgendwelchen Werten 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 als XML speichern und in der Prüfstandssoftware mittels Konfiguration laden für die nächsten Läufe importieren. Ebenfalls kann die neu berechnete Kurve gedruckt werden (Ausgabe erfolgt stets am Windows Standarddrucker).

### 7.2 Überlagern von Kurven

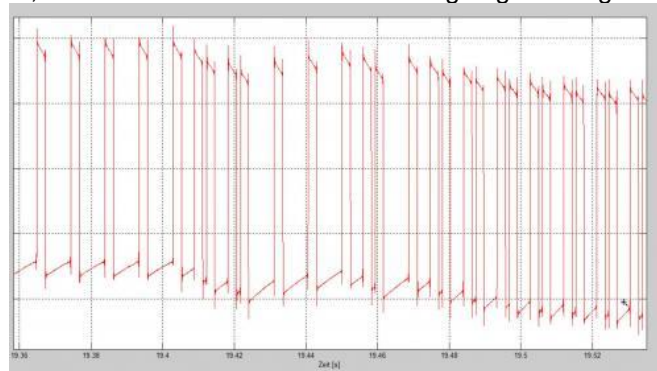
Über den Button Vergleichen kann man zusätzliche Kurven laden, welche dann zusätzlich im Graphen eingeblendet werden. Es können bis zu maximal 7 Kurven (jeweils M und P) gleichzeitig dargestellt werden. Jede Kurve erhält automatisch eine eigene Farbe.

Durch Mausbewegung über das Textfeld oberhalb des Graphen wird dieses automatisch vergrößert und die Daten sämtlicher Kurven eingeblendet.

Sobald mehr als eine Kurve angezeigt wird, können diese nicht mehr neu berechnet oder gespeichert werden. Sehr wohl können die überlagerten Kurven aber gedruckt werden (Ausgabe erfolgt stets am Windows Standarddrucker).

## 8 Die wichtigsten noch offenen Punkte

- 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:



- Fußtaster oder Drucktaster für Start der Messung
- Integration Thermoelement
- Integration Lambdasonde

## **9 Dokumentations-Stand**

GSF-user grua am 28.02.2017