

Benutzerhandbuch Stirling Calculator

Version 1.3
01.12.17

Über den StirlingCalculator

Der `StirlingCalculator` ist eine Java-Anwendung die als Hilfe für die Auswertung des Versuchs STIRLINGmotor Daten aus dem im Praktikum gespeicherten Dateien auszulesen, Berechnungen mit den Daten vorzunehmen und die Daten in einem, für die graphische Auswertung besser zu verarbeitenden Format zu exportieren.

Die Software `CASSY® Lab`, mit der die Messungen vorgenommen werden, bietet zwar die Möglichkeit die nötigen Berechnungen an den Daten vorzunehmen, ist aber, vor allem wenn mehrere Umläufe des Motors aufgezeichnet wurden, unkomfortabel in der Handhabung im Bezug auf das setzen von Integrationsgrenzen und den Datenexport.

Mit dem `StirlingCalculator` soll ein Hilfsmittel für die Auswertung des Versuchs zur Verfügung gestellt werden.

1. Einführung

In diesem Abschnitt gibt es einige Informationen zu den Anforderungen an die eingelesenen Daten, der Datenstruktur hinter der Software und den möglichen Berechnungen.

1.1. Die Datenstruktur

Die Software verwaltet eingelesene Daten als eine Liste von einzelnen Datensätzen. Jeder Datensatz besteht aus jeweils einem x und einem y Wert sowie einem eindeutigen Index. Eine Manipulation einzelner Datensätze ist, da es sich um aufgezeichnete Daten handelt, kaum sinnvoll und ist deshalb auch nicht möglich.

Sinnvoll und vor allem nötig für die Berechnung der Integrale ist das Teilen der Datenliste. Jeder dieser Teile repräsentiert entweder einen vollen oder einen halben Umlauf des Motors und somit auch in der Darstellung des pV -Diagramms. Mit der Software ist es möglich, die eingelesene Liste der Daten in kleinere Bestandteile zu zerlegen. Zur internen Speicherung dieser Teillisten wird jeweils nur der Anfang und Endpunkt in der Gesamtliste der Daten gespeichert.

Die Achsenbezeichnung, die Einheiten der Daten und der zeitliche Abstand zweier Datensätze in der Liste werden nur in der Hauptliste gespeichert und gelten ebenfalls für die Teillisten.

1.2. Anforderungen an die Daten

Der `StirlingCalculator` kann die Datenliste direkt aus den von der `CASSY® Lab` Messsoftware gespeicherten `.lab` oder `.labx` Dateien importieren. Da für die Berechnungen nur die aufgezeichneten Spannungswerte interessant sind, werden nur diese importiert. Zusätzliche Datenreihen in den Dateien werden ignoriert.

Fehleranfällig ist die automatische Berechnung der Teillisten. Im Idealfall hat beispielsweise eine Teilliste, die einen vollständigen Umlauf enthält, einen identischen Anfangs und Endpunkt. Im Allgemeinen ist dies allerdings nicht gegeben, so dass ein zum Anfang möglichst naher Endpunkt als Ende dieser Teilliste genutzt werden muss. Und genau das, macht die Schwierigkeiten. Um möglichst viele unterschiedliche Daten bearbeiten zu können wird ein Verfahren angewendet, das auf einer lokalen Minimierung basiert. Dieses ist nur erfolgreich, wenn nicht zu große aber auch nicht zu kleine Schrittweiten zwischen den Datensätzen vorhanden sind.

Tests mit verschiedenen Schrittweiten haben gezeigt, dass Daten mit einem *Messintervall von ca. 1ms* relativ verlässliche Berechnungen ermöglichen. Daten mit dazu stark abweichenden Intervallen können unter Umständen nicht oder nur fehlerhaft automatisch bearbeitet werden.

Die Anzahl der in einer Datei enthaltenen Umläufe ist beliebig, sollte aber größer als eins sein. Aus der Sicht einer Fehlerrechnung bietet es sich an mehrere Umläufe in einer Datei aufzuzeichnen und die einzelnen Umläufe als einzelne von den anderen unabhängige Messungen anzusehen. Die numerische Integration der Daten ist problemlos mit jedem Messintervall zu bewerkstelligen. Allerdings ist hier die Güte einer numerischen Integration mit zu großen Intervallen zu bezweifeln.

1.3. Bezeichnungen

In dieser Anleitung und in der Software selbst gibt es einheitliche Bezeichnungen. Was sie bedeuten, wird hier erläutert.

`RAW DATA`: Bezeichnet eine Liste von Datensätzen, die alle Datensätze einer Datei enthält. Eingelesene Daten werden in einer Datenliste mit diesem Typ gespeichert.

CYCLE: Bezeichnet eine Liste von Datensätzen, die genau einen Umlauf enthalten. Anfang und Ende der Datenliste haben im Idealfall die selben x und y Werte oder sind nicht weit von einander entfernt.

HALF CYCLE: Bezeichnet auch eine Datenliste, allerdings enthält diese nur die Hälfte eines Umlaufs beginnend mit einem minimalen Wert von x .

DATA RECORD: Bezeichnet eine Datenliste beliebigen Typs.

OINT: Bezeichnet ein geschlossenes Integral über einen **CYCLE**. Mathematisch gilt

$$\text{OINT} = \oint_{\text{CYCLE}} dx y \quad (1)$$

INT: Bezeichnet ein Integral über die Werte eine **CYCLES**. Mathematischer ausgedrückt gilt

$$\text{INT} = \int_{\text{HALF CYCLE}} dx y \quad (2)$$

CLOSED INTEGRAL: siehe **OINT**.

INTEGRAL: siehe **INT**.

INTVAL: Bezeichnet in der Software den Wert des entsprechenden Integrals. Im Fall eines **CYCLES** ist dies der Wert von **OINT**, für einen **HALF CYCLE** ist dies der Wert von **INT**.

ID: Bezeichnet in den Listen der Datensätze den eindeutigen Index des entsprechenden Datensatzes.

1.4. Funktionen

In diesem Abschnitt soll kurz zusammengefasst werden, welche Möglichkeiten der **StirlingCalculator** bietet.

Also was die Software kann:

- Importieren von Daten aus **.lab** oder **.labx** Dateien
- Automatisches Anlegen neuer **CYCLES** und **HALF CYCLES** wobei Anfang und Ende der Listen durch ein Verfahren der lokalen Minimierung herausgefunden werden.
- Numerisches Berechnen der Integrale **OINT** und **INT** mit der Sehnentrapezformel.
- Export aller Datenlisten egal welchen Typs und Export einer Übersicht der berechneten Integrale.

Und was die Software nicht kann:

- Denken und Validieren. Es gibt keine sichere Möglichkeit die automatisch erstellen **CYCLES** und **HALF CYCLES** zu validieren. Dies ist Aufgabe des Benutzers!
- Kaffee kochen.

2. Bedienung

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Bedienung des `StirlingCalculators`.

2.1. Herunterladen und Starten

Das Programm wird in einem für Java-Programme üblichen `jar` und als Windows Programm `exe` Format zum Download angeboten. Benötigt wird neben dem Programm selbst die `JAVA SE RUNTIME ENVIRONMENT 7 (JRE 1.7)` oder neuer. Diese kann, wenn nicht bereits installiert, auf der offiziellen Seite <https://www.java.com> heruntergeladen werden. Auf allen Rechnern der Universität sollte Java in dieser Version installiert sein.

Das Programm selbst kann ohne weitere Installation ausgeführt werden¹. Falls die unter Windows ausführbare Datei nicht verwendet werden soll, kann die `jar`-Datei zum Starten des Programms benutzt werden. Hierzu muss die `jar`-Datei lokal gespeichert und mit dem `JRE` gestartet werden. Auf manchen Systemen reicht hier ein Doppelklick auf das Programmsymbol. Auf allen, die das direkte Ausführen von `jar`-Dateien nicht unterstützen, muss das `JRE` mit Hilfe einer Konsole („shell“ bei Linux, „cmd“ oder „Eingabeaufforderung“ bei Windows) gestartet werden. Das Programm selbst kann dann mit `java -jar StirlingCalculator-XXX.jar` gestartet werden. Es muss vor dem Starten des Programms in dessen Verzeichnis gewechselt werden.

2.2. Komponenten der Software

Nach dem Starten der Software erscheint das Hauptfenster des `StirlingCalculators`, bestehend aus einem Menü sowie mehreren Reitern. Die meisten Funktionen des Programms werden über das Menü gesteuert, die Ausgabe erfolgt in den verschiedenen Reitern.

2.2.1. Das Menü

Die Funktionen des `StirlingCalculator` werden über die einzelnen Menüpunkte gesteuert. Je nach den momentan vorliegenden Daten können einige Menüs oder Menüpunkte deaktiviert sein.

Data In diesem Menü befinden sich die Funktionen um den Import und Export von Daten aus der Software zu steuern.

Import Mit dem Befehl *Import* können Daten aus einer `.lab` importiert werden. Es öffnet sich ein Dialog zum Auswählen der Datei, aus der Daten importiert werden sollen. Beim Importieren von Daten werden frühere importierte Daten überschrieben und Berechnungen aus dem Speicher gelöscht. Die aus einer Datei importierten Daten werden in der Liste der `DATA RECORDS` als *Imported File Data* angezeigt.

Export Mit dem Befehl *Export* öffnet sich der Dialog *Export*. Die möglichen Einstellungen zum Export werden weiter unten beschrieben. Der Menüpunkt ist nur verfügbar, wenn Daten zum Exportieren vorhanden sind.

¹In neueren Windows Versionen wird unter Umständen ein Fehler beim Ausführen des Programms wegen einer fehlenden Signatur angezeigt. Dieser kann getrost ignoriert werden; beim `StirlingCalculator` besteht kaum ein Risiko für den Rechner.

Swap Axes Mit dem Befehl *Swap Axes* können bei Bedarf die Achsenzuteilung der Messwerte getauscht werden. In der Regel ist dies nicht nötig, da die Daten in der Regel in der richtigen Reihenfolge in den Dateien vorliegen. Zur Überprüfung der richtigen Achsenzuweisungen werden die Namen der Quelle der Daten in den entsprechenden Feldern im Reiter *Data* aufgeführt. Bei der Vertauschung der Achsen werden alle Integralsberechnungen zurückgesetzt sowie die automatisch und manuell angelegten HALF CYCLES gelöscht.

Scale Data Dieser Befehl öffnet einen Dialog mit dessen Hilfe die vorliegenden Daten skaliert oder/und die Bezeichnungen geändert werden können.

Calculations In diesem Menü befinden sich die Funktionen automatische Berechnungen mit den vorliegenden Daten vorzunehmen. Das Menü ist nur verfügbar, wenn Daten vorhanden sind.

Auto-Split (half) cycles Mit diesen Befehlen versucht das Programm aus den vorliegenden Daten automatisch mögliche CYCLES bzw. HALF CYCLES zu bestimmen.

Calculate (O)Ints Mit diesem Befehl werden für alle gespeicherten CYCLES bzw. HALF CYCLES die entsprechenden Integralwerte berechnet. Die Werte können den Tabellen im Reiter Calculations entnommen werden. Diese Menüpunkte sind nur verfügbar, wenn CYCLES bzw. HALF CYCLES vorhanden sind.

2.2.2. Reiter Data

Der Reiter *Data* ermöglicht das Betrachten einzelner DATA RECORDS. In der Liste auf der linken Seite werden alle vorhandenen DATA RECORDS aufgeführt. Auf der rechten Seite werden für den jeweilig ausgewählten *Data Record* verschiedene Eigenschaften angezeigt.

Die Felder *Name* und *Type* erklären sich von selbst. In den Feldern *Count* und *Duration* wird die Anzahl der Datensätze bzw. die Dauer der Datenliste dargestellt. Die Dauer entspricht der Zeitspanne, die beim Aufzeichnen der Daten zwischen dem Anfangs- bzw. Endwert vergangen ist. Das Feld *Frequency* macht nur bei Datenlisten vom Typ CYCLE bzw. HALF CYCLE Sinn und entspricht der Umlauffrequenz des Motors, die sich aus der Dauer für einen ganzen bzw. halben Umlauf ergibt.

Die Achsenamen geben Auskunft darüber, welche Werte gerade als x bzw. y -Werte genutzt werden. Sie werden zur Kontrolle angezeigt. Start und Endpunkt werden ebenfalls angezeigt. Auch diese Werte können zur Kontrolle der Datenlisten genutzt werden.

Alle in einer Datenliste vorhandenen Wertepaare werden mit dem eindeutigen Index in der Tabelle angezeigt.

Neben der Tabellenansicht der Messreihen, bietet der *StirlingCalculators* auch einen Graph der ausgewählten Datenreihe an. Dieser ist über den Reiter *Plot* unten auf dem Reiter *Data* zugänglich.

Datenreihen anlegen und bearbeiten Unterhalb der Liste der vorhandenen DATA RECORDS ermöglichen drei Knöpfe das manuelle Definieren, das Bearbeiten und das Löschen einzelner DATA RECORDS. Vor dem Bearbeiten bzw. dem Löschen einer Datenliste muss diese in der Liste der DATA RECORDS markiert sein. Das Löschen oder Bearbeiten des DATA RECORD *Imported File Data* ist nicht möglich. Das Anlegen manueller Datenlisten ist unabhängig von der Auswahl allerdings nur bei vorhandenen Daten möglich.

Bei der manuellen Definition bzw. dem Bearbeiten einer vorhandenen Datenliste wird ein Fenster

mit zwei Listen, die beide die vorhandenen Daten beinhalten, angezeigt. Der Anfang und das Ende einer Datenliste kann durch Auswahl der gewünschten Position in der Datenliste bewerkstelligt werden. Beim Anlegen einer Datenliste muss zusätzlich der Typ der Datenliste gewählt werden. Das Ändern des Typs einer vorhandenen Datenliste ist nicht möglich.

2.2.3. Reiter Calculations

In den beiden Tabellen im Reiter Calculations werden, wenn vorhanden und berechnet, die Integralwerte für die einzelnen CYCLES bzw. HALF CYCLES angezeigt.

Bestandteil dieser Tabelle sind die Anfangs bzw. Endwerte beider Achsen, die Anzahl der Datensätze der entsprechenden Liste und die Dauer, kurz alle einzelnen Informationen, die auch auf dem Reiter Data vorzufinden sind. Zusätzlich wird noch der Integralwert für eine Integration also je nach Typ OINT bzw. INT angegeben.

Die jeweiligen Tabellen sind nur verfügbar wenn erstens Listen des entsprechenden Typs existieren und zweitens alle Integralwerte berechnet wurden.

2.2.4. Reiter LogMessages

Der Reiter *LogMessages* dient dazu Meldungen, die während der Berechnung anfallen, darzustellen. Es gibt drei verschiedene Arten von Meldungen. Der Typ LOG informiert einfach über gemachte Berechnungen. Kommt es während einer Aktion zu einem Fehler, so wird je nach Art des Fehler entweder eine WARNING oder ein ERROR generiert und in der Liste angezeigt. Über schwerwiegende Fehler informiert das Programm mit einem extra Dialog, Warnungen hingegen werden nur im Reiter *LogMessages* angezeigt.

2.2.5. Dialog Export

Im Dialog Export können Einstellungen zum Export von Daten vorgenommen werden.

Export File Das Textfeld *Export File* zeigt die Datei an, in die die exportierten Daten geschrieben werden. Als Standard wird hier der Name der Datei, aus der Daten importiert wurden, mit dem Dateityp *.dat* vorgeschlagen. Um den Pfad bzw. den Dateinamen zu ändern, kann der Knopf rechts neben dem Feld verwendet werden. Es öffnet sich ein Dialog in dem der neue Pfad und Name der Datei ausgewählt werden können.

Data to Export Welche Daten exportiert werden sollen, kann hier genau eingestellt werden. Je nach dem welche Datenreihen vorhanden sind, sind die Optionen *Raw Data*, *Cycle Data*, *Half Cycle Data* und *Calculations* verfügbar. Im Falle der letzten drei Optionen, kann nach dem Auswählen der Option in der entsprechenden Liste rechts die zu exportierende Liste gewählt werden.

File Preferences Hier können Einstellungen zum Format der exportierten Datei gemacht werden. Im allgemeinen beinhaltet eine exportierte Datei immer alle Datensätze der entsprechenden Liste, besteht also im Wesentlichen aus drei Spalten. In der ersten Spalte steht der eindeutige Index, die beiden anderen Spalten beinhalten die *x* bzw. *y*-Daten.

Als Vorgabe eingestellt ist die Option *Export Headers*. Ist diese Option angewählt, werden zwei zusätzliche Zeilen am Anfang der Datei geschrieben. In der ersten Zeile stehen, maskiert durch das Zeichen # alle Informationen die zum exportierten Datensatz vorliegen. Die zweite Zeile beinhaltet die Spaltenüberschriften der Datenreihen.

Mit dem Auswahlfeld *File Format* kann das Trennzeichen für die Daten innerhalb der Datei

eingestellt werden. Zur Verfügung stehen die Trennzeichen Tabulator bzw. Komma oder als Voraussetzung eine Kombination aus beiden. Im Normalfall können alle Datenbearbeitungsprogramme (Origin, OpenOffice, Matlab, etc) mit allen Formaten umgehen. Nur bei Microsoft Komponenten gestaltet sich das Laden von Daten aus den Dateien als etwas schwierig, hier sollte jeweils nur ein Trennzeichen eingestellt werden. Ein Datensatz wird jeweils in eine Zeile der Datei geschrieben. Alle Daten werden in einem manuell lesbaren Format in die Datei geschrieben. Ganze Zahlen werden einfach als ganze Zahlen ausgegeben. Rationale Zahlen werden in der üblichen 10er Basis ausgegeben, wobei das Trennzeichen für die gebrochenen Anteile nicht das „ $,$ “ sondern der Punkt „ $.$ “ ist. Auch hiermit sollten alle Datenbearbeitungsprogramme (wie immer fällt hier M\$ etwas aus der Reihe) klarkommen. Alle Werte werden nicht gerundet oder gekürzt ausgegeben. Zu große oder kleine Zahlenwerte $> 10^7$ bzw. $< 10^{-3}$ werden in der üblichen E Schreibweise ausgegeben, soll bedeuten

$$xEy \hat{=} x \cdot 10^y$$

Diese Schreibweise ist für die Darstellung von gebrochenen Daten normal.

2.2.6. Dialog Scale Data

Der Dialog *Scale Data* stellt Möglichkeiten zur Manipulation der Daten zur Verfügung. Zum eine können die Achsenbezeichnungen und deren Einheiten verändert, zum anderen die Daten anhand von linearen Vorschriften skaliert werden. Als Vorgabe für alle Werte sind Werte eingetragen bei denen weder die Daten noch die Bezeichnungen verändert werden.

Sollen nur die Achsenbezeichnungen bzw. die Einheit der Daten geändert werden, so kann die gewünschte Änderung in die jeweils ersten beiden Eingabefelder eingetragen werden. Die Daten selbst werden dadurch nicht verändert.

Sinnvoller und vor allem nützlicher ist eine Skalierung der Daten. Diese wird durch einen konstanten Faktor b und eine Proportionalitätskonstante a vorgegeben. Die neuen Daten x'_i berechnen sich dann aus den alten x_i wie

$$x'_i = ax_i + b$$

Die Skalierung der Daten kann nicht rückgängig gemacht werden (abgesehen von einem neuen Einlesen der Datei). Nützlich könnte eine Skalierung beispielsweise für die Umrechnung von Einheiten mit (affin-)linearem Zusammenhang sein.

2.3. Daten bearbeiten

Die meisten Funktionen der Software erklären sich von selbst. Trotzdem gibt hier eine kurze Anleitung zum Bearbeiten einer aufgezeichneten Datenreihe mit dem *StirlingCalculator*, sozusagen einen normalen Workflow.

1. Programm öffnen und mit dem Menübefehl *Import* aus dem Menü *Data* eine Datenreihe laden. Mit der Auswahl des *DATA RECORDS Imported File Data* in der Liste im Tab *Data* die importierten Daten überprüfen. Bei Bedarf kann die Achsenzuordnung der Datensätze verändert werden.
2. Die Datenreihe in *CYCLES* bzw. *HALF CYCLES* zerlegen. Dies geht mit den Menübefehlen *Split (Half) Cycles* aus dem Menü *Calculations*. Die manuelle Zerlegung ist optional und kann mit den Schaltflächen unter der Liste gesteuert werden. Auf jeden Fall die automatischen *CYCLES* bzw. *HALF CYCLES* auf die Korrektheit überprüfen und eventuell den Anfang bzw. das Ende der Listen mit den Schaltflächen unterhalb der Liste korrigieren! Hierzu bietet es sich an, den Plot der Daten zu betrachten.

3. Vor der Berechnung der Integralwerte können die Daten skaliert und die Bezeichnungen und Einheiten der Achsen verändert werden. Dies kann beispielsweise für eine Umrechnung der „normalen“ Skala mV in die entsprechende Einheit der Messgröße genutzt werden.
4. Die Integralwerte der einzelnen Datenlisten mit den Menübefehlen *Calculate (O)Ints* aus dem Menü *Caclculations* berechnen lassen.
5. Wenn gewünscht bzw. benötigt Daten mit dem Menübefehl *Export* aus dem Menü *Data* exportieren.

2.4. Berechnungen validieren

Ein großes Problem bei der numerischen Analyse der Daten stellt das Aufteilen der Daten in die entsprechenden Listen dar. Deshalb sollten auf jeden Fall die berechneten Listen auf Korrektheit überprüft werden, bevor den berechneten Integralwerten vertraut wird. Die numerische Integration ist dagegen ein sicheres numerisches Verfahren und benötigt, bis auf die Überprüfung des zu integrierenden Intervalls, keine Überprüfung.

Hier will ich Möglichkeiten zur Überprüfung der eingelesenen und aufgeteilten Datenlisten vorstellen.

- Die Achsen kontrollieren. Die Volumenwerte sollten als x -Werte erkannt worden sein. Überprüfen lässt sich die mit dem angezeigten Achsenamen im Reiter *Data*. Eine Kontrolle ist wegen zwei Berechnungen wichtig. Das Teilen der Datensätze wird mit den Werten der x Achse (die V -Achse) bewerkstelligt. Zwar werden auch die y Werte (die p -Achse) betrachtet, allerdings spielen sie eine untergeordnete Rolle, da aus eigenen Messungen bekannt ist, dass es bei den aufgezeichneten y Werten zu größeren Varianzen kommen kann und damit ein numerisches Teilen schwerer möglich ist. Es macht bei der Integration einen Unterschied welche Wert der abhängige Wert ist.
- Die Zeiten der Datenlisten vergleichen. Zeit und Anzahl der Werte der Datenlisten eines Typs sollten, da wir annehmen, dass die aufgezeichneten Werte periodisch sind, nicht zu stark von einander abweichen. Zusätzlich bietet die Zeit noch die Möglichkeit die Umlauffrequenz des Motors bei der Messung zu berechnen und lässt sich mit den im Praktikum gemessenen Werten vergleichen. Zu große Abweichungen sind ein Indiz dafür, dass die Anfangs bzw. Endpunkte der entsprechenden Liste nicht richtig erkannt wurden. Integralwerte von dieser Liste sind also nicht aussagekräftig.
- Anfang und Ende kontrollieren. Je nach Typ der Listen lässt sich die Korrektheit der Liste auch mit den Anfangs bzw. Endwerten der Liste überprüfen. Bei einem *CYCLE* sollten x bzw. y Wert von Anfang und Ende der Liste nicht zu weit entfernt liegen. Ein *HALF CYCLE* sollte als Anfang einen minimalen x und als Ende einen maximalen x Wert haben.
- Die im Plot dargestellten Daten betrachten. Hier fällt schnell auf, ob es bei der Zerlegung zu Fehlern gekommen ist.
- Die Werte in der Liste betrachten. Das aufwendigste aber auch sicherste Verfahren um eine Liste zu überprüfen ist das Betrachten der Werte in der Liste.

3. Mathematik und Numerik

In diesem Abschnitt des Handbuchs soll auf die verwendeten mathematischen und numerischen Methoden eingegangen werden.

3.1. Definitionen der Datenlisten

Eine Frage die sich zwangsweise bei den Berechnungen von den Integralen stellt ist, ob die generierten Listen eindeutig sind und die Werte der Integration über die Werte der Liste wirklich das gewünschte Ergebnis liefern.

Die Antwort: beide Typen der Listen sind eindeutig und liefern die gewünschten Integrale. Wir betrachten sie separat.

3.1.1. Der komplette Umlauf

Ein Umlauf ist mathematisch nichts anderes als ein geschlossener Weg in der xy Ebene. Bei der Integration über einen Umlauf ist die Richtung (oder der Umlaufsinn) des Wegs ausschlaggebend für das Vorzeichen des Integrals. Die Werte aus der Werteliste sind glücklicherweise zeitgeordnet, so dass eine Parametrisierung der Werte in der xy -Ebene vorliegt. Der Integralwert wird nun wie folgt berechnet

$$\text{OINT} = \oint dx y = \int_{t_1}^{t_2} dt \frac{dx(t)}{dt} y(t) \quad t_1 < t_2$$

So definiert ist der Wert des Integrals eindeutig und liefert sowohl den richtigen Wert als auch das richtige Vorzeichen der benötigten Integration.

3.1.2. Der halbe Umlauf

Ein halber Umlauf ist, wie ein ganzer Umlauf, nichts anderes als ein Weg in der xy Ebene. Nun stellt sich aber die Frage, ist ein halber Umlauf eindeutig. Die Antwort: nein, ist er nicht. Wir haben zwei Möglichkeiten aus einem kompletten Umlauf einen Halben zu extrahieren. Klar ist, ein halber Umlauf sollte die Werte zwischen einem minimalen bzw. maximalen x -Wert enthalten. Wir wählen nun den minimalen Wert als Anfang und den maximalen Wert als Ende und betrachten den zeitgeordneten halben Umlauf, der da die Liste der Datensätze eindeutig ist, auch eindeutig ist. Mit einem eindeutigen Weg, wird auch das Integral eindeutig

$$\text{INT} = \int_{x_{min}}^{x_{max}} dx y = \int_{t_{min}}^{t_{max}} dt \frac{dx(t)}{dt} y(t) \quad t_{min} < t_{max}$$

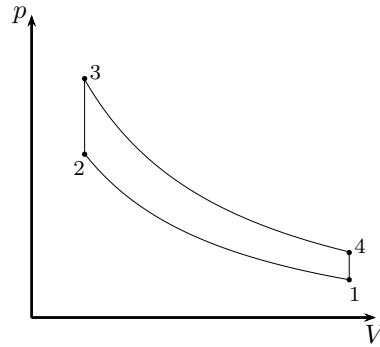
Der Integrationsweg und somit der Integralwert sind nun eindeutig, die Frage ist aber ist der Integralwert der gesuchte Wert? Wir betrachten deshalb den Stirling-Prozess siehe Abb. 1 für den Betrieb des Motors als Kältemaschine und als Wärmekraftmaschine.

Beim Betrieb als Kältemaschine wird der Prozess $1 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ durchlaufen. Während dem Prozess $2 \rightarrow 1$ wird dem kalten Wärmebad Wärme entzogen, und genau um diese entzogene Wärme soll berechnet werden. Wir können also schreiben

$$Q = \int_{V_2}^{V_1} dV p = \int_{V_{min}}^{V_{max}} dV p = \int_{t_{min}}^{t_{max}} dt \frac{dV(t)}{dt} p(t) \quad t_{min} < t_{max}$$

Beim Betrieb als Wärmekraftmaschine wird der Prozess gerade in anderer Richtung, also $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$ durchlaufen. Hier soll die vom heißen Wärmebad aufgenommene Wärme ermittelt werden und wir können schreiben

$$Q = \int_{V_3}^{V_4} dV p = \int_{V_{min}}^{V_{max}} dV p = \int_{t_{min}}^{t_{max}} dt \frac{dV(t)}{dt} p(t) \quad t_{min} < t_{max}$$

Abbildung 1: pV -Zustandsdiagramms des Stirling-Prozess.

Der Vergleich der Integrale liefert nun den Gewissheit, dass die Wahl der Grenzen des halben Umlaufs für beide Betriebsarten des Motors immer garantiert die „richtige“ Integration zu berechnen. Der halbe Umlauf ist somit eindeutig.

A. Allgemeine Informationen

Copyright © 2008-2018 Physikalisches Anfängerpraktikum, Universität Konstanz.
<http://ap.physik.uni-konstanz.de/>

Dieses Programm ist freie Software; Weiterverbreiten und/oder Verändern sind unter den Bestimmungen der GNU General Public License veröffentlicht von der Free Software Foundation erlaubt.

This program is free software; you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation.

Neuste stabile Version des StirlingCalculators: 1.3

Die letzten Versionen des Programms können auf der Webseite des Physikalischen Anfängerpraktikums (<http://ap.physik.uni-konstanz.de/>) heruntergeladen werden. Der Java-Quellcode des Programms ist ebenfalls dort zum Download verfügbar. Die Quellcode Dokumentation kann entweder mit *javadoc* selbst erstellt werden oder ist auch auf der AP-Webseite des Programms verlinkt.

Ansprechpartner für Fragen, Meldungen von Programmfehlern oder Anregungen für kommende Versionen sind auf der Webseite des Anfängerpraktikums aufgeführt.

B. Changelog der Versionen

Die bisher veröffentlichten Versionen des Programms mit den jeweiligen Änderungen zwischen den Versionen wird hier aufgelistet. Änderungen werden mit **CHG**, Neuerungen mit **ADD** und Fehlerbeseitigungen mit **FIX** aufgeführt.

1.3.0

ADD: A simple 2D plot to validate the cycles

CHG: Some internal types, fields and names.

1.2.1

FIX: Error when importing manual aborted record files.

1.2.0

ADD: Support for Cassy-Lab 2 file format .labx

1.1.1

FIX: Wrong channel select when importing data with voltage source on

1.1rc1

ADD: Change of axes implemented

ADD: Scaling of Data implemented

ADD: Manual Cycle editing, creating new Cycles manually and delete Cycles

ADD: ProgramImageIcon added

1.0

CHG: JavaDoc und Lizenzen im Quellcode vervollständigt.

CHG: Veränderung der Menüanzeige und einiger Namen in der Benutzeroberfläche.

FIX: Überflüssigen Dialog beim Export beseitigt.

ADD: Vollständige Benutzerdokumentation.

1.0rc2

CHG: Automatische Cycle Erkennung verbessert.

ADD: Zwischenspeicher der Pfadangaben für Import und Export implementiert

ADD: Exportfunktion für alle vorliegenden Daten implementiert

1.0rc1

ADD: Erste Implementierung der Datenstruktur.

ADD: Erste grundlegende Implementierung der Berechnungen.

ADD: Erste grundlegende Implementierung der Benutzeroberfläche.

C. GPL-v3.0

Auf den folgenden Seiten ist die für den StirlingCalculator geltende Lizenz aufgeführt.

GNU GENERAL PUBLIC LICENSE

Version 3, 29 June 2007

Copyright © 2007 Free Software Foundation, Inc. <http://fsf.org/>

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

The GNU General Public License is a free, copyleft license for software and other kinds of works.

The licenses for most software and other practical works are designed to take away your freedom to share and change the works. By contrast, the GNU General Public License is intended to guarantee your freedom to share and change all versions of a program—to make sure it remains free software for all its users. We, the Free Software Foundation, use the GNU General Public License for most of our software; it applies also to any other work released this way by its authors. You can apply it to your programs, too.

When we speak of free software, we are referring to freedom, not price. Our General Public Licenses are designed to make sure that you have the freedom to distribute copies of free software (and charge for them if you wish), that you receive source code or can get it if you want it, that you can change the software or use pieces of it in new free programs, and that you know you can do these things.

To protect your rights, we need to prevent others from denying you these rights or asking you to surrender the rights. Therefore, you have certain responsibilities if you distribute copies of the software, or if you modify it: responsibilities to respect the freedom of others.

For example, if you distribute copies of such a program, whether gratis or for a fee, you must pass on to the recipients the same freedoms that you received. You must make sure that they, too, receive or can get the source code. And you must show them these terms so they know their rights.

Developers that use the GNU GPL protect your rights with two steps: (1) assert copyright on the software, and (2) offer you this License giving you legal permission to copy, distribute and/or modify it.

For the developers' and authors' protection, the GPL clearly explains that there is no warranty for this free software. For both users' and authors' sake, the GPL requires that modified versions be marked as changed, so that their problems will not be attributed erroneously to authors of previous versions.

Some devices are designed to deny users access to install or run modified versions of the software inside them, although the manufacturer can do so. This is fundamentally

incompatible with the aim of protecting users' freedom to change the software. The systematic pattern of such abuse occurs in the area of products for individuals to use, which is precisely where it is most unacceptable. Therefore, we have designed this version of the GPL to prohibit the practice for those products. If such problems arise substantially in other domains, we stand ready to extend this provision to those domains in future versions of the GPL, as needed to protect the freedom of users.

Finally, every program is threatened constantly by software patents. States should not allow patents to restrict development and use of software on general-purpose computers, but in those that do, we wish to avoid the special danger that patents applied to a free program could make it effectively proprietary. To prevent this, the GPL assures that patents cannot be used to render the program non-free.

The precise terms and conditions for copying, distribution and modification follow.

TERMS AND CONDITIONS

0. Definitions.

“This License” refers to version 3 of the GNU General Public License.

“Copyright” also means copyright-like laws that apply to other kinds of works, such as semiconductor masks.

“The Program” refers to any copyrightable work licensed under this License. Each licensee is addressed as “you”. “Licensees” and “recipients” may be individuals or organizations.

To “modify” a work means to copy from or adapt all or part of the work in a fashion requiring copyright permission, other than the making of an exact copy. The resulting work is called a “modified version” of the earlier work or a work “based on” the earlier work.

A “covered work” means either the unmodified Program or a work based on the Program.

To “propagate” a work means to do anything with it that, without permission, would make you directly or secondarily liable for infringement under applicable copyright law, except executing it on a computer or modifying a private copy. Propagation includes copying, distribution (with or without modification), making available to the public, and in some countries other activities as well.

To “convey” a work means any kind of propagation that enables other parties to make or receive copies. Mere interaction with a user through a computer network, with no transfer of a copy, is not conveying.

An interactive user interface displays “Appropriate Legal Notices” to the extent that it includes a convenient and prominently visible feature that (1) displays an appropriate copyright notice, and (2) tells the user that there is no warranty for the work (except to the extent that warranties are provided), that licensees may convey the work under this License, and how to view a copy of this License. If the interface presents a list of user commands or options, such as a menu, a prominent item in the list meets this criterion.

1. Source Code.

The “source code” for a work means the preferred form of the work for making modifications to it. “Object code” means any non-source form of a work.

A “Standard Interface” means an interface that either is an official standard defined by a recognized standards body, or, in the case of interfaces specified for a particular programming language, one that is widely used among developers working in that language.

The “System Libraries” of an executable work include anything, other than the work as a whole, that (a) is included in the normal form of packaging a Major Component, but which is not part of that Major Component, and (b) serves only to enable use of the work with that Major Component, or to implement a Standard Interface for which an implementation is available to the public in source code form. A “Major Component”, in this context, means a major essential component (kernel, window system, and so on) of the specific operating system (if any) on which the executable work runs, or a compiler used to produce the work, or an object code interpreter used to run it.

The “Corresponding Source” for a work in object code form means all the source code needed to generate, install, and (for an executable work) run the object code and to modify the work, including scripts to control those activities. However, it does not include the work’s System Libraries, or general-purpose tools or generally available free programs which are used unmodified in performing those activities but which are not part of the work. For example, Corresponding Source includes interface definition files associated with source files for the work, and the source code for shared libraries and dynamically linked subprograms that the work is specifically designed to require, such as by intimate data communication or control flow between those subprograms and other parts of the work.

The Corresponding Source need not include anything that users can regenerate automatically from other parts of the Corresponding Source.

The Corresponding Source for a work in source code form is that same work.

2. Basic Permissions.

All rights granted under this License are granted for the term of copyright on the Program, and are irrevocable provided the stated conditions are met. This License explicitly affirms your unlimited permission to run the unmodified Program. The output from running a covered work is covered by this License only if the output, given its content, constitutes a covered work. This License acknowledges your rights of fair use or other equivalent, as provided by copyright law.

You may make, run and propagate covered works that you do not convey, without conditions so long as your license otherwise remains in force. You may convey covered works to others for the sole purpose of having them make modifications exclusively for you, or provide you with facilities for running those works, provided that you comply with the terms of this License in conveying all material for which you do not control copyright. Those thus making or running the covered works for you must do so exclusively on your behalf, under your direction and control, on terms that prohibit them from making any copies of your copyrighted material outside their relationship with you.

Conveying under any other circumstances is permitted solely under the conditions stated below. Sublicensing is not allowed; section 10 makes it unnecessary.

3. Protecting Users’ Legal Rights From Anti-Circumvention Law.

No covered work shall be deemed part of an effective technological measure under any applicable law fulfilling obligations under article 11 of the WIPO copyright treaty adopted on 20 December 1996, or similar laws prohibiting or restricting circumvention of such measures.

When you convey a covered work, you waive any legal power to forbid circumvention of technological measures to the extent such circumvention is effected by exercising rights under this License with respect to the covered work, and you disclaim any intention to

limit operation or modification of the work as a means of enforcing, against the work's users, your or third parties' legal rights to forbid circumvention of technological measures.

4. Conveying Verbatim Copies.

You may convey verbatim copies of the Program's source code as you receive it, in any medium, provided that you conspicuously and appropriately publish on each copy an appropriate copyright notice; keep intact all notices stating that this License and any non-permissive terms added in accord with section 7 apply to the code; keep intact all notices of the absence of any warranty; and give all recipients a copy of this License along with the Program.

You may charge any price or no price for each copy that you convey, and you may offer support or warranty protection for a fee.

5. Conveying Modified Source Versions.

You may convey a work based on the Program, or the modifications to produce it from the Program, in the form of source code under the terms of section 4, provided that you also meet all of these conditions:

- a) The work must carry prominent notices stating that you modified it, and giving a relevant date.
- b) The work must carry prominent notices stating that it is released under this License and any conditions added under section 7. This requirement modifies the requirement in section 4 to "keep intact all notices".
- c) You must license the entire work, as a whole, under this License to anyone who comes into possession of a copy. This License will therefore apply, along with any applicable section 7 additional terms, to the whole of the work, and all its parts, regardless of how they are packaged. This License gives no permission to license the work in any other way, but it does not invalidate such permission if you have separately received it.
- d) If the work has interactive user interfaces, each must display Appropriate Legal Notices; however, if the Program has interactive interfaces that do not display Appropriate Legal Notices, your work need not make them do so.

A compilation of a covered work with other separate and independent works, which are not by their nature extensions of the covered work, and which are not combined with it such as to form a larger program, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the compilation and its resulting copyright are not used to limit the access or legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. Inclusion of a covered work in an aggregate does not cause this License to apply to the other parts of the aggregate.

6. Conveying Non-Source Forms.

You may convey a covered work in object code form under the terms of sections 4 and 5, provided that you also convey the machine-readable Corresponding Source under the terms of this License, in one of these ways:

- a) Convey the object code in, or embodied in, a physical product (including a physical distribution medium), accompanied by the Corresponding Source fixed on a durable physical medium customarily used for software interchange.

- b) Convey the object code in, or embodied in, a physical product (including a physical distribution medium), accompanied by a written offer, valid for at least three years and valid for as long as you offer spare parts or customer support for that product model, to give anyone who possesses the object code either (1) a copy of the Corresponding Source for all the software in the product that is covered by this License, on a durable physical medium customarily used for software interchange, for a price no more than your reasonable cost of physically performing this conveying of source, or (2) access to copy the Corresponding Source from a network server at no charge.
- c) Convey individual copies of the object code with a copy of the written offer to provide the Corresponding Source. This alternative is allowed only occasionally and noncommercially, and only if you received the object code with such an offer, in accord with subsection 6b.
- d) Convey the object code by offering access from a designated place (gratis or for a charge), and offer equivalent access to the Corresponding Source in the same way through the same place at no further charge. You need not require recipients to copy the Corresponding Source along with the object code. If the place to copy the object code is a network server, the Corresponding Source may be on a different server (operated by you or a third party) that supports equivalent copying facilities, provided you maintain clear directions next to the object code saying where to find the Corresponding Source. Regardless of what server hosts the Corresponding Source, you remain obligated to ensure that it is available for as long as needed to satisfy these requirements.
- e) Convey the object code using peer-to-peer transmission, provided you inform other peers where the object code and Corresponding Source of the work are being offered to the general public at no charge under subsection 6d.

A separable portion of the object code, whose source code is excluded from the Corresponding Source as a System Library, need not be included in conveying the object code work.

A “User Product” is either (1) a “consumer product”, which means any tangible personal property which is normally used for personal, family, or household purposes, or (2) anything designed or sold for incorporation into a dwelling. In determining whether a product is a consumer product, doubtful cases shall be resolved in favor of coverage. For a particular product received by a particular user, “normally used” refers to a typical or common use of that class of product, regardless of the status of the particular user or of the way in which the particular user actually uses, or expects or is expected to use, the product. A product is a consumer product regardless of whether the product has substantial commercial, industrial or non-consumer uses, unless such uses represent the only significant mode of use of the product.

“Installation Information” for a User Product means any methods, procedures, authorization keys, or other information required to install and execute modified versions of a covered work in that User Product from a modified version of its Corresponding Source. The information must suffice to ensure that the continued functioning of the modified object code is in no case prevented or interfered with solely because modification has been made.

If you convey an object code work under this section in, or with, or specifically for use in, a User Product, and the conveying occurs as part of a transaction in which the right of possession and use of the User Product is transferred to the recipient in perpetuity or for a

fixed term (regardless of how the transaction is characterized), the Corresponding Source conveyed under this section must be accompanied by the Installation Information. But this requirement does not apply if neither you nor any third party retains the ability to install modified object code on the User Product (for example, the work has been installed in ROM).

The requirement to provide Installation Information does not include a requirement to continue to provide support service, warranty, or updates for a work that has been modified or installed by the recipient, or for the User Product in which it has been modified or installed. Access to a network may be denied when the modification itself materially and adversely affects the operation of the network or violates the rules and protocols for communication across the network.

Corresponding Source conveyed, and Installation Information provided, in accord with this section must be in a format that is publicly documented (and with an implementation available to the public in source code form), and must require no special password or key for unpacking, reading or copying.

7. Additional Terms.

“Additional permissions” are terms that supplement the terms of this License by making exceptions from one or more of its conditions. Additional permissions that are applicable to the entire Program shall be treated as though they were included in this License, to the extent that they are valid under applicable law. If additional permissions apply only to part of the Program, that part may be used separately under those permissions, but the entire Program remains governed by this License without regard to the additional permissions.

When you convey a copy of a covered work, you may at your option remove any additional permissions from that copy, or from any part of it. (Additional permissions may be written to require their own removal in certain cases when you modify the work.) You may place additional permissions on material, added by you to a covered work, for which you have or can give appropriate copyright permission.

Notwithstanding any other provision of this License, for material you add to a covered work, you may (if authorized by the copyright holders of that material) supplement the terms of this License with terms:

- a) Disclaiming warranty or limiting liability differently from the terms of sections 15 and 16 of this License; or
- b) Requiring preservation of specified reasonable legal notices or author attributions in that material or in the Appropriate Legal Notices displayed by works containing it; or
- c) Prohibiting misrepresentation of the origin of that material, or requiring that modified versions of such material be marked in reasonable ways as different from the original version; or
- d) Limiting the use for publicity purposes of names of licensors or authors of the material; or
- e) Declining to grant rights under trademark law for use of some trade names, trademarks, or service marks; or
- f) Requiring indemnification of licensors and authors of that material by anyone who conveys the material (or modified versions of it) with contractual assumptions of

liability to the recipient, for any liability that these contractual assumptions directly impose on those licensors and authors.

All other non-permissive additional terms are considered “further restrictions” within the meaning of section 10. If the Program as you received it, or any part of it, contains a notice stating that it is governed by this License along with a term that is a further restriction, you may remove that term. If a license document contains a further restriction but permits relicensing or conveying under this License, you may add to a covered work material governed by the terms of that license document, provided that the further restriction does not survive such relicensing or conveying.

If you add terms to a covered work in accord with this section, you must place, in the relevant source files, a statement of the additional terms that apply to those files, or a notice indicating where to find the applicable terms.

Additional terms, permissive or non-permissive, may be stated in the form of a separately written license, or stated as exceptions; the above requirements apply either way.

8. Termination.

You may not propagate or modify a covered work except as expressly provided under this License. Any attempt otherwise to propagate or modify it is void, and will automatically terminate your rights under this License (including any patent licenses granted under the third paragraph of section 11).

However, if you cease all violation of this License, then your license from a particular copyright holder is reinstated (a) provisionally, unless and until the copyright holder explicitly and finally terminates your license, and (b) permanently, if the copyright holder fails to notify you of the violation by some reasonable means prior to 60 days after the cessation.

Moreover, your license from a particular copyright holder is reinstated permanently if the copyright holder notifies you of the violation by some reasonable means, this is the first time you have received notice of violation of this License (for any work) from that copyright holder, and you cure the violation prior to 30 days after your receipt of the notice.

Termination of your rights under this section does not terminate the licenses of parties who have received copies or rights from you under this License. If your rights have been terminated and not permanently reinstated, you do not qualify to receive new licenses for the same material under section 10.

9. Acceptance Not Required for Having Copies.

You are not required to accept this License in order to receive or run a copy of the Program. Ancillary propagation of a covered work occurring solely as a consequence of using peer-to-peer transmission to receive a copy likewise does not require acceptance. However, nothing other than this License grants you permission to propagate or modify any covered work. These actions infringe copyright if you do not accept this License. Therefore, by modifying or propagating a covered work, you indicate your acceptance of this License to do so.

10. Automatic Licensing of Downstream Recipients.

Each time you convey a covered work, the recipient automatically receives a license from the original licensors, to run, modify and propagate that work, subject to this License. You are not responsible for enforcing compliance by third parties with this License.

An “entity transaction” is a transaction transferring control of an organization, or substantially all assets of one, or subdividing an organization, or merging organizations. If

propagation of a covered work results from an entity transaction, each party to that transaction who receives a copy of the work also receives whatever licenses to the work the party's predecessor in interest had or could give under the previous paragraph, plus a right to possession of the Corresponding Source of the work from the predecessor in interest, if the predecessor has it or can get it with reasonable efforts.

You may not impose any further restrictions on the exercise of the rights granted or affirmed under this License. For example, you may not impose a license fee, royalty, or other charge for exercise of rights granted under this License, and you may not initiate litigation (including a cross-claim or counterclaim in a lawsuit) alleging that any patent claim is infringed by making, using, selling, offering for sale, or importing the Program or any portion of it.

11. Patents.

A "contributor" is a copyright holder who authorizes use under this License of the Program or a work on which the Program is based. The work thus licensed is called the contributor's "contributor version".

A contributor's "essential patent claims" are all patent claims owned or controlled by the contributor, whether already acquired or hereafter acquired, that would be infringed by some manner, permitted by this License, of making, using, or selling its contributor version, but do not include claims that would be infringed only as a consequence of further modification of the contributor version. For purposes of this definition, "control" includes the right to grant patent sublicenses in a manner consistent with the requirements of this License.

Each contributor grants you a non-exclusive, worldwide, royalty-free patent license under the contributor's essential patent claims, to make, use, sell, offer for sale, import and otherwise run, modify and propagate the contents of its contributor version.

In the following three paragraphs, a "patent license" is any express agreement or commitment, however denominated, not to enforce a patent (such as an express permission to practice a patent or covenant not to sue for patent infringement). To "grant" such a patent license to a party means to make such an agreement or commitment not to enforce a patent against the party.

If you convey a covered work, knowingly relying on a patent license, and the Corresponding Source of the work is not available for anyone to copy, free of charge and under the terms of this License, through a publicly available network server or other readily accessible means, then you must either (1) cause the Corresponding Source to be so available, or (2) arrange to deprive yourself of the benefit of the patent license for this particular work, or (3) arrange, in a manner consistent with the requirements of this License, to extend the patent license to downstream recipients. "Knowingly relying" means you have actual knowledge that, but for the patent license, your conveying the covered work in a country, or your recipient's use of the covered work in a country, would infringe one or more identifiable patents in that country that you have reason to believe are valid.

If, pursuant to or in connection with a single transaction or arrangement, you convey, or propagate by procuring conveyance of, a covered work, and grant a patent license to some of the parties receiving the covered work authorizing them to use, propagate, modify or convey a specific copy of the covered work, then the patent license you grant is automatically extended to all recipients of the covered work and works based on it.

A patent license is "discriminatory" if it does not include within the scope of its coverage, prohibits the exercise of, or is conditioned on the non-exercise of one or more of the rights

that are specifically granted under this License. You may not convey a covered work if you are a party to an arrangement with a third party that is in the business of distributing software, under which you make payment to the third party based on the extent of your activity of conveying the work, and under which the third party grants, to any of the parties who would receive the covered work from you, a discriminatory patent license (a) in connection with copies of the covered work conveyed by you (or copies made from those copies), or (b) primarily for and in connection with specific products or compilations that contain the covered work, unless you entered into that arrangement, or that patent license was granted, prior to 28 March 2007.

Nothing in this License shall be construed as excluding or limiting any implied license or other defenses to infringement that may otherwise be available to you under applicable patent law.

12. No Surrender of Others' Freedom.

If conditions are imposed on you (whether by court order, agreement or otherwise) that contradict the conditions of this License, they do not excuse you from the conditions of this License. If you cannot convey a covered work so as to satisfy simultaneously your obligations under this License and any other pertinent obligations, then as a consequence you may not convey it at all. For example, if you agree to terms that obligate you to collect a royalty for further conveying from those to whom you convey the Program, the only way you could satisfy both those terms and this License would be to refrain entirely from conveying the Program.

13. Use with the GNU Affero General Public License.

Notwithstanding any other provision of this License, you have permission to link or combine any covered work with a work licensed under version 3 of the GNU Affero General Public License into a single combined work, and to convey the resulting work. The terms of this License will continue to apply to the part which is the covered work, but the special requirements of the GNU Affero General Public License, section 13, concerning interaction through a network will apply to the combination as such.

14. Revised Versions of this License.

The Free Software Foundation may publish revised and/or new versions of the GNU General Public License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns.

Each version is given a distinguishing version number. If the Program specifies that a certain numbered version of the GNU General Public License “or any later version” applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that numbered version or of any later version published by the Free Software Foundation. If the Program does not specify a version number of the GNU General Public License, you may choose any version ever published by the Free Software Foundation.

If the Program specifies that a proxy can decide which future versions of the GNU General Public License can be used, that proxy’s public statement of acceptance of a version permanently authorizes you to choose that version for the Program.

Later license versions may give you additional or different permissions. However, no additional obligations are imposed on any author or copyright holder as a result of your choosing to follow a later version.

15. Disclaimer of Warranty.

THERE IS NO WARRANTY FOR THE PROGRAM, TO THE EXTENT PERMITTED BY APPLICABLE LAW. EXCEPT WHEN OTHERWISE STATED IN WRITING THE COPYRIGHT HOLDERS AND/OR OTHER PARTIES PROVIDE THE PROGRAM “AS IS” WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EITHER EXPRESSED OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. THE ENTIRE RISK AS TO THE QUALITY AND PERFORMANCE OF THE PROGRAM IS WITH YOU. SHOULD THE PROGRAM PROVE DEFECTIVE, YOU ASSUME THE COST OF ALL NECESSARY SERVICING, REPAIR OR CORRECTION.

16. Limitation of Liability.

IN NO EVENT UNLESS REQUIRED BY APPLICABLE LAW OR AGREED TO IN WRITING WILL ANY COPYRIGHT HOLDER, OR ANY OTHER PARTY WHO MODIFIES AND/OR CONVEYS THE PROGRAM AS PERMITTED ABOVE, BE LIABLE TO YOU FOR DAMAGES, INCLUDING ANY GENERAL, SPECIAL, INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF THE USE OR INABILITY TO USE THE PROGRAM (INCLUDING BUT NOT LIMITED TO LOSS OF DATA OR DATA BEING RENDERED INACCURATE OR LOSSES SUSTAINED BY YOU OR THIRD PARTIES OR A FAILURE OF THE PROGRAM TO OPERATE WITH ANY OTHER PROGRAMS), EVEN IF SUCH HOLDER OR OTHER PARTY HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.

17. Interpretation of Sections 15 and 16.

If the disclaimer of warranty and limitation of liability provided above cannot be given local legal effect according to their terms, reviewing courts shall apply local law that most closely approximates an absolute waiver of all civil liability in connection with the Program, unless a warranty or assumption of liability accompanies a copy of the Program in return for a fee.

END OF TERMS AND CONDITIONS