**Mechatronisches Projekt**

Migration of LabVIEW into the Test of magnetic Properties

Projektdokumentation über die Abarbeitung des Mechatronischen Projekt an der Hochschule Esslingen,  
Fakultät Mechatronik und Elektrotechnik

durchgeführt an der

Hochschule Esslingen

Robert-Bosch-Str. 1

73037 Göppingen

Deutschland

vorgelegt von  
**Jan Philipp Grünewald, Smiljan Mahkovec, Marc Schnaitmann,**

**Christian Meier, Till Schwaderer**

Betreuer:  
Prof. Dr.-Ing H. Förschner (Hochschule Esslingen)  
Uwe Weidlich (Hochschule Esslingen)

Bearbeitungszeitraum  
15. März 2017 bis 28. Juni 2017

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 2

1 Aufgabenstellung 4

2 Beschreibung des Programmes 6

2.1 Zustandsdiagramm 6

2.2 State Maschine 6

2.2.1 Beschreibung der einzelnen unterschiritte in der State Maschine 7

2.3 MagnetoGUI.vi 10

2.3.1 Beschreibung des VIs 10

2.4 Anpassung.vi 13

2.4.1 Kurzbeschreibung 13

2.4.2 Beschreibung des VIs 13

2.5 Anpassungspruefung.vi 13

2.5.1 Kurzbeschreibung 13

2.5.2 Beschreibung des VIs 13

2.6 Ansteuerung\_Frequenzgenerator.vi 14

2.6.1 Kurzbeschreibung 14

2.6.2 Beschreibung des VIs 14

2.7 Ansteuerung\_Oszilloscope.vi 14

2.7.1 Kurzbeschreibung 14

2.7.2 Beschreibung des VIs 14

2.8 Entmagnetisierung.vi 14

2.8.1 Kurzbeschreibung 14

2.8.2 Beschreibung des VIs 15

2.9 Flussdichte\_Anpassen.vi 15

2.9.1 Kurzbeschreibung 15

2.9.2 Beschreibung des VIs 15

2.10 Frequenzgenerator\_init.vi 15

2.10.1 Kurzbeschreibung 15

2.10.2 Beschreibung des VIs 15

2.11 Messbereich\_Einstellen.vi 16

2.11.1 Kurzbeschreibung 16

2.11.2 Beschreibung des VIs 16

2.12 Messdaten\_auslesen.vi 16

2.12.1 Kurzbeschreibung 16

2.12.2 Beschreibung des VIs 16

2.13 Messdaten\_Periode.vi 17

2.13.1 Kurzbeschreibung 17

2.13.2 Beschreibung des VIs 17

2.14 Messung.vi 17

2.14.1 Kurzbeschreibung 17

2.14.2 Beschreibung des VIs 17

2.15 Messung\_Hystereseschleife.vi 18

2.15.1 Kurzbeschreibung 18

2.15.2 Beschreibung des VIs 18

2.16 MessungHB\_Periode.vi 18

2.16.1 Kurzbeschreibung 18

2.16.2 Beschreibung des VIs 18

2.17 Messung\_Neukurve.vi 19

2.17.1 Kurzbeschreibung 19

2.17.2 Beschreibung des VIs 19

2.18 Oszi\_KanalInfo.vi 19

2.18.1 Kurzbeschreibung 19

2.18.2 Beschreibung des VIs 19

2.19 Oszi\_Offset\_Messen.vi 19

2.19.1 Kurzbeschreibung 19

2.19.2 Beschreibung des VIs 20

2.20 Oszilloscope\_init.vi 20

2.20.1 Kurzbeschreibung 20

2.20.2 Beschreibung des VIs 20

2.21 Runge\_Kutta.vi 20

2.21.1 Kurzbeschreibung 20

2.21.2 Beschreibung des VIs 20

2.22 Symmetrierung\_Messdaten.vi 21

2.22.1 Kurzbeschreibung 21

2.22.2 Beschreibung des VIs 21

3 Offene Punkte 22

4 Weitere Verbesserungen 23

Quellenverzeichnis 24

Tabellen und Abbildungsverzeichnisse *(optional)* 25

Abkürzungsverzeichnis 26

# Aufgabenstellung

Die Aufgabe des Mechatronischen Projektes war es, den Versuch für die weichmagnetischen Werkstoffe auf eine neue Software umzusetzen. Die alte Software wurde im Pascal Code geschrieben. Da es immer schwieriger wurde Ersatzteile zu finden, um den Versuch weiterhin durchführen zu können, wurde beschlossen, den Versuch über LabVIEW laufen zu lassen.

Dazu musste der Pascal Code analysiert werden und in der neuen Software LabVIEW programmiert werden.

**Das bisherige Programm konnte folgende Funktionen ausführen:**

* Eingabe der Werkstoffe und Anordnungsparameter
* Vorgaben Frequenz und Flusswert vollautomatisch anfahren
* Messung der Remanenz (Br)
* Messen der Koerzitivfeldstärke (Hr)
* Messen der maximalen Flussdichte (B) und der maximalen magnetischen Feldstärke (H)
* Messen der Verlustleistung
* Messen der Hystereseschleife
* Messen der Neukurve
* Messen der Kommutierungskurve
* Grafische Darstellung der Hystereseschleife
* Grafische Darstellung der Neukurve
* Grafische Darstellung der Kommutierungskurve
* Grafische Darstellung aller Eingabeparameter und Messergebnisse
* Ausdruck der Dokumentation

**Durch die Programmierung in LabVIEW wurden folgende Funktionen zusätzlich geändert bzw. hinzugefügt:**

* Die Dokumentation muss nicht mehr gedruckt werden, sonder kann nun an einem gewünschten Pfad gespeichert werden.
* Es gibt eine Strombegrenzung
* Exportieren der Daten in Excel
* …

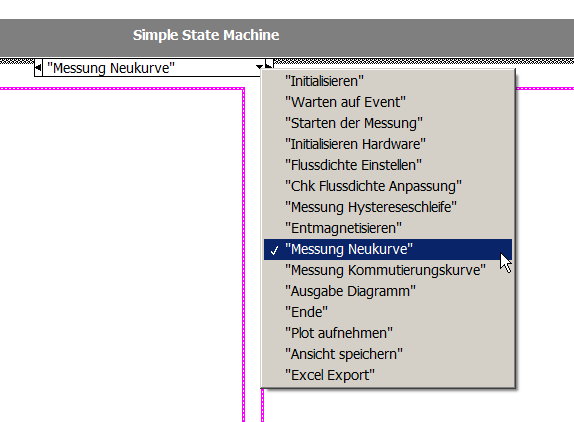
# Beschreibung des Programmes

## Zustandsdiagramm

## State Maschine

Die State Maschine ist in der MagnetoGUI.vi hinterlegt. 

Hier werden die einzelnen SubVIs nacheinander aufgerufen.



### Beschreibung der einzelnen unterschiritte in der State Maschine

#### Initialisieren

Die Diagramme werden beim Start des Programmes zurückgesetzt.

#### Warten auf Event

In diesem Schritt kann der Bediener seine Einstellungen vornehmen. Es wird so lange in diesem Schritt gewatet bis die „Messung Starten“ Taste betätigt wurde. Nach Ablauf der Messung kommt man wieder in diesen Schritt.

#### Starten der Messung

Nachdem der Taster „Messung Starten“ betätigt wird, wird dieser Schritt ausgeführt. Hierbei werden die Diagramme nochmals zurückgesetzt und die Eingegebenen Parameter in ein Cluster übergeben. Es werden noch die Parameter Faktor 1, Faktor 2 und die Theoretische Primärwindungszahl berechnet, welche intern für das weitere Vorgehen benötigt werden.

#### Initialisieren der Hardware

Bevor nun mit der Messung begonnen wird, werden Oszilloskop und der Frequenzgenerator initialisiert.

Bei der Einstellung des **Oszilloskops** werden unter anderem folgenden Parameter Eingestellt:

* VISA Name zugweisen
* Manuelle Bedienung gesperrt
* Range auf 40 V (Channel 1 und 2)
* Time base auf 200ms
* Externer Trigger
* Positive Flanke für Trigger
* Etc.

Bei der Einstellung des **Frequenzgenerators** werden unter anderem folgenden Parameter Eingestellt:

* VISA Name zugweisen
* Frequenz auf 50 Hz
* Signalform Sinus
* Amplitude 0,05V

**Aufgerufene VIs:**

Frequenzgenerator\_init.vi und Oszilloscope\_init.vi

#### Flussdichte Einstellen

Um die gewünschte Flussdichte zu bekommen wird die Spannung am Frequenzgenerator langsam schrittweise erhöht, bis die Spannung gefunden wird, die der eigestellten Flussdichte entspricht.

**Aufgerufene VIs:**

Flussdichte\_Anpassen.vi

#### Chk Flussdichte Anpassung

Hier wird die in Kapitel 2.2.1.5 ermittelte Spannung auf die Mindestspannung des Frequenzgenerators angehoben, sofern sie kleiner als diese ist.

**Aufgerufene VIs:**

Anpassungspruefung.vi

#### Messung Hystereseschleife

Hier wird die Messung gestartet um die Hystereseschleife zu messen.

Innerhalb dieses VIs wird die Hystereseschleife gemessen, die Spannungswerte welche zur Flussdichte proportional sind integriert und korrigiert. Ebenfalls werden hier die markanten Punkte wie Remanenz, Koerzitivfeldstärke, Bmax und Hmax bestimmt.

**Aufgerufene VIs:**

Messung\_Hystereseschleife.vi

#### Entmagnetisieren 1

Nach dem Messen der Hystereseschleife wird der Werkstoff entmagnetisiert. Dazu wird die Spannung langsam schrittweise vermindert.

**Aufgerufene VIs:**

Entmagnetisierung.vi

#### Messung Neukurve

Hier wird die Messung gestartet um die Neukurve zu messen.

**Aufgerufene VIs:**

MessungNeukurve.vi

#### Entmagnetisieren 2

Hier wird die Messung gestartet um die Kommutierungskurve zu messen.

**Aufgerufene VIs:**

Entmagnetisierung.vi

#### Ausgabe Diagramm

In diesem Schritt werden die ermittelten Daten an die GUI übergeben und grafisch in einem Diagramm dargestellt.

#### Ende

Nachdem die Messung vollständig ist, wird die Sperrung am Frequenzgenerator und Oszilloskop aufgehoben, sodass diese wieder manuell bedient werden können.

**Aufgerufene VIs:**

Ansteuerung\_Oszilloscope.vi und Ansteuerung\_Frequenzgenerator.vi

#### Plot aufnehmen

Der Plot kann per Knopfdruck auf „Plot Speichern“ an einem beliebigen Pfad gespeichert werden.

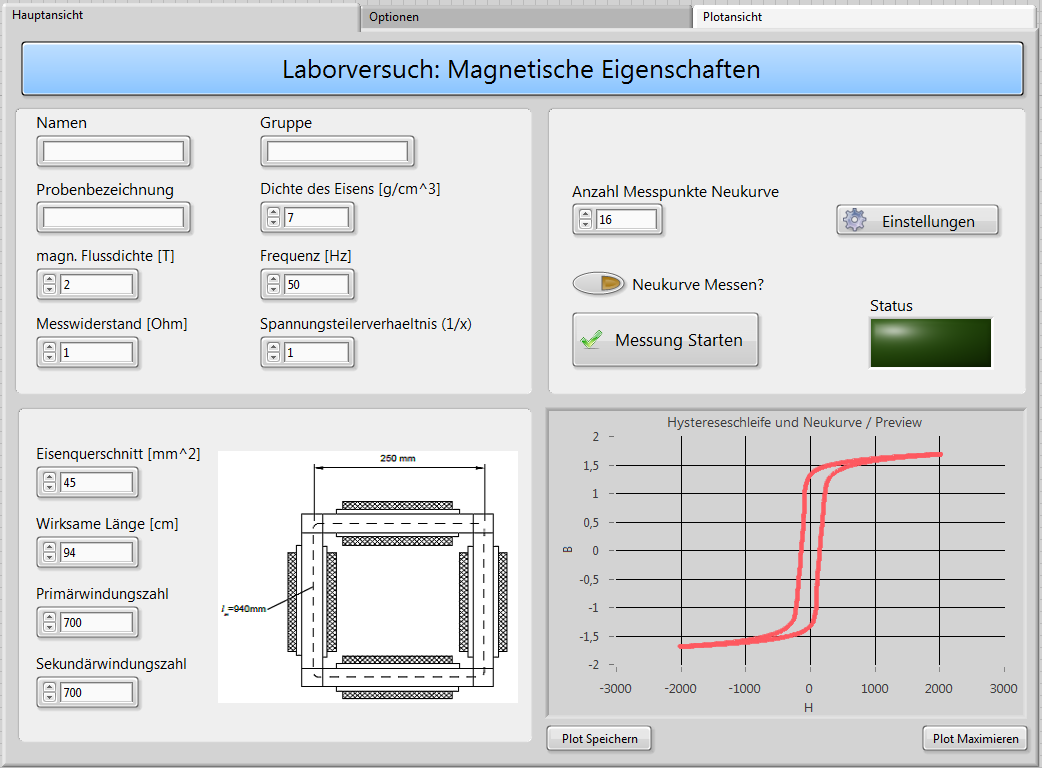
#### Ansicht speichern

Die Ansicht (mit Gruppennamen, Uhrzeit, Eingestellte und berechnete Parameter, etc.) kann per Knopfdruck auf „Ansicht Speichern“ an einem beliebigen Pfad gespeichert werden.

#### Excel Export

Die gemessene Daten können in eine Excel liste importiert werden.

## MagnetoGUI.vi



### Beschreibung des VIs

In diesem VI ist die State Maschine hinterlegt. Dies ist auch die das Main.vi des Projektes.

In dem VI kann man mehrere Register öffnen. Diese sind Hauptansicht, Optionen und Plotansicht.

* Hauptansicht:

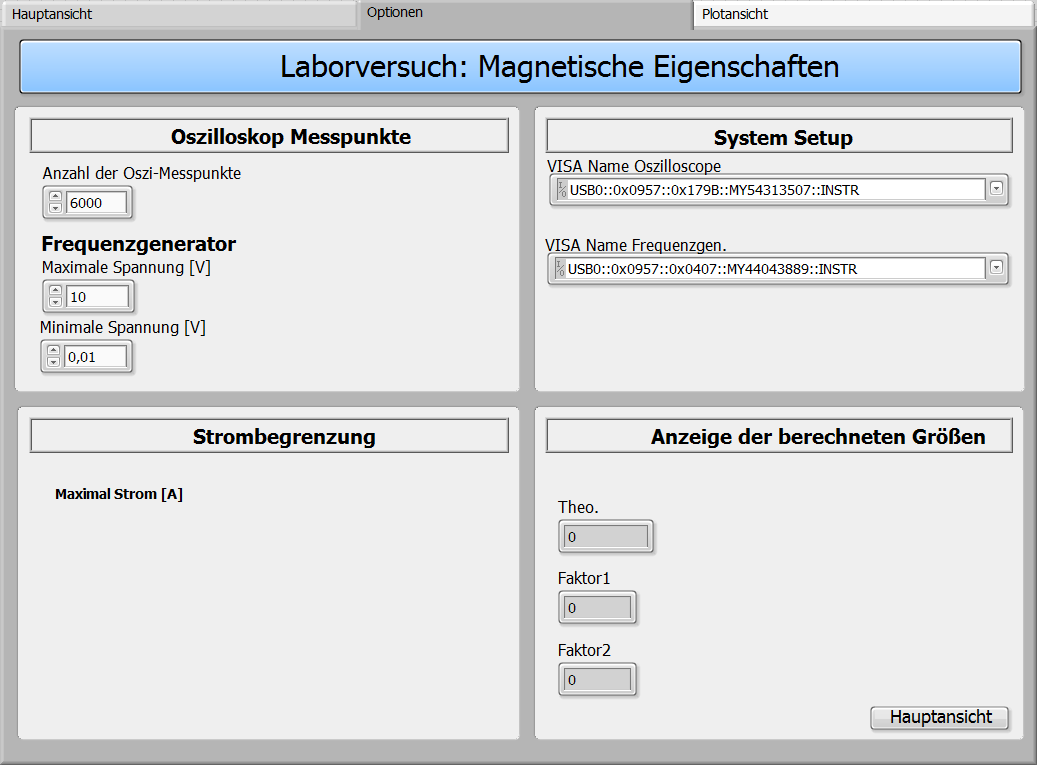
Auf dieser Ansicht hat der Bediener die Möglichkeit, seine Daten für den Versuch einzustellen. In der folgenden Tabelle sind die Maximale und Minimale Eingabewerte aufgeführt.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Bezeichnung | max | min | Erklärung |
| Probenbezeichnung | 12 | 0 | Textbezeichnung der Probe |
| Wirksame länge | 1000 | 1 | Mittlere Eisenwegstrecke in [cm] |
| Eisenquerschnitt | 10000 | 1 | Eisenquerschnitt in [mm²] |
| Dichte des Eisens | 50 | 1 | Eisendichte in [g/cm³] |
| Primärwindungszahl | 1500 | 1 |  |
| Sekundärwindungszahl | 1500 | 1 |  |
| Spannungsteilerverhältnis | 100 | 1 | Spannungsteiler (Messteiler) |
| Messwiderstand | 100 | 1 | Messwiderstand in [Ohm] |
| Frequenz | 15000 | 15 | Frequenz in [Hz] |
| Magn. Flussdichte | 5 | 0.001 | Flussdichte in [T] |

Auf dieser Ansicht kann der Bediener die Messungen mit seinen eingestellten Daten zu starten. Nach der Messung erscheint ein kleiner Plot auf der rechten unteren Seite.

* Optionen:

Hier kann der Bediener weitere Einstellungen vornehmen. Diese sind beispielsweise die Änderung der VISA-Name vom Oszilloskope oder dem Frequenzgenerator. Diese Einstellungen werden für den Versuch nicht benötigt, lediglich wenn beispielsweise Geräte ausgetauscht werden.

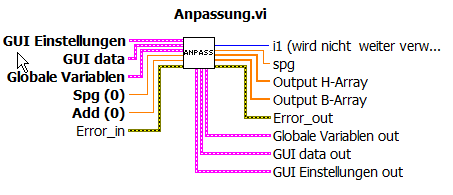


* Plotansicht

In dieser Ansicht kann der Bediener den Plot vergrößert betrachten. Es werden des Weiteren noch die Eingestellten Daten Angezeigt. Es besteht die Möglichkeit den Plot angezeigte Fenster der GUI abzuspeichern.

## Anpassung.vi

### Kurzbeschreibung



### Beschreibung des VIs

Kanalinformationen einholen. Spannung messen die proportional zur Flussdichte ist. Integrieren der Spannungsmeáwerte. Symmetrieren der Messwerte.

## Anpassungspruefung.vi

### Kurzbeschreibung



### Beschreibung des VIs

Weist nach der Flussdichte-Anpassung der Spannungsabweichung den minimal möglichen Spannungswert des Frequenzgenerators zu und stellt Spannung des Frequenzgenerators auf diesen Wert ein, wenn die Spannungsabweichung kleiner der minimal möglichen Spannung des Frequenzgenerators ist.

## Ansteuerung\_Frequenzgenerator.vi

### Kurzbeschreibung

### 

### Beschreibung des VIs

Das VI übergibt der Hardware einen String, mit dem Einstellungen gesetzt oder abgefragt werden können.

## Ansteuerung\_Oszilloscope.vi

### Kurzbeschreibung

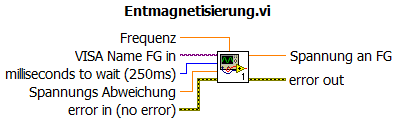


### Beschreibung des VIs

Das VI übergibt der Hardware einen String, mit dem Einstellungen gesetzt oder abgefragt werden können.

## Entmagnetisierung.vi

### Kurzbeschreibung

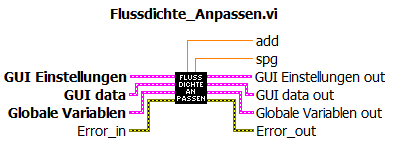


### Beschreibung des VIs

Das VI ist für die Entmagnetisierung des Werkstoffes durch.

## Flussdichte\_Anpassen.vi

### Kurzbeschreibung



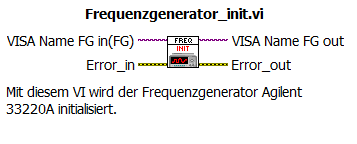
### Beschreibung des VIs

Übergibt dem VI Anpassung die Spannungswerte. Die Spannungswerte werden in 2V, 1V, 0,5V, 0,1V, 0,05V, 0,02V Schritten an das VI übergeben.

Bricht den Vorgang ab, sobald die gewünschte Flussdichte erreicht wird und gibt diese weiter. Die zur gewünschten Flussdichte proportionale Spannung wird als Ausgabewert dieses Vis bereitgestellt.

## Frequenzgenerator\_init.vi

### Kurzbeschreibung



### Beschreibung des VIs

Bei der Initialisierung des Frequenzgenerators werden unter anderem folgenden Parameter Eingestellt, mit denen die Messung dann durchgeführt werden:

* VISA Name zugweisen
* Frequenz auf 50 Hz
* Signalform Sinus
* Amplitude 0,05V

## Messbereich\_Einstellen.vi

### Kurzbeschreibung



### Beschreibung des VIs

Mithilfe dieses VIs wird die Spannung des ausgewählten Channels auf 90% der Größe des Oszilloskopbildschirms skaliert.

## Messdaten\_auslesen.vi

### Kurzbeschreibung



### Beschreibung des VIs

Nimmt eine Messung des auf dem Bildschirm angezeigten Signals auf. Anzahl der Messpunkte ist einstellbar. Wird von dem Messung.vi aufgerufen.

## Messdaten\_Periode.vi

### Kurzbeschreibung



### Beschreibung des VIs

Dem VI wird ein periodisches Signal in Form eines 1D-Arrays übergeben. Als Ausgabe Array wird das periodische Signal auf eine Periode reduziert.

Anmerkung:

Periodisches Signal muss x-Achsensymmetrisch sein.

Über Booleschen Eingang kann zwischen Arbeiten mit selber erzeugten Periodenindices oder extern erzeugten Periodenindices umgeschaltet werden.

## Messung.vi

### Kurzbeschreibung



### Beschreibung des VIs

Speichert die aktuellen Daten vom Oszilloskop in einem Array ab. Zusätzlich wird ein Offset vom Oszilloskop von dem Messdaten abgezogen.

## Messung\_Hystereseschleife.vi

### Kurzbeschreibung



### Beschreibung des VIs

Aufnehmen der Messwerte der Hystereseschleife. Berechnet die Verlustleistung. Korrektur der Hystereseschleife, ( Rampenfunktion ). Ermittlung der markanten Stellen wie Remanenz, Koerzitivfeldstärke, Hmax und Bmax. Abspeichern der Messwerte der Hystereseschleife in einem Array.

## MessungHB\_Periode.vi

### Kurzbeschreibung



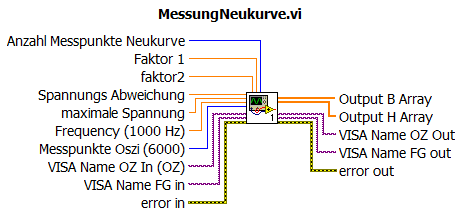
### Beschreibung des VIs

Dieses VI führt eine Skalierung und Messung von Channel 1 durch. Die gemessenen Werte werden auf eine Periode limitiert. Das gleiche geschieht mit Channel 2.

Am Ausgang des VIs können die H & B Array abgegriffen werden.

## Messung\_Neukurve.vi

### Kurzbeschreibung



### Beschreibung des VIs

Aufnehmen der Messwerte der Neukurve. Speichern der Messwerte der Neukurve in einem Array ab.

## Oszi\_KanalInfo.vi

### Kurzbeschreibung



### Beschreibung des VIs

Gibt die entsprechenden Kanal-Infos des selektierten Kanals des Oszilloskops aus.

## Oszi\_Offset\_Messen.vi

### Kurzbeschreibung



### Beschreibung des VIs

Rechnet den Offset für das Messung.vi raus.

## Oszilloscope\_init.vi

### Kurzbeschreibung



### Beschreibung des VIs

Mit diesem VI wird das Oszilloskope DSO-X-2002A initialisiert.

Bei der Initialisierung des Oszilloskops werden unter anderem folgenden Parameter Eingestellt:

* VISA Name zugweisen
* Manuelle Bedienung gesperrt
* Range auf 40 V (Channel 1 und 2)
* Time base auf 200ms
* Externer Trigger
* Positive Flanke für Trigger

## Runge\_Kutta.vi

### Kurzbeschreibung



### Beschreibung des VIs

Durchführen des Runge-Kutta-Verfahrens. Parameter "deltaT" wird automatisch mittels VI OsziKanalInfo ermittelt

## Symmetrierung\_Messdaten.vi

### Kurzbeschreibung



### Beschreibung des VIs

Berechnet die Messdaten neu, damit diese mittig auf dem Plot angezeigt werden.

# Offene Punkte

# Weitere Verbesserungen

# Quellenverzeichnis

<https://blog.digilentinc.com/labview-compiler-under-the-hood/>

# Tabellen und Abbildungsverzeichnisse *(optional)*

[Abbildung 1‑1: Mustermann, Werkzeugmaschinenfabrik; Göppingen, um 1900 7](#_Toc396677289)

[Abbildung 4‑1 Bondpulltest, schematisiert 11](#_Toc396677290)

# Abkürzungsverzeichnis