

Pflichtenheft

# **Visuelle Programmiersprache für den Physikunterricht zur Datenerfassung auf einem Raspberry Pi**

**Version 0.2.2**

David Gawron      Stefan Geretschläger      Leon Huck  
Jan Küblbeck      Linus Ruhnke

30. Mai 2019

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Produktübersicht</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Zielbestimmung</b>	<b>4</b>
2.1	Musskriterien . . . . .	5
2.2	Sollkriterien . . . . .	7
2.3	Wunschkriterien . . . . .	7
2.4	Abgrenzungskriterien . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Produkteinsatz</b>	<b>8</b>
3.1	Anwendungsbereiche . . . . .	8
3.2	Zielgruppe . . . . .	8
3.3	Betriebsbedingungen . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Produktumgebung</b>	<b>8</b>
4.1	Software . . . . .	9
4.2	Hardware . . . . .	9
4.3	PhyPiDAQ . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Funktionale Anforderungen</b>	<b>9</b>
5.1	GUI . . . . .	9
5.1.1	Menüfeld . . . . .	10
5.1.2	Optional: Zusätzliche Funktionen im Menüfeld . . . . .	10
5.1.3	Konfigurationsfeld . . . . .	10
5.1.4	Darstellungsfenster . . . . .	10
5.2	Konfigurationserstellung . . . . .	11
5.2.1	Optional: Weiterentwicklung der Konfigurationserstellung . . . . .	12
5.3	Messablauf . . . . .	12
5.4	Fehlermeldungen . . . . .	13
5.5	Bedienungshilfen . . . . .	13
5.6	Sprache . . . . .	13
5.6.1	Optional: Internationalisierung . . . . .	13
5.7	Sonstiges . . . . .	14
5.7.1	Optional: Sonstiges . . . . .	14
<b>6</b>	<b>Produktdaten</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Nichtfunktionale Anforderungen</b>	<b>14</b>
7.1	Produktleistungen . . . . .	14
7.2	Benutzbarkeit . . . . .	15
7.3	Zuverlässigkeit . . . . .	15
7.4	Sonstige . . . . .	15

<b>8 Globale Testfälle und Testszenarien</b>	<b>16</b>
8.1 Einführung . . . . .	16
8.2 Testfälle zur Nutzung der Anwendung . . . . .	16
8.3 Testfälle zur Handhabung von Fehlern . . . . .	20
<b>9 Systemmodelle</b>	<b>21</b>
<b>10 Benutzungsoberfläche</b>	<b>22</b>
10.1 Ziel der Benutzeroberfläche . . . . .	22
10.2 Generell . . . . .	23
10.3 Eingabegeäte . . . . .	24
10.4 Überblick . . . . .	24
10.5 Die einzelnen Teile . . . . .	25
10.5.1 Systemmenüleiste . . . . .	25
10.5.2 Auswahl . . . . .	27
10.5.3 Konfigurationsfeld . . . . .	28
10.6 Erweiterungsmöglichkeiten . . . . .	29
10.6.1 Startbildschirm . . . . .	29
<b>11 Spezielle Anforderungen an die Entwicklungsumgebung</b>	<b>29</b>
<b>12 Zeit- und Ressourcenplanung</b>	<b>29</b>
12.1 Projektphasen . . . . .	29
12.2 Entwurfsphase . . . . .	30
12.3 Implementierungsphase . . . . .	30
<b>13 Ergänzungen</b>	<b>30</b>
<b>14 Glossar</b>	<b>30</b>

# 1 Produktübersicht

Die im Rahmen des *OSL 2* zu entwickelnde Anwendung soll es Lehrern ermöglichen, Schülern die Grundlagen von physikalischen Messtechniken zu vermitteln (siehe Kapitel 2). Demzufolge kommt die Anwendung in Schulen zum Einsatz. Die Zielgruppe sind Schüler in der siebten Klasse aufwärts (siehe Kapitel 3). Die Anwendung läuft in einer JVM und erhält Messwerte von *Sensoren* (siehe Kapitel 4). Die hardwarenahe Ansteuerung der Sensoren soll durch das bereits vorhandene Softwarepaket *PhyPiDAQ* erfolgen. (siehe Kapitel 9). Detaillierte funktionale und nicht funktionale Anforderungen sind in Kapitel 5 bzw. 7 aufgelistet. Die Anwendung soll über eine *Grafische Benutzeroberfläche*, mit Maus und Tastatur, bedient werden. (siehe Kapitel 10).

## 2 Zielbestimmung

Die Anwendung soll es Lehrern ermöglichen, Schülern ab der siebten Klasse Grundkenntnisse der digitalen Messwerterfassung in einer für Schüler interessante und motivierenden Weise näher zu bringen. Dabei werden aus didaktischer Sicht überflüssige technische Details wie z. B. die zum Auslesen der Sensoren notwendigen Protokolle vor dem Schüler verborgen. Der Schüler wird so nicht überfordert, sondern soll ermutigt werden, selbstständig mit der Software umzugehen. Dabei kann er im spielerischen Umgang mit Versuchsaufbauten Prinzipien der digitalen Messtechnik wie z. B. Kaskadierung und natürlich auch das Grundprinzip von Ursache und Wirkung erfahren.

Es wird eine graphische Oberfläche angeboten, die es dem Schüler ermöglicht, allein per Drag and Drop eine Messanordnung zu erstellen. Überflüssige Details, die dahinter stecken, bleiben vor dem Schüler verborgen. Die Anwendung motiviert den Schüler dazu, mit Sensoren, Transformationen und Darstellungen zu spielen und Dinge auszuprobieren. Dabei wird ihm durch eine intuitive Status- und Fehleranzeige gezeigt, ob seine Konstruktion funktioniert. Wenn nicht, dann zeigt sie ihm an, wo das Problem liegt und warum es nicht funktioniert. Eine lästige Fehlersuche soll dem Schüler weitestgehend erspart bleiben.

Außerdem liefert die Anwendung dem Schüler zu den vorhandenen Bausteinen und zu der Anwendung allgemein die nötigen Informationen, die er für die Nutzung braucht. Dabei wird auf ein ausführliches Tutorial am Anfang verzichtet. Die Anwendung liefert die Informationen häppchenweise durch Informationsanzeigen an den jeweilig relevanten Stellen. Damit findet der Schüler die Hilfe, die er sucht, an der Stelle, an der er sie braucht.

Die Anwendung ermöglicht es dem Lehrer vor dem Unterricht, eine Reihe von Messversuchen teilweise oder ganz zu konfigurieren und zu speichern. Dabei kann er genau bestimmen, was er den Schülern zeigen will. Diese Konfigurationen kann er dann schnell und einfach im Unterricht zum Einsatz bringen.

Weiter ermöglicht es die Anwendung, dass Schüler aus höheren Klassen mit mehr Details der digitalen Messwerterfassung zusammen gebracht werden. Diese nutzen keine oder nur eine abstrakt bzw. lückenhaft vorgefertigte Konfiguration. Sie können dann auch selbst einen Baustein modifizieren oder erstellen. Trotz des höheren Detailgrads bleibt die Anwendung übersichtlich und strukturiert. Damit bleiben auch komplexere Messversuche für den Schüler motivierend.

Die Anwendung ist als Bindeglied zwischen PhyPiDAQ und dem Nutzer zu verstehen. Sie ermöglicht dem Nutzer, über eine übersichtliche, strukturierte und intuitive GUI sowie über eine einfache Bedienung die Nutzung eines *Raspberry Pi* mit PhyPiDAQ. Dadurch soll dem Schüler digitale Messwerterfassung, Physik und auch Informatik in einer motivierenden Weise näher gebracht werden. Womöglich kann die Anwendung den Schüler auch für diese Themen begeistern.

Im Folgenden werden *Musskriterien*, *Sollkriterien* und *Wunschkriterien* zur Abnahme des projektierten Softwareprodukts definiert. Während der Entwicklung wird ihre Umsetzung mit hoher, mittler und niedriger Priorität betrieben.

## 2.1 Musskriterien

- Datenhandhabung
  - Der Benutzer kann Ergebnisse aus einer Messung speichern und laden.
  - Der Benutzer kann gleichzeitig Daten aus einer Messung darstellen und diese Daten auch weiter verwenden.
  - Der Benutzer kann eine *Messkonfiguration* speichern und laden. Gespeicherte Daten beinhalten die grafische Anordnung der Konfigurationsbausteine.
- Benutzbarkeit der GUI
  - Die Anwendung reagiert auf jede Benutzereingabe innerhalb von zwei Sekunden. Benötigt die Anwendung zur Reaktion auf eine Benutzereingabe länger als zwei Sekunden, so präsentiert sie dem Benutzer fortlaufend mindestens ein Mal pro Sekunde ein möglichst aussagekräftiges Zwischenergebnis, mindestens in Form eines Fortschrittsbalkens. Nach Ablauf eines einstellbaren Ti-

meouts präsentiert die Anwendung eine möglichst aussagekräftige Fehlermeldung. Benötigt die Bearbeitung einer Benutzereingabe länger als 2 Sekunden, so hat der Benutzer die Möglichkeit, den Bearbeitungsvorgang abubrechen.

- Beim Entwurf einer Messkonfiguration soll der Benutzer die von ihm beabsichtigten Aktionen per Drag and Drop anstoßen können. Dies betrifft beispielsweise das Hinzufügen eines Konfigurationsbausteins oder das Erstellen einer Kante vom Ausgang eines Bausteins mit dem Ausgang Baustein eines anderen Bausteins.
- Die grafische Benutzungsschnittstelle sollte möglichst barrierefrei sein. Beispielsweise sollte sie variable Darstellungsgrößen anbieten. Die Semantik sollte auch für Benutzer mit Farberkennungsschwächen ohne Probleme zu erkennen sein.
- Die Anwendung sollte sich ungefähr mit dem Wissen eines Schülers aus der siebten Klasse bedienen lassen.

- Funktionen

- Die Anwendung erhält Daten durch den Raspberry Pi mit PhyPiDAQ oder aus einer Datei und kann diese dann transformieren und darstellen.
- Die Anwendung enthält vorgefertigte Standardelemente, wie z.B. to do
- Die Anwendung enthält vorgefertigte Standardkonfigurationen.

- Information und Rückmeldung

- Ist ein verwendeter Sensor nicht angeschlossen oder fehlerhaft, meldet die Anwendung dies über eine Pop-Up-Nachricht.
- Die Anwendung enthält Erklärungen und Informationen zu den einzelnen Komponenten, d.h. zu den Sensoren, Transformationen und Darstellungen.
- Die Anwendung enthält Erklärungen und Informationen zu den GUI-Bereiche, d.h. zu dem Auswahlbereich der Komponenten, zu dem Messversuchsbereich und zu dem Anzeigebereich.
- Falls nicht alle Kanäle verbunden sind, meldet die Anwendung dies dem Benutzer mit einer Fehlermeldung, falls dieser versucht die Messung zu starten.

- Sonstiges

- Die Benutzungsoberfläche bietet als Sprache mindestens Deutsch an und muss leicht um weitere Sprachen ergänzt werden können. Sobald die Anwendung mehr als eine Sprache anbietet, kann der Benutzer die GUI von einer Sprache auf eine andere umstellen.
- Die Anwendung soll auf die Unterstützung neuer Sensoren erweiterbar sein.
- Die Anwendung hält die Schulrichtlinie „to do“ ein.

## 2.2 Sollkriterien

- Die Anwendung soll auf die Erstellung eigener Transformationen erweiterbar sein.
- Die Anwendung soll auf andere Sprachen erweiterbar sein.
- Die Anwendung soll allein auf dem Raspberry Pi laufen können.
- Farbkodierung der GUI-Elemente
- Einfache Erweiterbarkeit

Einheitliches Interface für Sensoren

## 2.3 Wunschkriterien

- Übertragung der Messdaten über Netzwerkschnittstelle
- Spiele, „nachmachen“ von vorgegebenen Messergebnissen
- Ausführliche Beschreibung der physikalische Hintergründe

## 2.4 Abgrenzungskriterien

- Unterschiedliche Benutzerkonten sind nicht zu implementieren
- Die zu erstellende Anwendung sieht keinerlei Erfassung oder Speicherung personenbezogener Nutzerdaten vor. Der Einsatz der Software erfordert dementsprechend keine Einverständniserklärung der Nutzer gemäß europäischer *DSGVO*.

## 3 Produkteinsatz

### 3.1 Anwendungsbereiche

Die Anwendung ist für die Verwendung in Schulklassen ab der 7. bis zu 10. Klasse für Schüler und Lehrer im Physikunterricht konzipiert. Ebenfalls soll die Anwendung in Physikprojekten, sowie *Science Labs* verwendet werden können. Als *Open Source Projekt* im Rahmen des OSL 2 steht die Anwendung jedoch jedem Interessierten zur Verwendung und Weiterentwicklung zur Verfügung.

### 3.2 Zielgruppe

Die Zielgruppen sind hauptsächlich Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht, welche die Anwendung verwenden, um erste eigene Messungen durchzuführen. Das Ziel ist es den Schülern erste Einblicke in Messtechniken und Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung zu zeigen. Die Anwendung soll ebenfalls nicht nur von physikbegeisterten Schülern verwendet werden können, sondern auch für Schüler ohne ein großes Vorwissen in der Physik und Messtechniken eine interessante Plattform zu bieten, welche einfach zu verwenden ist.

### 3.3 Betriebsbedingungen

Die Anwendung läuft auf gewöhnlichen Schulcomputern, welche über eine USB-Schnittstelle mit einem Raspberry Pi verbunden sind, auf welchem das Programm PhyPiDAQ läuft. Über das PhyPiDAQ werden die an das Raspberry Pi angeschlossenen Messsensoren adressiert, welche die Messdaten wiederum über das Raspberry Pi an die am Computer laufende Anwendung schicken.

## 4 Produktumgebung

Die Anwendung läuft auf einem Computer, die Messdaten werden über Sensoren an einem Raspberry Pi erfasst.



## 4.1 Software

Die Anwendung läuft auf Computern mit den Betriebssystemen Linux ab Kernel 7 und Microsoft Windows ab Windows 7 oder neuer. Die Anwendung muss auf dem Computer vollständig installiert sein.

## 4.2 Hardware

Die Anwendung läuft auf gewöhnlichen Computern, welche für den generellen Einsatz in der Schule gedacht sind. Die enthaltenen Komponenten sollten beispielsweise ein aktueller 4-Kern-Prozessor, 8 GB RAM, mindestens 256 GB Speicherplatz sein. Schnittstellen für USB, LAN und WLAN sind ebenfalls erforderlich. Auf dem per USB-Schnittstelle verbundenen Raspberry Pi muss PhyPiDAQ installiert und verwendungsfähig sein. Die an den Raspberry Pi angeschlossenen Messsensoren müssen richtig und sinnvoll angeschlossen sein.

## 4.3 PhyPiDAQ

Bei PhyPiDAQ<sup>1</sup> handelt es sich um eine Anwendung zur Datenerfassung und Analyse mit einem Raspberry Pi. Diese ist nicht Bestandteil des Produktes, wird jedoch zur Datenerfassung und Datenverarbeitung und somit zur Funktionalität der Anwendung benötigt. Das Programm, welches in der Programmiersprache *Python 3* geschrieben ist bietet einfache und einheitliche Schnittstellen zur Verwendung der Messsensoren.

# 5 Funktionale Anforderungen

## 5.1 GUI

F010 Die Benutzer erreichen nach Öffnung der Anwendung direkt die *GUI*.

F020 Der Benutzer öffnet durch den Optionen-Knopf die Einstellungen.

F030 Der Benutzer kann durch den Datei-Knopf die Dateiverwaltung öffnen.

F040 Der Benutzer kann durch den Hilfe-Knopf das Hilfe Fenster öffnen.

---

<sup>1</sup><https://github.com/GuenterQuast/PhyPiDAQ>

### 5.1.1 Menüfeld

- F050 Der Benutzer öffnet durch den Sensoren-Knopf die Auswahl an Sensoren.
- F060 Der Benutzer öffnet durch den Transformation-Knopf die Auswahl an Transformationen.
- F070 Der Benutzer öffnet durch den Darstellungen-Knopf die Auswahl an Darstellungen.
- F080 Der Benutzer erhält durch verschiedene Farben der Konfigurationsbausteine eine visuelle Repräsentationen ihrer Komplexität.

### 5.1.2 Optional: Zusätzliche Funktionen im Menüfeld

- F090 Der Benutzer kann durch den Sensoren hinzufügen-Knopf weitere Sensoren hinzufügen.
- F100 Der Benutzer kann durch den Transformationen hinzufügen-Button weitere Transformationen hinzufügen.
- F110 Die in Transformationen in F100 sollen in eigenen Python-Skripten geschrieben werden.

### 5.1.3 Konfigurationsfeld

- F120 Durch *Drag-and-Drop* kann der Benutzer Konfigurationsbausteine im Konfigurationsfeld platzieren.
- F130 Durch Betätigen des Messung starten-Knopf startet der Nutzer eine Messung.

### 5.1.4 Darstellungsfenster

- F140 Das Darstellungsfenster ist bei der Initialisierung der Anwendung leer.
- F150 Durch die glsBenutzerkonfiguration im Konfigurationsfeld wird durch F090 automatisch die Darstellungsart im Darstellungsfenster geöffnet.

## 5.2 Konfigurationserstellung

- F160 Über F030 kann der Benutzer gespeicherte Standardkonfigurationen öffnen oder alte Messwerte verwenden.
- F170 Durch F160 geladene Konfigurationen und Messdaten werden automatisch nach Format überprüft.
- F180 Aus F050 kann der Benutzer Sensoren durch Drag-and-Drop in das Konfigurationsfeld ziehen.
- F190 Die Anwendung sollte automatisch überprüfen, ob der ausgewählte Sensor richtig angeschlossen ist.
- F200 Die Anwendung gibt durch F190 automatisch eine visuelle Rückmeldung über die Farbe des Sensors und einer Pop-Up Benachrichtigung.
- F210 Aus F060 kann der Benutzer eine oder mehrere Transformationen durch Drag-and-Drop in das Konfigurationsfeld ziehen.
- F220 Die ausgewählten Transformationen kann der Benutzer mit einem ausgewählten Sensor verknüpfen.
- F230 Die Anwendung sollte automatisch überprüfen, ob die Transformationen eine geeignete Kombination mit dem Sensor darstellt.
- F240 Aus F070 kann der Benutzer eine Darstellungsart per Drag-and-Drop in das Konfigurationsfeld zu ziehen.
- F250 Die Ausgewählte Darstellung kann der Benutzer mit einer Transformation verknüpfen.
- F260 Die Anwendung sollte automatisch überprüfen, ob die gewählte Darstellungsart eine sinnvolle Repräsentation der Messdaten darstellt.
- F270 Über F030 kann der Benutzer seine eigene Konfiguration über einen Konfiguration speichern-Knopf speichern.
- F280 Bausteine die ein Benutzer nicht mehr in dem Konfigurationsfeld haben möchte können durch Drag-and-Drop in die Menüleiste wieder versteckt werden.

### **5.2.1 Optional: Weiterentwicklung der Konfigurationserstellung**

- F290 Die Anwendung besitzt einen Check-Knopf, welcher die Messkonfiguration auf Vollständigkeit und Richtigkeit kontrolliert
- F300 Durch F290 wird durch visuelle Darstellung der Konfiguration dargestellt, ob sie verwendet werden kann.

## **5.3 Messablauf**

- F310 Der Nutzer kann in den Optionen, die Messlänge und die Wertebereiche festlegen.
- F320 Der Nutzer kann durch F130 die Messung nach der glsBenutzerkonfiguration starten.
- F330 Durch F320 wird automatisch mit der visuellen Darstellung der Messdaten begonnen.
- F340 Der Nutzer kann durch den Messung Messung löschen-Knopf eine durchgeführte Messung pausieren und die visuelle Darstellung auf den Ausgangszustand bringen.
- F350 Durch F340 wird nicht die glsBenutzerkonfiguration gelöscht.
- F360 Durch F340 muss der Benutzer erst die Messung starten um weiter zu messen.
- F370 Der Benutzer kann durch den Messung pausieren-Knopf die Messung pausieren.
- F380 Der Benutzer kann durch den Messung-fortsetzen-Knopf die Messung fortsetzen.
- F390 Der Benutzer kann eine Messung durch F380 nur fortsetzen, wenn sie zuvor durch F370 pausiert wurde.
- F400 Der Benutzer kann durch den Messdaten speichern-Knopf die gemessenen Daten speichern.
- F410 Der Benutzer kann durch den Graph speichern-Knopf den durch die Messung erzeugten Graphen speichern.
- F420 Bei F400 und F410 öffnet sich automatisch das Verzeichnis und der Nutzer muss einen eigenen Dateinamen eingeben und speichern.

## **5.4 Fehlermeldungen**

- F430 Durch F170 geladene Konfigurationen und Messdaten werden automatisch nach Format überprüft und eine aussagekräftige Fehlermeldung zurückgegeben.
- F440 Durch F240 und F270 wird bei einer ungültigen Kombination von zwei Konfigurationsbausteinen eine aussagekräftige Fehlermeldung zurückgegeben
- F450 Die Anwendung sollte dem Benutzer automatisch durch Pop-Up Benachrichtigung darauf hinweisen, dass bei Betätigen des Messung löschen-Button oder bei Schließen der Anwendung die Messdaten ohne vorheriges Betätigen des Messdaten speichern-Button verloren gehen.
- F460 Die Anwendung sollte dem Benutzer eine aussagekräftige Fehlermeldung zurückgeben, falls es zu einem Datenabbruch der Messdaten kommt.

## **5.5 Bedienungshilfen**

- F470 Bei enthaltenen Konfigurationsbausteine sollen einen Information-Knopf besitzen, über welche der Benutzer Informationen und Hilfestellung bereitgestellt bekommt.
- F480 Über den Hilfe-Knopf erhält der Nutzer eine kurze Beschreibung zur Funktionalität der Anwendung.

## **5.6 Sprache**

- F490 Die Anwendung ist in deutscher Sprache.

### **5.6.1 Optional: Internationalisierung**

- F500 Die Anwendung stellt dem Benutzer weitere Sprachpakete für die GUI zur Verfügung.
- F510 Durch F020 ist die Sprache für den Nutzer änderbar.

## 5.7 Sonstiges

F520 Die in der Anwendung enthaltenen Farben sollten mit Rücksicht auf Benutzer mit Rot-Grün Schwäche oder Farbenblindheit ein barrierefreies Verwendung der Anwendung ermöglichen.

### 5.7.1 Optional: Sonstiges

F530 Durch F020 sollte der Benutzer die in der Anwendung verwendeten Farben ändern können.

F540 Durch F020 sollte der Benutzer die in der Anwendung verwenden Buchstabengröße verändern können.

## 6 Produktdaten

Zu speichern sind ausschließlich:

- Konfigurationsdaten
- Physikalische Messdaten

Es sollen keine benutzer- oder personenbezogenen Daten gespeichert werden.

## 7 Nichtfunktionale Anforderungen

### 7.1 Produktleistungen

NF010 Auslesen von Sensordaten innerhalb von (?) ms. //TODO PhyPiDAQ Abhängigkeit

NF015 Alle (5?) ms können neue Daten angefordert werden.

NF020 Verarbeitung ausgelesener Daten innerhalb von 10 ms.

NF030 Bis zu drei Sensoren können zeitgleich verwendet werden.

NF040 Bis zu (6?) Transformationen können hintereinander verbunden werden.

NF050 Bis zu (3?) Senken können zeitgleich verwendet werden.

## **7.2 Benutzbarkeit**

NF110 Die Benutzeroberfläche ist für Siebtklässler verständlich.

NF115 Nicht intuitiv verständliche Funktionen werden dem Benutzer erklärt.

NF120 Ungespeicherte Daten werden nicht ohne Warnung verworfen.

NF130 Programmfehler werden dem Benutzer gegenüber klar kommuniziert.

NF140 Schriftgröße von Text kann verändert werden.

NF150 Farbschema von farbigen UI-Elementen ist veränderbar.

NF160 Die Sprache der Benutzeroberfläche kann verändert werden.

## **7.3 Zuverlässigkeit**

NF210 Die Anwendung reagiert konsistent auf Eingaben.

NF220 Korrekte Bedienung und Eingaben führen exakt zu den erwarteten Effekten.

NF230 Unerwartete und fehlerhafte Eingaben führen nicht zum Systemabsturz.

NF240 Verbindungsverlust von Sensoren führt nicht zum Systemabsturz.

NF250 Unerwartete Sensordaten (z.B. außerhalb eines eingestellten Wertebereichs) führen nicht zum Systemabsturz.

## **7.4 Sonstige**

NF310 Die Software ist vollständig quelloffen und frei.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup><https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.de.html>

NF320 Die Software ist einfach erweiterbar durch Außenstehende.

NF400 Die Datenschutz-Grundverordnung wird nicht verletzt.

## 8 Globale Testfälle und Testszenarien

### 8.1 Einführung

In diesem Kapitel werden einige Testfälle zur Benutzung der Anwendung und zur Handhabung von Fehlern dargestellt. Zum besseren Verständnis werden noch einmal einige verwendete Begriffe und der generelle Ablauf einer Nutzung erläutert. Die Anwendung bezeichnet die gesamte in diesem Projekt erstellte Software. Sie benutzt Konfigurationen um einen Versuchsaufbau zu modellieren. Eine Konfiguration besteht aus Bausteinen (Sensor, Transformation, Darstellung / Senke) und deren Verbindungen untereinander. Die Bausteine können selbst wieder eingestellt werden. Die Konfigurationen werden in der Konfigurationsfläche erstellt. Außerdem können sie geladen und gespeichert werden. Eine (Mess-)Konfiguration muss vor der eigentlichen Benutzung „erstellt“ werden. Beim Erstellen überprüft die Anwendung, ob eine gültige Konfiguration vorliegt. Ist die Konfiguration erstellt, kann sie als Messung gestartet werden. Um die resultierenden Daten und Graphen zu speichern, muss die Messung gestoppt werden.

### 8.2 Testfälle zur Nutzung der Anwendung

T010 Starten der Anwendung und Hilfe

**Testziel:** Teste das Verhalten der Anwendung aus der Sicht eines Benutzers, der diese zum ersten Mal verwendet.

**Vorbedingung:** Die Anwendung ist installiert. Zu Sehen ist der Desktop des Benutzers mit einer Verknüpfung zur Anwendung.

**Aktion:** Der Benutzer öffnet die Anwendung über die Verknüpfung. Danach informiert er sich über die Anwendung über die Hilfe in der Systemleiste.

**Reaktion:** Die Anwendung öffnet sich. Zu Sehen ist das Hauptfenster mit leerer Konfigurationsfläche und leeren Darstellungen. Nach dem Öffnen der Hilfe, sieht der Benutzer die nötigen Informationen zur Bedienung der Anwendung.



**Nachbedingung:** Nach dem öffnen der Anwendung, überprüft diese, ob ein Raspberry Pi angeschlossen ist. Jeder dargestellte Text ist auf Deutsch.

**Ergebnis:** Der Benutzer kann die Anwendung starten. Die Bedienung der Anwendung ist komplett auf Deutsch möglich.

**Wichtige abgedeckte Funktionale Anforderungen, die noch nicht abgedeckt wurden:** F010 erreiche GUI nach Start, F140 leere Darstellung nach Anwendungsstart, F480 Hilfe zu Anwendung, F490

#### T020 Starten der Demo

**Testziel:** Teste das Verhalten der Anwendung beim Ausführen der Demo. Die Demo nutzt Daten aus einer Datei und benötigt keinen angeschlossenen Raspberry Pi.

**Vorbedingung:** Die Anwendung ist gestartet worden. Zu Sehen ist das offene Hauptfenster mit leerer Konfigurationsfläche.

**Aktionen:** Der Benutzer öffnet die Konfigurationsdatei der Demo mit Hilfe der Ladefunktion der Systemleiste. Sobald die Konfiguration geladen ist, erstellt der Benutzer den Messversuch und startet ihn danach.

**Reaktionen:** Nach dem Laden ist die Konfiguration in der Konfigurationsfläche sichtbar. Nach dem Starten der Messung sieht der Benutzer wie die Daten im Graph dargestellt werden.

**Nachbedingung:** Die Anwendung ist offen. Eine gültige Konfiguration ist in der Konfigurationsfläche geladen. Die Messung läuft ohne Fehler und die Ergebnisse werden richtig dargestellt.

**Ergebnis:** Die Anwendung kann eine Konfiguration, die nur Daten aus einer Datei benötigt, problemlos ohne angeschlossenen Raspberry Pi durchführen.

**Wichtige abgedeckte Funktionale Anforderungen, die noch nicht abgedeckt wurden:** F130 Starten einer Messung, F160 Laden einer Konfiguration

#### T030 Lehrer erstellt und speichert eine Konfiguration

**Testziel:** Teste eine typische Verwendung der Software anhand des gegebenen Szenarios. Dabei wird das Erstellen, Verändern und Speichern einer Konfiguration getestet.

**Vorbedingung:** Die Anwendung ist gestartet und es liegt keine Konfiguration vor. Die Anwendung hat Zugriff auf einen laufenden Raspberry Pi mit PhyPiDAQ. Die Sensoren die verwendet werden sollen sind ordnungsgemäß angeschlossen.

**Aktionen:** Der Lehrer zieht zwei angeschlossene Sensoren und eine Transformation in die Konfigurationsfläche. Danach ändert er einige Einstellungen an der Konfiguration. Das Ergebnis speichert er über die Systemleiste als Konfigurationsdatei.

**Reaktion:** Nach jedem hinzufügen eines Sensors oder einer Transformation, wird an der entsprechenden Stelle das jeweilige Icon sichtbar. Nach dem Speichern der Konfiguration sieht der Lehrer die erstellte Datei.

**Nachbedingung:** Die Anwendung prüft beim Hinzufügen eines Sensor-Icons, ob der Sensor angeschlossen ist. Die Anwendung speichert die angepassten Einstellungen, sofern sie gültig sind. Die Konfigurationsdatei wird erstellt, unabhängig ob die Konfiguration vollständig oder gültig ist.

**Ergebnis:** Die Anwendung kann eine Konfiguration als Datei speichern und prüfen, ob ein Sensor angeschlossen ist.

**Wichtige abgedeckte Funktionale Anforderungen, die noch nicht abgedeckt wurden:** F180 füge Sensor hinzu, F190 prüfe ob Sensor angeschlossen, F210 füge Transformation hinzu, F270 speichere Konfiguration, F310 Einstellungen Konfiguration

T040 Schüler bearbeitet Aufgabe

**Testziel:** Teste die Anwendung aus Sicht eines Schülers, der eine Aufgabe bearbeiten soll.

**Vorbedingung:** Die Anwendung ist gestartet und es liegt keine Konfiguration vor. Die Anwendung hat Zugriff auf einen laufenden Raspberry Pi mit PhyPiDAQ. Die Sensoren die verwendet werden sollen sind ordnungsgemäß angeschlossen.

**Aktionen:** Der Schüler lädt über die Systemleiste die Konfiguration der Aufgabe. Danach informiert er sich über die Sensoren, Transformationen und Darstellungen über die Hilfestellungen neben den Icons. Als Nächstens vollendet er die Konfiguration. Dann wird sie erstellt.

**Reaktionen:** Nach dem Laden sieht der Schüler die Konfiguration in der Konfigurationsfläche. Wenn der Schüler die Hilfe-Icons aufruft, bekommt er

die wesentlichen Informationen die er zur Verwendung der Anwendung braucht. Weiter sieht er, wie sich die graphische Darstellung der Konfiguration durch seine Aktionen verändert.

**Nachbedingung:** Die Anwendung prüft beim Laden der Konfiguration, ob die Sensoren angeschlossen sind. Weiter prüft sie, ob die Konfiguration beim Erstellen gültig ist.

**Ergebnis:** Der Benutzer kann Konfigurationen laden, diese verändern und durch das Erstellen auf Gültigkeit prüfen.

**Wichtige abgedeckte Funktionale Anforderungen, die noch nicht abgedeckt wurden:** F240 füge Darstellung, F470 Hilfe Bausteine, TODO Erstellen Konfiguration

T050 Schüler startet Messung und speichert Ergebnisse

**Testziel:** Teste die Anwendung aus Sicht eines Schülers, der Messung starten und deren Ergebnisse speichern soll.

**Vorbedingung:** Die Anwendung ist gestartet und es ist die in T040 erstellte Konfiguration geladen und erstellt worden.

**Aktionen:** Der Schüler startet die Messung. Während der Messung beeinflusst er die Daten durch einen Sensor. Am Ende der Messung speichert der Schüler den resultierenden Graphen und die Werte als Dateien ab.

**Reaktionen:** Nach dem Starten, sieht er, wie die Daten als Graphen dargestellt und diese durch seine Aktionen verändert werden. Die Ergebnisse der Messung sieht er nach dem Speichern als erstellte Dateien.

**Nachbedingung:** Während die Messung läuft, werden die Daten verarbeitet und dargestellt unabhängig davon, ob der Schüler sie durch den Sensor beeinflusst. Die Ergebnisse sind zum Speichern verfügbar, sobald die Messung angehalten wurde.

**Ergebnis:** Der Benutzer die Messung einer gültigen Konfiguration starten. Die Ergebnisse kann er als Graphen oder als Werte speichern.

**Wichtige abgedeckte Funktionale Anforderungen, die noch nicht abgedeckt wurden:** F F320 Starte Messung, F330 stelle Ergebnisse dar, F400 speichere Messdaten, F410 speichere Messgraph

### 8.3 Testfälle zur Handhabung von Fehlern

#### T200 Laden einer ungültigen Datei als Konfiguration

**Testziel:** Teste das Verhalten der Anwendung beim Laden von ungültigen Konfigurationsdateien.

**Vorbedingung:** Geöffnete Anwendung.

**Aktionen:** Der Benutzer öffnet den Dialog zum Laden einer Datei über die Systemleiste und wählt eine Datei mit ungültigem Format zum Laden aus.

**Reaktionen:** Eine Fehlermeldung wird ausgegeben.

**Nachbedingung:** Die Anwendung überprüft, ob die Datei ein gültiges Format hat und verhindert das Laden von ungültigen Formaten.

**Ergebnis:** Die Anwendung kann beim Laden von Konfigurationen zwischen gültigen und ungültigen Dateiformaten unterscheiden und entsprechend reagieren.

**Wichtige abgedeckte Funktionale Anforderungen, die noch nicht abgedeckt wurden:** F430 überprüfe Format bei Laden

#### T210 Erstellen einer ungültigen Messkonfiguration

**Testziel:**

**Vorbedingung:** Das Hauptfenster der Anwendung ist geöffnet. Die verwendeten Sensoren sind angeschlossen.

**Aktionen:** Der Benutzer konstruiert eine Konfiguration aus zwei Sensoren, einer Transformation und einer Darstellung. Allerdings verbindet er die Darstellung nicht mit dem Rest der Konstruktion und erstellt die Messkonfiguration.

**Reaktionen:** Eine Fehlermeldung wird ausgegeben. Die Anwendung bleibt offen.

**Nachbedingung:** Die Anwendung überprüft beim Erstellen der Messkonfiguration, ob diese gültig ist.

**Ergebnis:** Die Anwendung kann beim Erstellen zwischen gültigen und ungültigen Konfigurationen unterscheiden und entsprechend reagieren

**Wichtige abgedeckte Funktionale Anforderungen, die noch nicht abgedeckt wurden:** TO DO

T220 Entfernen eines Sensors bei laufender Messung

**Testziel:** Teste das Verhalten der Anwendung, wenn ein Sensor ausfällt und dessen Datenstrom abbricht.

**Vorbedingung:** Die Anwendung ist geöffnet. Alle verwendeten Sensoren sind angeschlossen und betriebsbereit. Eine Messkonfiguration aus zwei Sensoren, einer Transformation und einer Darstellung wurde geladen und erstellt.

**Aktionen:** Der Benutzer startet die Messung. Aus einem unbekannten Grund wird die Verbindung zu einem Sensor getrennt.

**Reaktionen:** Die Messung stoppt. Eine Fehlermeldung wird ausgegeben.

**Nachbedingung:** PhyPiDAQ verliert die Verbindung zu einem Sensor und sendet keine Daten mehr an die Anwendung. Die Anwendung stürzt nicht ab, sondern gibt eine Fehlermeldung aus.

**Ergebnis:** Die Anwendung kann mit dem ungewollten Verlust eines Datenstroms umgehen ohne einen Absturz.

**Wichtige abgedeckte Funktionale Anforderungen, die noch nicht abgedeckt wurden:** F460 Melde Abbruch des Datenstrom

## 9 Systemmodelle

Das projektierte Gesamtsystem wird aller Voraussicht nach drei Systemprozesse benötigen, die wie in Abbildung 1 dargestellt, miteinander Daten austauschen.

Einer dieser drei Systemprozesse hostet die Java-Virtual-Machine, auf der die zu erstellende Hauptkomponente läuft. Diese enthält die grafische Benutzungsoberfläche, die im Wesentlichen die Erstellung der Werte verarbeitenden Messkonfiguration ermöglicht, und die auch deren Betrieb darstellen kann.

Zum Ansteuern und Auslesen der Sensoren auf dem Raspberry Pi wird das auf Python basierende Framework PhyPiDAQ bereitgestellt. Dieses unterstützt bereits eine ganze Reihe von Sensoren zur Messung diverser physikalischer Größen der Mechanik, Thermodynamik und Elektrodynamik. Da der Python-Interpreter im Allgemeinen nicht im selben Systemprozess wie die Java-Virtual-Machine ausgeführt werden kann, wird für diesen ein zweiter Systemprozess benötigt.

Um Ressourcenknappheit auf dem Raspberry Pi aus dem Weg zu gehen, aber auch zur Vereinfachung von Entwicklung und Demonstration, soll die Hauptkomponente nicht zwingend ebenso auf dem Raspberry Pi ausgeführt werden müssen.

Falls denn nun die Hauptkomponente tatsächlich auf einem anderen Rechner ausgeführt werden sollte, so muss sie mit dem Python-Interpreter hardware- bzw. plattformübergreifend Daten austauschen können. Bisher stellt PhyPiDAQ hierfür jedoch keine Funktionalität zur Verfügung.

Zur Realisierung der hardwareübergreifenden Kommunikation sind die folgenden zwei Lösungsvarianten denkbar:

- PhyPiDAQ wird um eine Kommunikationsschnittstelle erweitert, beispielsweise zur Kommunikation über eine Netzwerkschnittstelle wie z. B. WLAN oder zur Kommunikation über eine Peripheralschnittstelle wie z. B. USB.

Da bei letzterer Variante die Utility-Softwarekomponente zusätzlich auch noch eine Überwachungsfunktion bezüglich PhyPiDAQ übernehmen und dieses im Falle von Abstürzen und Nicht-Responsivität erneut ausführen kann, ist letztere Lösungsvariante die bevorzugte Lösungsvariante zur Realisierung der optionalen hardwareübergreifenden Kommunikation.

Abbildung 1 stellt die Verteilung der Systemkomponenten auf zwei Rechnern mittels der gewählten zweiten Lösungsvariante dar, und benennt die notwendige Utility-Komponente mit "Measurement-Server".

## 10 Benutzungsoberfläche

### 10.1 Ziel der Benutzeroberfläche

Das Ziel der Benutzeroberfläche ist es dem Anwender eine intuitive Benutzung des Programmes zu ermöglichen. Da das Programm im Schulbetrieb eingesetzt werden soll ist

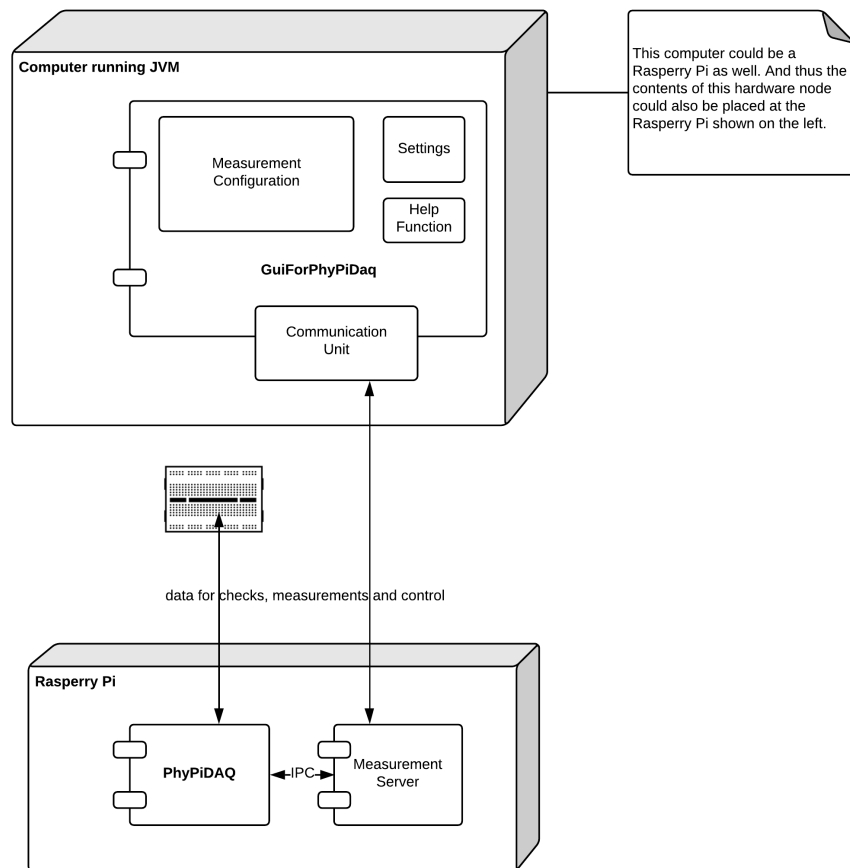


Abbildung 1: UML-Deployment-Diagramm

eine gute Verständlichkeit wichtig. So soll auch eine lange Einarbeitungszeit für den Anwender vermieden werden. Dabei soll keine Funktionalität verloren gehen.

## 10.2 Generell

Um die Ziele zu erfüllen wird das Programm über eine Grafische Benutzeroberfläche (kurz "GUI") bedient. Der Anwender soll in der Lage sein bereits vorhandene Computer und Mobile-Device Kenntnisse zu nutzen.

## 10.3 Eingabebegeäte

Die GUI ist überwiegend für die Bedienung durch die Maus ausgelegt. Dabei werden überwiegend folgende Aktionen verwendet:

- *Click*
- Drag-and-Drop

Eine Tastatur wird benötigt um weitergehende Einstellungen, wie etwa das anpassen einer Option, zu ermöglichen.

## 10.4 Überblick

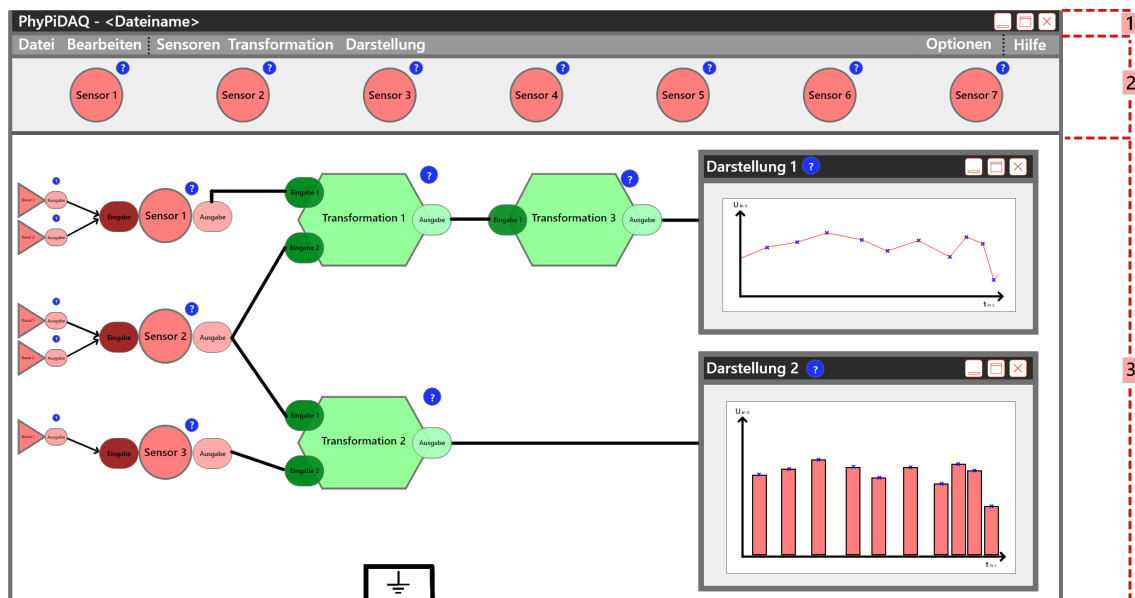


Abbildung 2: Der Grundlegende Aufbau der Hauptbenutzeroberfläche

Abbildung 2 zeigt den Aufbau der Grafischen Benutzeroberfläche. Dabei geben die Zahlen in den roten Kästchen, rechts von dem Programmfenster, die logische Unterteilung an.

Die zu dem jeweiligen Teil gehörenden Elemente sollen im folgenden erklärt werden.



## 10.5 Die einzelnen Teile

### 10.5.1 Systemmenüleiste



Der Name des Programmes wird hier angezeigt. Rechts daneben steht, sofern vorhanden, der Name der Datei, die gerade geöffnet ist.



Das "Maximieren"-Symbol vergrößert das Programmfenster auf die maximale Größe. Die Größe ist von der Benutzungsumgebung abhängig.



Das "Minimieren"-Symbol blendet das Programmfenster aus. Es ist weiterhin geöffnet und wieder aufrufbar.



Das "Schliessen"-Symbol beendet die Anwendung. Vor dem Beenden findet eine Abfrage statt, ob der Anwender eventuell vorgenommene Änderungen speichern möchte.



## 10.5.2 Auswahl

### Datei

Unter dem Reiter "Datei" finden sich Optionen, die sich auf Dateien beziehen. Die wichtigsten sind:

- Das anlegen einer neuen Datei
- Das Speichern der aktuellen Datei
- Das Öffnen einer bereits erstellten Datei

### Bearbeiten

Unter dem Reiter "Bearbeiten" finden sich Optionen, die das Ändern von Inhalten der aktuell geöffneten Datei ermöglichen. Die wichtigsten sind:

- Das Kopieren eines ausgewählten Objektes
- Das Einfügen eines gespeicherten Objektes
- Das Anpassen eines ausgewählten Elements. Diese Einstellungsmöglichkeiten sind von dem Objekt abhängig.

### Sensoren

Zeigt eine Liste von Sensoren an. Die Sensoren können anschließend per Drag-and-Drop in das Konfigurationsfeld gezogen werden. Die angezeigte Liste ist unabhängig von den angeschlossenen Sensoren

### Transformation

Zeigt eine Liste von *Transformationen* an. Die Transformationen können anschließend per Drag-and-Drop in das Konfigurationsfeld gezogen werden. Die Liste kann unter Optionen erweitert werden.

### Darstellung

Zeigt eine Liste von *Darstellungen* an. Die Darstellungen können anschließend per Drag-and-Drop in das Konfigurationsfeld gezogen werden. Die Liste kann unter Optionen erweitert werden.

### Optionen

Zeigt eine Liste von Optionen an. Beispiele hierfür sind

- Das Ändern von angezeigten Farben
- Das Erweitern der Transformations- und Darstellungsliste

### Hilfe

Zeigt eine allgemeine Hilfe an. In der Hilfe werden die Funktionen von Anwendungsfunktionen erklärt.

### 10.5.3 Konfigurationsfeld



Das "Informations"-Symbol zeigt nach einem Click weiterführende Informationen zu dem Element an, zu dem es gehört. So würde beispielsweise bei einer Transformation die Funktion angezeigt werden, die sie realisiert.



Repräsentation eines Sensors, der in PhyPiDAQ erkannt werden kann. Voraussetzung hierfür ist die Existenz einer *Konfigurationsdatei*.



Die zu einem Sensor gehörende Eingabe. Die Eingabe wird nur angezeigt, wenn auch die Kanäle angezeigt werden.



Die zu einem Sensor gehörende Ausgabe. Jeder Sensor hat genau eine Ausgabe.



Der zu einem Sensor gehörende Kanal. Die Anzahl an angezeigten Kanälen hängt von dem Sensor ab. In den Optionen kann eingestellt werden, ob die Kanäle angezeigt werden.



Repräsentation einer Transformation. Abhängig von der Anzahl an Eingängen der Transformation besitzt die GUI dementsprechend viele Eingänge. Jedem Eingang können durch Einfügen von einer Verbindung Daten übergeben werden.



Die Eingabe einer Transformation. Die Anzahl der verfügbaren Eingaben hängt von der Transformation ab.



Die Ausgabe einer Transformation. Jede Transformation hat genau eine Ausgabe.



Eine Verbindung zwischen zwei Elementen. Sie besitzt eine Richtung. Daten "fließen" also nicht in beide Richtungen. Sie wird durch Klicken auf zwei Elemente erstellt. Dabei ist das Element welches zuerst geklickt wurde der Anfang der Verbindung.

## 10.6 Erweiterungsmöglichkeiten

### 10.6.1 Startbildschirm

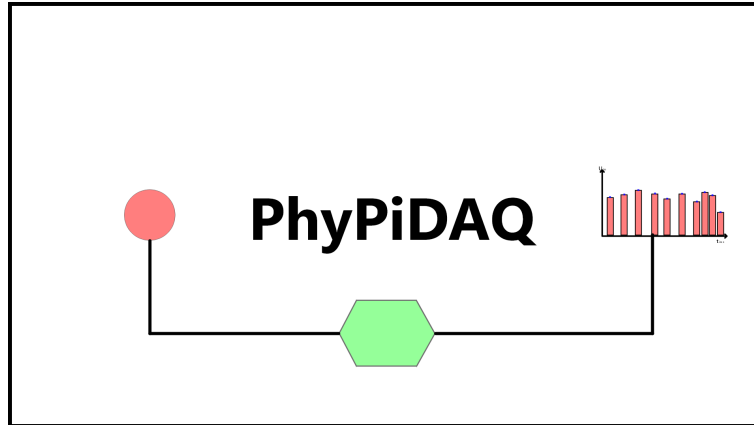


Abbildung 3: Ein Beispiel für einen Startbildschirm

Eine Erweiterungsmöglichkeit wäre das Einfügen eines Startbildschirmes vor dem Öffnen der Anwendung. Dieser ist in Abbildung 3 angedeutet.

## 11 Spezielle Anforderungen an die Entwicklungsumgebung

## 12 Zeit- und Ressourcenplanung

### 12.1 Projektphasen

Phase	Verantwortlicher	Zeitraum	Kolloquium
Pflichtenheft	Jan Küblbeck	KW 20–22	04.06.2019
Entwurf	Leon Huck	KW 23–26	02.07.2019
Implementierung	Stefan Geretschläger	KW 27–29, 31	(?)
Klausurenphase	—	KW 30, 32	—
Qualitätssicherung	David Gawron	KW 33–35	03.09.2019
Abnahme	—	KW 36	—
Abschlussprüfung	Linus Ruhnke	KW 37/38	(?)

## 12.2 Entwurfsphase

## 12.3 Implementierungsphase

# 13 Ergänzungen

# 14 Glossar

**Click** Betätigen der linken Maustaste.

**Darstellung** Gibt Daten aus eingehendem Datenstrom graphisch wieder.

**Drag-and-Drop** Methode, um mit graphischen Benutzeroberflächen zu interagieren. Dabei wird ein Objekt erst mit der Maus festgehalten und an einen anderen Ort gezogen. Durch das Lösen der Maustaste wird das Objekt platziert.

**DSGVO** Datenschutz-Grundverordnung, Verordnung der Europäischen Union vom 25. Mai 2018.

**GUI** Grafische Benutzeroberfläche (engl. Graphical User Interface).

**Konfigurationsdatei** Können das Messverhalten anpassen, beispielsweise die Anzahl der Messungen pro Zeiteinheit. Für jeden Sensor gibt es eine eigene Konfigurationsdatei..

**Messkonfiguration** Gerichteter zyklenfreier Graph mit Knoten vom Typ Sensor, Transformation oder Darstellung. Hierbei ist zu beachten, dass Sensoren keine Eingangskanten und Darstellungen keine Ausgangskanten haben dürfen..

**Musskriterien** Werden zusammen mit Soll- und Wunschkriterien bei der Abnahme eines Softwareprodukts überprüft und haben während der Entwicklung höchste Priorität. Dass ein Musskriterium in den nachfolgenden Projektphasen nicht umgesetzt wird, ist nur dann zulässig, falls unerwartet unausweichliche Probleme bei der Umsetzung auftreten. In diesem Fall ist es erforderlich, dass diese Probleme sehr genau dokumentiert werden..

**Open Source Projekt** Ein Open Source Projekt ist ein Projekt, dessen Quelltext und Dokumentationen von dritten angesehen, geändert und genutzt werden kann.

**OSL 2** Name eines Open-Source-Lehrsoftware-Labor, in welchem Studierende sich mit der Entwicklung von Open-Source-Software vertraut machen können.

**PhyPiDAQ** Siehe Abschnitt 4.3 „PhyPiDAQ“.

**Python 3** Python ist eine universelle Programmiersprache. Sie ist die offizielle Programmiersprache des Raspberry Pi und wurde deswegen zur Programmierung von PhyPiDAQ verwendet.

**Raspberry Pi** Der Raspberry Pi ist ein Einplatinencomputer. In diesem Projekt dient der Raspberry Pi als Hardwareplattform, um unterschiedliche Sensoren zu verbinden und ihre Daten auszulesen.

**Science Labs** Ein Science Lab ist ein Arbeitsplatz, welcher Schülern ermöglicht wissenschaftliche Forschungen unter kontrollierten Bedingungen durchzuführen.

**Sensor** Ein Sensor erfasst Messwerte physikalischer Größen. In einer Messkonfiguration stellen sie die Eingangspunkte dar.

**Sollkriterien** Werden zusammen mit Muss- und Wunschkriterien bei der Abnahme eines Softwareprodukts überprüft und haben während der Entwicklung mittlere Priorität. Falls ein Sollkriterium umgesetzt werden kann, dann muss es nach Möglichkeit auch realisiert werden. Falls ein Sollkriterium in den nachfolgenden Projektphasen nicht umgesetzt werden kann, so muss dies dokumentiert und begründet werden. .

**Transformation** Erzeugen eines Datenstroms unter Verwendung von einem oder mehreren bereits vorhandenen Datenströmen. Eine Transformation kann durch mathematische Funktion realisiert werden.

**Wunschkriterien** Werden zusammen mit Muss- und Sollkriterien bei der Abnahme eines Softwareprodukts überprüft und haben während der Entwicklung niedrige Priorität. Je nach Ressourcenlage können sie nach Bearbeitung aller Muss- und Kannkriterien umgesetzt werden. Falls ein Wunschkriterium nicht umgesetzt werden kann, so muss dies nicht begründet werden. .