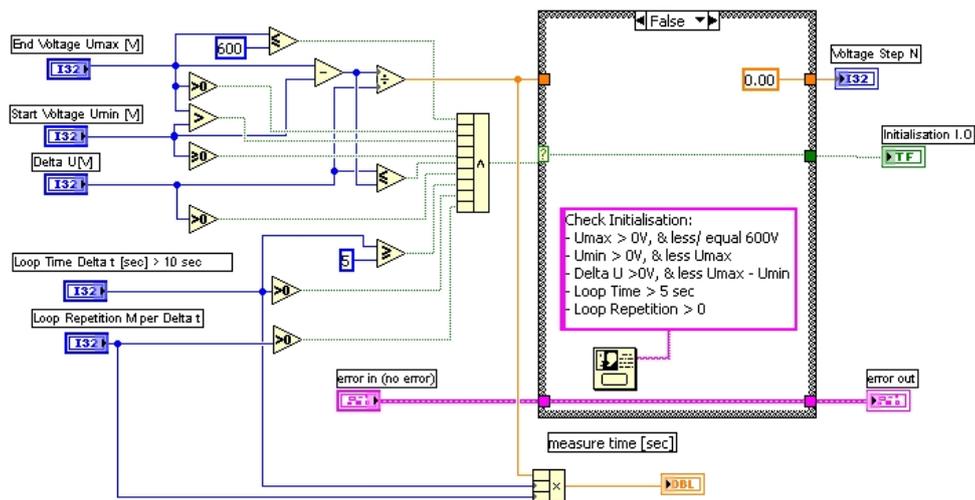


Physikalisches Institut
Universität Bern

Fortgeschrittenenpraktikum

Versuchsanleitung

Rechnergesteuerte Messtechnik



Christof Bernhard

August 2007

basierend auf der Vorlage von

Fredy Dobler

und

Roland Schärer

Vorwort

Im Rahmen einer Bachelorarbeit war es meine Aufgabe den Versuch Rechnergesteuerte Messtechnik zu reaktivieren. Ich befasste mich über einen Monat ausführlich mit den Versuchen, welche dieses Praktikum anbietet, um LabVIEW zu erlernen. Das Praktikum eignet sich hervorragend, sich mit den wichtigsten Eigenschaften der LabVIEW-Programmierung auseinander zu setzen. Denjenigen, die diesen Versuch wählen, möchte ich mitgeben, dass ich mich in der graphischen Programmierumgebung von LabVIEW zu Beginn nicht allzu heimisch fühlte. Doch nachdem ich die ersten Programme geschrieben hatte, konnte ich mit Freude feststellen, dass LabVIEW ein sehr starkes Tool ist, welches sich sehr intuitiv bedienen lässt, und dass das Programmieren damit durchaus Spass machen kann. Dieser Versuch dient nicht nur als leere Übung, da LabVIEW nahezu in allen Abteilungen des Physikalischen Institutes der Universität Bern Anwendung findet.

Die vorliegende Versuchsanleitung basiert zu einem grossen Teil auf der Version von Fredy Dobler und Roland Schärer. Deshalb möchte ich den beiden hier für ihre Vorarbeit danken. Ebenfalls möchte ich mich herzlich bedanken bei meinen Betreuern Simon Schüpbach und Urs Lauterburg, welche mir immer äusserst hilfsbereit Auskunft gaben, wenn ich nicht mehr weiter wusste.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Beschreibung der Versuchsaapparaturen	6
2.1	Messcomputer	6
2.1.1	IEEE-488 Interface Board oder GPIB Bus	6
2.1.2	National Instruments Data Acquisition Card (DAQ-Karte)	6
2.1.3	Serielle Schnittstelle RS 232C	8
2.2	Spannungsversorgung	8
2.2.1	BOP 20/20M	8
2.2.2	OPS 2000B	8
2.2.3	Witmer IC 70/2 ATE	9
2.3	Messgeräte	9
2.3.1	Keithley DMM 195/1950	9
2.3.2	Kern Counter Timer Model 150	10
3	LabVIEW Programmierung	11
4	Versuche	11
4.1	Kennlinien eines ohmschen Widerstandes	12
4.2	Kennlinie eines Geiger Müller Zählrohres	13
4.3	Messungen am Drehpendel	15
5	Schlussbemerkungen	18
	Literatur	19
A	Geräteliste	20

1 Einleitung

Die Fortschritte der Halbleiter- und Computertechnologie in den letzten Jahrzehnten ermöglichen die Entwicklung äusserst leistungsfähiger elektronischer Geräte zur Erfassung und Auswertung von Daten. Solche Instrumente können zu automatischen Mess-, Prüf- und Steuerungssystemen zusammengefasst werden, die vielseitige Anwendung in der Forschung und in der industriellen Produktion finden.

Grundsätzlich ist die Kontrolle des Ablaufs von Operationen durch ein Steuergerät für jeden Arbeitsplatz denkbar. Besonders sinnvoll ist der Einsatz solcher Systeme aber bei zeitraubenden Routineuntersuchungen, beim Erfassen grosser Datenmengen und bei der Steuerung komplexer Experimentier- und Testanlagen. Während früher die Automatisierung auf wenige Grossanwendungen beschränkt war, ist sie heute dank der Verfügbarkeit leistungsfähiger und billiger Personalcomputer auch für kleine Systeme möglich.

Der IEEE-488 oder GPIB Bus ist eine international genormte Schnittstelle für das Zusammenschalten von Mess- und Steuergeräten. Heute ist eine Vielzahl von Instrumenten mit solchen Schnittstellen erhältlich, dadurch wird der mechanische Aufbau eines automatischen Messsystems auf das Verbinden der Geräte mit speziellen Buskabeln und das Einstellen von Busadressen beschränkt. Über diese Verbindungen können dann unter der Kontrolle eines Rechners Daten und Befehle von einem Gerät zu einem anderen übermittelt werden. Um etwas flexibler zu sein, werden auch noch andere Schnittstellen benutzt, wie etwa die RS 232, eine serielle Schnittstelle, welche heute standardmässig in jedem PC vorhanden ist. Eine weitere Schnittstelle ist das NI-DAQ-Interface (Data Acquisition Interface).

Für diesen Praktikumsversuch steht eine automatische Messanlage zur Verfügung, welche aus einem PC (mit allen erwähnten Interfaces), einem digitalen Multimeter, einem Universalzähler, sowie drei programmierbaren Speisegeräten besteht. Die Geräte sind über die verschiedenen Schnittstellen miteinander verbunden. Dieses System kann zur Durchführung einer grossen Zahl von Experimenten verwendet werden. Es geht in diesem Versuch aber nicht in erster Linie um den physikalischen Hintergrund der Experimente. Ziel des Versuches ist es vielmehr, anhand einfacher Beispiele die Funktionsweise eines rechnergesteuerten Messsystems und dessen Bedienung kennenzulernen. Weiter sollen die Experimentierenden die Vorteile sowie die potentiellen Gefahren der Automatisierung erfahren können.

2 Beschreibung der Versuchsaapparaturen

Dieses Kapitel enthält eine kurze Beschreibung der zur Verfügung stehenden Geräte und einige grundsätzliche Hinweise ihrer Bedienung, damit man sich mit dem Aufbau des bestehenden Messsystemes vertraut machen kann. Diese Angaben stellen jedoch keinen Ersatz für die Bedienungsanleitungen der einzelnen Geräte dar. So sollten vor der Inbetriebnahme der Geräte die Manuals unbedingt studiert werden. Weiter sind in diesem Kapitel auch Informationen aufgeführt, welche den spezifischen Aufbau unserer Anlage betreffen und daher in den Manuals nicht zu finden sind.

2.1 Messcomputer

Das Rechenzentrum des Versuches ist ein Desktop Computer der Marke Transtec mit einem Intel Pentium (R) 3 GHz Prozessor (Geräteliste 2). Weiter verfügt er über eine 75GB Festplatte und 1GB Arbeitsspeicher. Zudem ist er mit dem Internet verbunden und besitzt mehrere USB Anschlüsse. Damit können Daten einfach via Memorystick oder per Mail auf den eigenen PC übernommen werden. Als Betriebssystem wurde Windows XP gewählt. Die LabVIEWversion 7.1 ist nicht mehr die neueste, eignet sich aber dennoch gut für dieses Praktikum. Wesentlich aktueller ist der DAQmx Treiber, der eine etwas andere Programmierung als der traditionelle Treiber verlangt. Deshalb werden einige SubVI's, so werden die Unterprogramme in LabVIEW genannt, zur Ansteuerung der Messgeräte zur Verfügung gestellt.

2.1.1 IEEE-488 Interface Board oder GPIB Bus

Die Schnittstelle ist als ISA-Steckkarte für den PC realisiert. Der IEEE-488-Bus ist auch bekannt unter dem Namen IEC oder GPIB Bus. Er besteht aus 16 parallelen, digitalen Signalleitungen, welche an den Schnittstellen (Interfaces) der einzelnen Geräte angeschlossen sind. In diesen Interfaces werden die Pegel der Busleitungen gesetzt oder die anstehenden Signale zur Weiterverarbeitung im Gerät übernommen. Die Übertragung von Daten und Befehlen erfolgt nach dem Handshake-Prinzip und ist, zusammen mit den Bezeichnungen und Funktionen der Busleitungen, im Artikel „Wie funktioniert der IEC-Bus?“ [10], beschrieben.

Hinweise:

- Zur Datenübertragung über den GPIB Bus müssen mindestens 50 % der angeschlossenen Geräte eingeschaltet sein. Busverbindungen dürfen nur verändert werden, wenn sämtliche Geräte ausgeschaltet sind. Dies sollte aber während diesem Versuch nicht nötig sein.
- GPIB-Device-Adresse: 21

2.1.2 National Instruments Data Acquisition Card (DAQ-Karte)

Hierbei handelt es sich um eine PCI-Steckkarte. Die genaue Typenbezeichnung lautet: PCI-MIO-16E-4. Die wichtigsten Eigenschaften dieser Karte sind:

- 12-bit ADC (250kSamples/s)

2.1.3 Serielle Schnittstelle RS 232C

Die RS 232C Schnittstelle ist auf dem Mainboard des Rechners integriert. Daran sind zwei Module auf einem Backplane von Analog Devices angeschlossen. Das Modul 6B21 liefert einen Strom zwischen 0 und 20mA. Über einen bestimmten Widerstand kann man die Spannung zur Steuerung eines Power Supplies regulieren. Das zweite Modul 6B12 kann verschiedene Spannungs- und Strombereiche messen. Alle Verbindungen von der Backplane zum Power Supply sind bereits vollständig verdrahtet.

2.2 Spannungsversorgung

Es stehen drei Geräte mit verschiedenen Leistungsbereichen zur Verfügung. Die Ausgangsspannungen werden vom Messcomputer via den verschiedenen Schnittstellen durch analoge Steuerspannungen geregelt.

2.2.1 BOP 20/20M

Das BOP 20/20M (Bipolar Operational Power Supply) ist ein Hochleistungspeisegerät mit einem Spannungsbereich von -20V bis $+20\text{V}$ und einem Strombereich von -20A bis $+20\text{A}$. Die Steuerungsspannung von $\pm 10\text{V}$ liefert die DAQ-Karte. Das BOP 20/20M könnte auch als Konstantstromquelle arbeiten. Leider ist diese Option zur Zeit defekt und kann deshalb nicht eingesetzt werden. Positive und negative Ausgangsspannungen und Stromstärken können einzeln, manuell durch Potentiometer an der Frontplatte begrenzt werden. Es empfiehlt sich, die maximal benötigten Werte abzuschätzen und die entsprechenden Begrenzungen zu setzen, um hohe Kurzschlussströme und unzulässige Spannungen zu verunmöglichen.

2.2.2 OPS 2000B

Das OPS 2000B (Operational Power Supply) ist ein unipolares Hochspannungsgerät mit einer Ausgangsspannung von 0V bis 2000V bei maximal 10mA Stromstärke. Die Programmierspannung für den ganzen Bereich ist 0V bis 5V . Für die Praktikumsversuche werden nur Spannungen von höchstens 600V benötigt, deshalb sollten keine Steuerspannungen von mehr als 1.5V programmiert werden. Eine manuelle Einstellung der Hochspannung ist nicht möglich.

Hinweise:

- **Der positive Ausgang ist intern mit dem Eingang für die Programmierspannung verbunden. Wird die negative Seite des Ausgangs geerdet, so liegt der Eingang des externen Steuersignals auf Hochspannung gegenüber Erde. Es ist also der + Pol zu erden!**
- Nach dem Einschalten des Geräts dauert es ca. 30sec bis das Gerät einsatzbereit ist!

2.2.3 Witmer IC 70/2 ATE

Das Witmer IC 70/2 ist ein unipolares Niederspannungsgerät für Spannungen bis 70V. Die maximale Stromstärke ist abhängig von der Spannung, deshalb ist die Ausgangskennlinie eine Treppenfunktion (siehe Bedienungsanleitung). Manuell kann das Gerät als Konstantspannungs- oder Konstantstromquelle betrieben werden. Im zweiten Fall muss die Verbindung zur Schnittstelle gelöst werden. Vom Messcomputer kann nur die Spannung kontrolliert werden. Die Steuerspannung für den gesamten Spannungsbereich beträgt 0V bis 10V. Zu erreichen ist dies via dem Steckmodul 6B21 mit geeignetem Widerstand, wobei die vollständige Verdrahtung bereits besteht. Die Strombegrenzung wird manuell an der Frontplatte eingestellt.

2.3 Messgeräte

Es stehen drei Messgeräte zur Verfügung, wobei sich zwei davon remote steuern und auslesen lassen. Das dritte ist ein digitales Multimeter von Fluke (vgl. Tab 2), welches während dem Aufbauen der Messungen hilfreich sein kann.

2.3.1 Keithley DMM 195/1950

Mit dem DMM (Digital multimeter) können Gleichspannungen zwischen 100nV und 1000V, Wechselspannungen zwischen 1V und 700V (1000V Peakspannung), Gleichströme zwischen 100pA und 2A, Wechselströme zwischen 1nA und 2A und Widerstände zwischen 100Ω und 20MΩ gemessen werden. Das zu messende Signal wird mit einem ADC (Analog to Digital Converter) in ein digitales Signal umgewandelt. Ein Mikrocomputer übernimmt das digitale Signal und verarbeitet es so, dass es auf der Anzeige erscheint, oder auf den GPIB Bus übertragen werden kann. Sämtliche Operationen des Gerätes werden vom Mikrocomputer mit einem 8-Bit Mikroprozessor 6808 gesteuert. Der Digitalteil des Instrumentes ist vom Analogteil galvanisch getrennt, so dass der LO-Eingang (siehe Manual) mit einem Potential bis zu ±500 V gegen Erde verbunden werden kann. Zehn interne Programme, wie z.B. der Messwertspeicher (Data Logger) mit 100 Plätzen und Anzeige der Extremwerte und des Mittelwertes, erweitern die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten des Instrumentes. Für die Praktikumsversuche wird das DMM jedoch nicht voll ausgeschöpft.

Über den IEEE-488 Bus können vom Messcomputer alle Funktionen des Gerätes programmiert und die Messwerte eingelesen werden. Um mit der ziemlich anspruchsvollen Bedienung und den Möglichkeiten des DMM's vertraut zu werden, ist zuerst der Abschnitt 2 Basic DMM Operation des Manuals [8] zu studieren. Der Betrieb über den IEEE-488 Bus ist im Abschnitt 4 des Manuals beschrieben.

Hinweise:

- GPIB-Device-Adresse: 08
- Zu beachten sind die maximal zulässigen Eingangswerte für Strom und Spannung gemäss folgender Tabelle:

Funktion	Maximaler Input
DC Volts	1000V
AC Volts	700V RMS, 100V Peak
DC Amps	2A, 250V (fuse protected)
AC Amps	2A, 250V RMS, 350V Peak (fuse protected)

Tabelle 1: Maximal zulässige Eingangswerte für Strom und Spannung

2.3.2 Kern Counter Timer Model 150

Der Kern Counter Timer ist ein Universalzähler zur Messung von Frequenzen bis 100MHz, von Perioden bis 100ns und zum Zählen von Ereignissen bis 101 Counts pro Sekunde. Die wichtigsten Funktionselemente dieses Instruments sind eine Dekadenzähleinheit, ein stabiler 100MHz Quarzoszillator und das sogenannte Haupttor. Bei der Frequenz- und Periodenmessung bildet dieses Tor eine logische UND-Verknüpfung des Eingangs- und des Oszillatorsignals.

Es können drei Betriebsarten unterschieden werden. Hält der Oszillator das Haupttor offen, so werden die Impulse des Eingangssignals auf die Zählereinheit durchgeschaltet und dort gezählt (Anzahl Impulse oder Schwingungen pro Zeiteinheit \Rightarrow Frequenzmessung). Wird das Haupttor durch das Eingangssignal offen gehalten, so werden die Oszillatorimpulse gezählt (Benötigte Zeit für eine Schwingung \Rightarrow Periodenmessung). Bei der Ereigniszählung wird das Haupttor manuell durch die Start/Stop-Taste oder unter Programmkontrolle durch einen digitalen I/O-Port der DAQ-Karte gesteuert und die Impulse des Eingangssignals werden gezählt (\Rightarrow Ereigniszählung). Der Reset-Knopf kann nicht ferngesteuert bedient werden. Die Rückstellung des Zählers, bei kluger Programmierung nur in der Initialisierungsphase auszuführen, muss also von Hand ausgeführt werden. Das Ergebnis der Messung kann über den GPIB-Bus vom Messcomputer eingelesen werden.

Hinweise:

- Durch die Umstellung auf den neusten Treiber von National Instruments, werden die Daten doppelt eingelesen, welche vom Kern Counter stammen. So wird 123 zu 112233. Es besteht dazu ein fertiges VI, welches der Assistent zur Verfügung stellt, falls das Problem nicht selber gelöst werden kann.

3 LabVIEW Programmierung

Um die Messung überhaupt durchführen zu können, ist es notwendig, LabVIEW ein wenig genauer anzusehen und einfachste Programme zu schreiben. Man lernt dabei die Libraries und die Besonderheiten von LabVIEW kennen. Ich möchte dabei offen lassen, wie man die Grundzüge von LabVIEW erlernt. Als Einleitung möchte ich jedoch die Einführung in LabVIEW, zu finden in der Anleitung zum Physikpraktikum II [4], empfehlen. Diese gibt eine kurze, gute Übersicht über die wichtigsten Merkmale und bietet einige Beispielprogramme zu LabVIEW. Für weitere Informationen und gute Übungsbeispiele möchte ich auf das zwar schon etwas ältere, aber dennoch sehr gute Buch von Lisa Wells und Jeffrey Travis [14] verweisen, welches sich in der Bibliothek der Exakten Wissenschaft befindet.

Zu den jeweiligen Aufgaben die nun folgen werden, stehen einige SubVI's bereits zur Verfügung. Dies sind vor allem VI's, welche die Kommunikation mit den Laborgeräten steuern. Sinnvoll ist es, wenn diese VI's sorgfältig studiert werden, eventuell auch mit der Hilfefunktion von LabVIEW. Weiter findet man auf der Homepage von National Instruments in der Developer Zone [7] nützliche Informationen oder bereits fertige VI's zu den unterschiedlichsten Aufgaben.

4 Versuche

In diesem Praktikum stehen drei Versuche zur Verfügung. Es sind dies:

- Kennlinie eines ohmschen Widerstandes
- Kennlinie eines Geiger-Müller Zählrohres
- Messungen am Drehpendel

In diesen drei Versuchen wird die volle Kapazität des Messplatzes ausgeschöpft. Das heisst man wird mit allen vorhanden Messgeräten arbeiten und so die Kommunikation über die serielle Schnittstelle, den GPIB Bus und die DAQ Karte erlernen. Deshalb ist es wünschenswert, dass alle Versuche durchgeführt werden. Wie die Programme im Detail aussehen sollen, ist mit Absicht nicht vorgegeben. Somit soll der Kreativität und der Eigeninitiative nichts im Wege stehen. Auch können zu den bestehenden Aufgaben weiterreichende Programme oder Verbesserungen realisiert werden.

4.1 Kennlinien eines ohmschen Widerstandes

Ziel dieses Versuches ist die Messung des Stromes durch einen ohmschen Widerstand als Funktion der angelegten Spannung. Die Anzahl der Messpunkte für die Kennlinie und die maximale Spannung sollten als Eingabe im Front Panel realisiert werden. Der Widerstandswert kann mittels eines in den Libraries vorhandenen SubVI bestimmt werden. Weiterhin soll das Programm jederzeit abgebrochen werden können, wobei die Spannungsversorgung auf Null zurückgesetzt werden muss.

Für diesen Versuch verwendet man am Besten das Power Supply von Witmer. Dieses kann über die serielle Schnittstelle angesteuert und dessen Spannung über die interne Messbrücke abgefragt werden. Der schematische Aufbau der Messung ist in Abbildung 2 zu sehen.

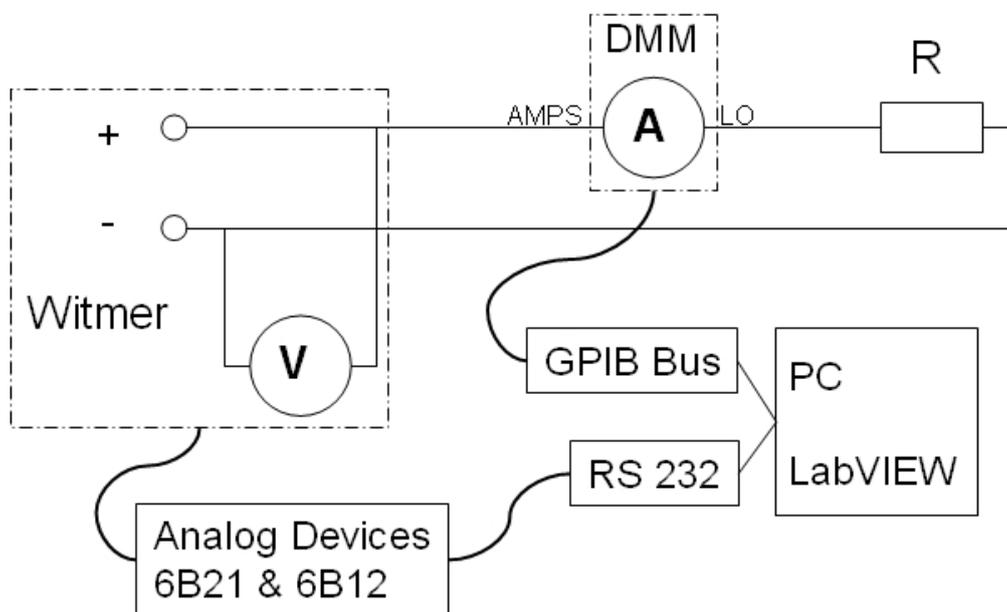


Abbildung 2: Schema des Messaufbaus zur Widerstandmessung

Tips:

- Um das Witmer Power Supply ansteuern zu können, müssen zuerst die Module von Analog Devices initialisiert und konfiguriert werden. Dazu findet man im Verzeichnis *C:\Programme\National Instruments\LabVIEW 7.1\vi.lib\ad6b* entsprechende SubVI's, die verwendet werden können. Ebenfalls in diesem Verzeichnis befindet sich ein komplettes Konfigurations-VI. Dieses zu studieren kann durchaus sinnvoll sein, damit die einzelnen Funktionen der verschiedenen SubVI's verstanden werden.
- Da LabVIEW die Eigenart hat, Programmteile dann auszuführen, wenn alle Signale am jeweiligen Programmmodul anliegen, ist es wichtig zu wissen, wie man dennoch einen sequentiellen Ablauf in das Programm einfügt. Dies bedeutet hier: wie regelt man die Betriebsspannung am Witmer Powersupply und liest erst danach die Spannung und den Strom ein? Ein eleganter Weg dieses Problem zu beheben ist das Errorhandling in LabVIEW. Man erkennt in der Abbildung 3 den violetten Pfad, welcher den Datenkanal

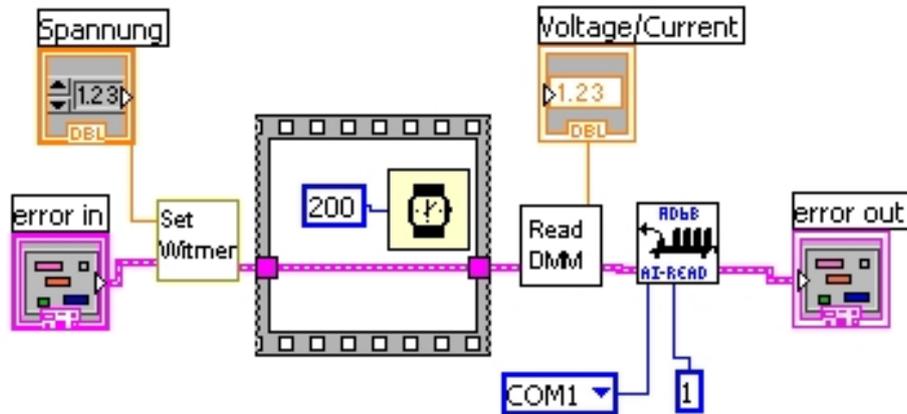


Abbildung 3: Beispiel für Errorhandling

des Errors darstellt. Vom *error in* wird der Errorstatus an das erste SubVI *Set Wrtmer* weitergeleitet. Liegen *error in* und *Spannung* an diesem VI an, wird es ausgeführt. Mit der nun folgenden Flat Sequenz wird zusätzlich ein Timedelay von 200 msec eingeführt, damit das Powersupply genügend Zeit hat, die Spannung hochzufahren. Erst wenn diese Sequenz abgelaufen ist, wird der Error weitergereicht an das *Read DMM* VI.

- Es werden im Laufe der Programmierung immer wieder kleinere und grössere Probleme auftauchen. Manchmal lohnt es sich, weitere Beispiele unter *C:\Programme\National Instruments\LabVIEW 7.1\examples* anzuschauen. Falls dies nichts nützt, hilft Dir der zuständige Assistent gerne weiter.

4.2 Kennlinie eines Geiger Müller Zählrohres

Über den Zerfall eines einzelnen instabilen Atomkerns lassen sich keine zeitlichen Voraussagen machen. Für eine grosse Anzahl Kerne eines radioaktiven Elements stellt man aber fest, dass die Zahl dn der in der Zeit dt zerfallenden Kerne proportional zu der Zahl der vorhandenen Kerne n und der Zeit dt ist. Dies führt auf das Zerfallsgesetz:

$$dn = -\lambda \cdot n \cdot dt$$

Die Zerfallskonstante λ erhält somit die Bedeutung der Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmter Kern in der Zeiteinheit dt zerfällt. Aussagen über den radioaktiven Zerfall haben daher immer rein statistischen Charakter. Im Praktikum steht ein Geiger Müller Zählrohr zur Verfügung, mit welchem β -Teilchen (Elektronen und Positronen) sowie γ -Quanten nachgewiesen werden können. Das Zählrohr hat die besondere Eigenschaft, dass die hindurchfliessende Ladung unabhängig von der Energie des eintreffenden Teilchens ist, d.h. der entstehende Spannungspuls hat immer dieselbe Form und Stärke. Diese Art von Zählrohr eignet sich daher besonders für Aktivitätsmessungen. Die Zählrate ist abhängig von der am Rohr angelegten Spannung, über einen gewissen Bereich ist sie aber ziemlich konstant (Geiger-Plateau). Das Zählrohr ist bei der Spannung zu betreiben, die ungefähr in der Mitte dieses Plateaus liegt. Die Aufgabe ist es nun, ein Programm zu schreiben, welches die Zählrate als Funktion der

angelegten Spannung aufnimmt. Anhand der so erhaltenen Kennlinie soll die optimale Betriebsspannung ermittelt werden. Unterhalb von 400V sind keine Zählerimpulse zu erwarten. Man beachte, dass die maximal zulässige Spannung für das Zählrohr 600V beträgt. So stelle man durch geeignete Programmierung sicher, dass keine Steuerspannung $\geq 1,5V$ eingestellt werden kann.

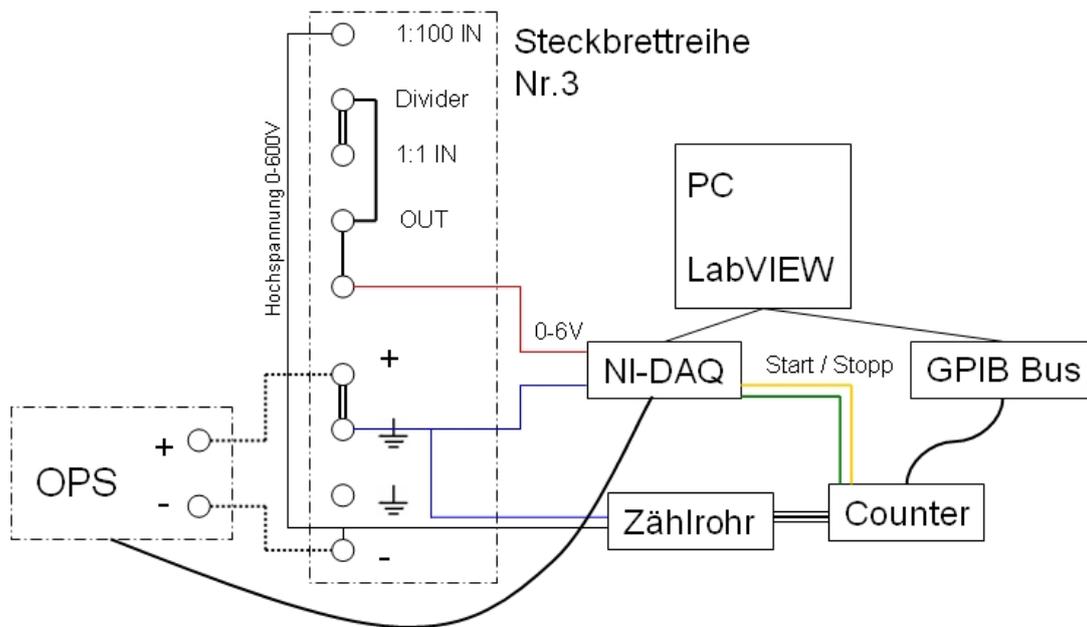


Abbildung 4: Schema des Versuchsaufbaus zur Aufnahme einer Kennlinie eines Geiger Müller Zählrohres

Hinweise zum Schema (Abb. 4):

- Zum Betrieb des Geiger Müller Zählrohres ist eine maximale Hochspannung bis zu 600V nötig. **Vorsicht!**
- Das Zählrohr ist vor Überspannung $\geq 600V$ zu schützen!
 \Rightarrow Die Steuerspannung $\leq 1,5V$ ist zu programmieren.
- Die Spannung des OPS darf nur 1:100 abgeschwächt mit dem DAQ Pad gemessen werden! **Arbeitsbereich des DAQ Pad ist 0-10V!**
- Um am *OUT* ein um den Faktor 100 abgeschwächtes Signal zu bekommen, muss eine Brücke (in der Abbildung 4 mit fetter Doppellinie eingezeichnet) zwischen *Divider* und *1:1 IN* eingelegt werden.
- Das OPS ist bereits auf das Steckbrett + und - verkabelt. Der + Pol muss jedoch wiederum mittels einer Brücke geerdet werden, siehe Abb 4. Der - Pol wird über ein Kabel auf den *1:100 IN* verdrahtet.
- Über das rote Kabel wird der *OUT* mit dem DAQ Pad Klemme Nr. 68 und die Erde (+ Pol) mit dem blauen Kabel ans DAQ Pad Klemme Nr. 67 verbunden.

- Der Counter kann über das DAQ Pad gestartet und gestoppt werden. Im Schema (Abb. 4) ist das Start/ Stopp Signalkabel gelb eingezeichnet. Die Erdung, grünes Kabel, soll mit dem Schirm des Koaxialkabels, welches bereits am Counter angeschlossen ist, verbunden werden. Am DAQ Pad wird das gelbe Kabel an der Klemme Nr. 52 und das grüne an der Nr. 18 angeschlossen.

4.3 Messungen am Drehpendel

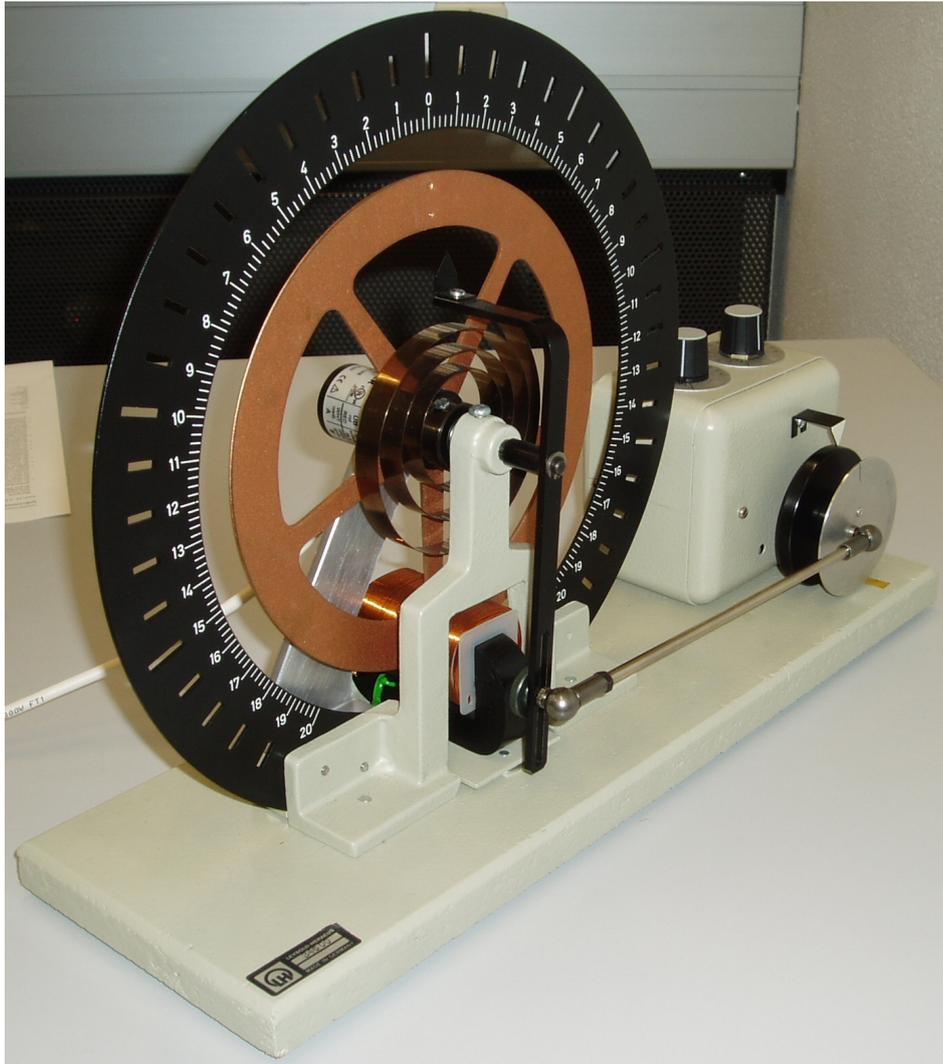


Abbildung 5: Das Drehpendel

Die Messungen am Drehpendel sind aus dem Physik Praktikum I bekannt. Dort untersuchte man die freie, gedämpfte und die erzwungene, gedämpfte Schwingung mit Hilfe einer Stoppuhr und dem manuellen Ablesen der Winkelstellung. Zweck dieses dritten Versuches soll es sein, diese Aufgaben zu automatisieren. Dazu wurde ein Pendel entsprechend umgebaut. Dieses Pendel wird vom Praktikumsassistenten für die Messung vorbereitet.

Zuerst soll ein Programm geschrieben werden, mit dessen Hilfe man die Dämpfung des Pendels bestimmen kann. Als theoretische Einleitung ist in der Anleitung zum Physik Praktikum I [3], der Versuch Erzwungene Schwingungen nachzulesen. Um den Winkel des Pendels auslesen zu können, wird ein Inkrementaldrehgeber verwendet, dessen Signale über das DAQ Pad von LabVIEW eingelesen werden. Wie genau ein Inkrementaldrehgeber funktioniert, lässt sich leicht mit Hilfe des Internets herausfinden. Weitere Informationen findet man in der Installationsanleitung zum Drehgeber [6]. Da es allerdings nicht ganz einfach ist, ein solches VI für das Auslesen der Daten selber zu programmieren, wird ein VI zur Verfügung gestellt, welches entsprechend ergänzt werden kann und sollte. Bei Fragen zum bestehenden VI ist die Direkthilfe von LabVIEW sehr nützlich. Wie der Drehgeber mit dem DAQ Pad zu verkabeln ist, findet man im abgebildeten Schema (Abb. 6) des Versuchsaufbaus.

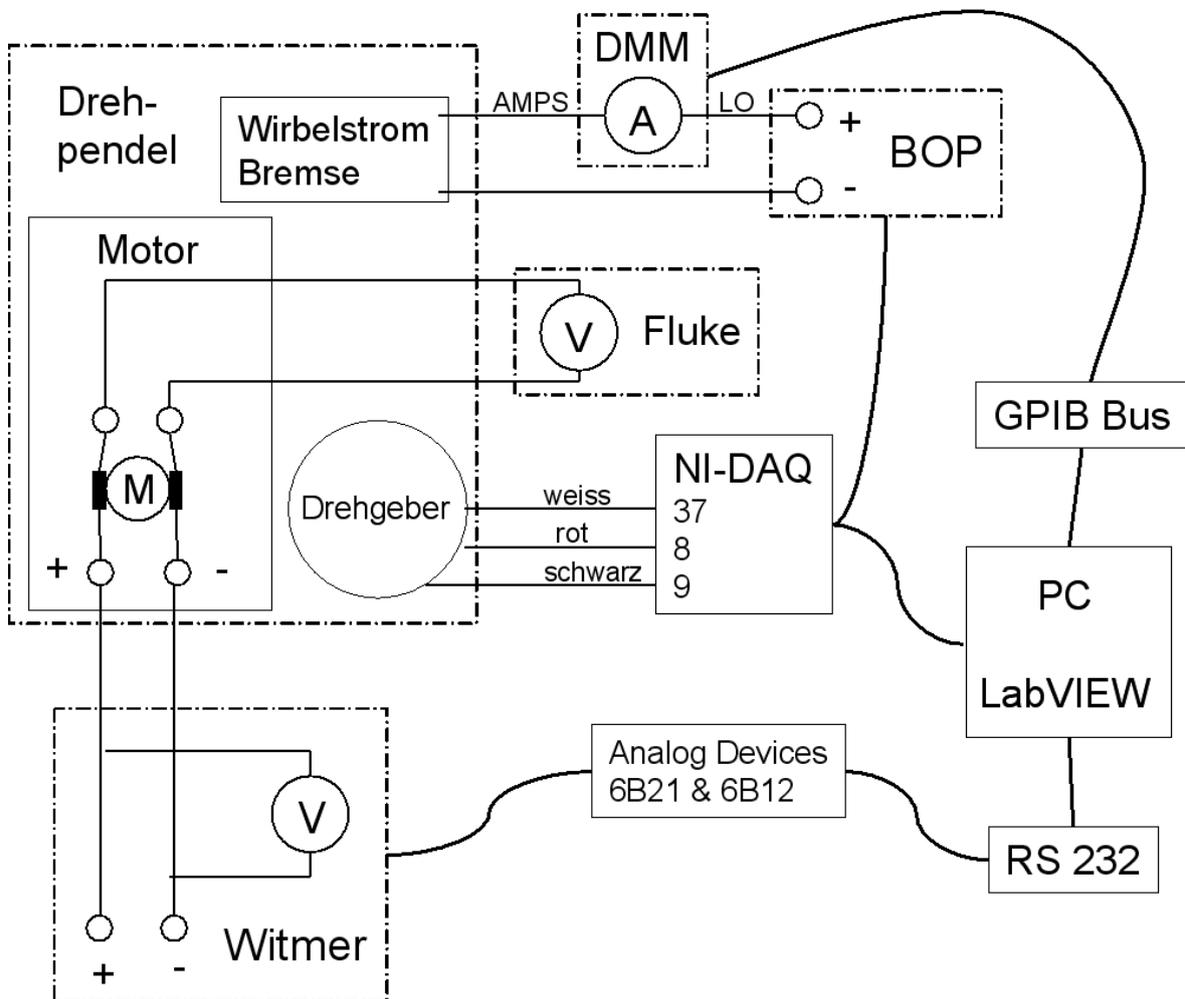


Abbildung 6: Schema des Versuchsaufbaus

In einem weiteren Schritt gilt es nun ein VI zu schreiben, mit welchem man das Pendel und die Wirbelstrombremse ansteuern, den Drehgeber auslesen und die aufgezeichneten Daten speichern kann. Wiederum aus dem Schema (Abb. 6) kann man entnehmen, welche Geräte verwendet werden sollen. Natürlich dürfen zur Ansteuerung dieser Geräte die SubVI's aus den vorangegangenen Versuchen verwendet werden. Es gibt beim Aufbau und Betreiben des Pendels noch einige spezielle Punkte zu beachten.

- Die Wirbelstrombremse, darf nur mit 10V und maximal 1A betrieben werden. Deshalb ist mit dem DMM der Strom zu messen und im VI eine entsprechende Abbruchbedingung zu programmieren, falls der Strom 1A überschreitet. Die Spannung von maximal 10V kann am BOP direkt begrenzt werden. Dazu sind die beiden Stellschrauben links und rechts von der Kontrolllampe *Voltage Limits* einzustellen. Die Schalter sollten dazu wie folgt eingestellt sein:

- Voltage Current: On
- Mode: Voltage Control

Um das BOP ferngesteuert bedienen zu können, müssen die Schalter in den Stellungen

- Voltage Current: OFF
- Mode: Voltage Control

sein.

- Der Motor darf maximal mit 24V und 650mA gespeist werden. Dazu ist das Witmer PS so zu betreiben, dass die Spannung an der Messbrücke, welche über die RS 232 ausgelesen werden kann, 24V nicht überschreitet. Entsprechende Sicherheitsmassnahmen sind im Programm zu realisieren. Des Weiteren sollte am Witmer PS der Strom mittels Regler, links unterhalb der Spannungsanzeige, auf 650mA begrenzt werden.
- Die beiden Regler für Grob- und Feineinstellung der Motorspannung, welche optional mit dem Fluke Messgerät gemessen werden kann, sollten voll aufgedreht sein. So kann, mit der Spannungsregulierung des Witmer PS, die Anregung des Pendels ferngesteuert erreicht werden.
- Zum Abspeichern der Daten können unter *C:\Programme\National Instruments\LabVIEW 7.1\examples* verschiedene Beispiele gefunden und als Vorlage verwendet werden.

Hat man die Daten einmal gespeichert, möchte man diese auch entsprechend analysieren und darstellen. Dazu ist es sinnvoll ein eigenes VI zu schreiben, welches die gemessenen Daten einlesen, entsprechende Sequenzen aus der Messung ausschneiden und darstellen kann.

Nun hat man alle Programme zusammen, welche nötig sind, um verschiedenste Messungen mit dem Pendel durchführen zu können. Welche Messungen man durchführen möchte, kann mit dem Assistenten abgesprochen werden.

- Mit Hilfe der Wirbelstrombremse können verschiedene Dämpfungsarten, wie die Schwache, Starke oder Kritische untersucht werden.
- Durch die Anregung über den Motor können eingeschwingene Schwingungen realisiert und aufgezeichnet werden. So liese sich etwa eine Resonanzkurve, wie man es aus dem Physik Praktikum I kennt, aufzeichnen. Dazu muss man eventuell sein Messprogramm und Analyseprogramm entsprechend ergänzen. Es lohnt sich hierfür die Palette der Waveforms etwas genauer anzuschauen. So befinden sich darunter nützlich VI's, die es ermöglichen gewisse Analysen, wie eine Basislinienkorrektur, sehr einfach durchzuführen.
- Weiter lassen sich mit dem bestehenden Aufbau auch chaotische Schwingungen untersuchen. Dazu muss allerdings eine zusätzlich Masse am Pendel montiert werden. Für kurze einleitende Informationen zum chaotischen Verhalten am Drehpendel, ist ein Auszug aus meiner Bachelorarbeit [2] beigelegt.

5 Schlussbemerkungen

Die hier vorliegende Beschreibung ist an manchen Stellen etwas knapp gehalten. Dies jedoch mit Absicht. In der Praxis oder in der Forschung sind nicht immer die nötigen Informationen direkt vorhanden. Das Recherchieren von relevanten Informationen ist somit ein grosser und wichtiger Bestandteil jeder praktischen und theoretischen Arbeit.

Falls jedoch die vorliegende Versuchsbeschreibung Mängel aufweisen sollte, sind diese dem Assistenten mitzuteilen. Auch Verbesserungsvorschläge, welche die Versuchsbeschreibungen klarer gestalten können, sind jederzeit willkommen. Natürlich sind auch Fragen jederzeit erlaubt!

Literatur

- [1] AD. *6B Series User's Manual*. Analog Devices Inc., 1996.
- [2] Christof Bernhard. *Rechnergesteuerte Messtechnik*, August 2007. Seiten 21 bis 26. 4.3
- [3] Diverse. *Anleitung zum Praktikum I SS*, März SS 2005. Lehrveranstaltung: S7092 von N.Thomas und P.Wurz, <http://www.phim.unibe.ch/physprak/>. 4.3
- [4] Diverse. *Anleitung zum Praktikum II WS*, Oktober WS 2005. Lehrveranstaltung: W7083 von N.Thomas und P.Wurz, <http://www.phim.unibe.ch/physprak/>. 3
- [5] Kern Electronic Engineering AG. *Manual Kern Counter-Timer*, 1979.
- [6] Hengstler GmbH. *Installationsanleitung zum Drehgeber RI 32*. 4.3
- [7] <http://zone.ni.com/devzone/cda/main.developerzone>, 2007. 3
- [8] Keithley Instruments. *Instruction Manual Model 195 Digital Multimeter*, 1982. 2.3.1
- [9] KI. *Programmier- und Referenzhandbuch zur IEEE-488 Schnittstellenkarte*. Keithley Instruments, 12 edition, 1993.
- [10] Jürgen Klaus. *Wie funktioniert der IEC Bus?* 2.1.1
- [11] NI. *LabVIEW Benutzerhandbuch*. National Instruments Corporation, 1992.
- [12] NI. *Data Acquisition Basics Manual*. National Instruments Corporation, 1996.
- [13] NI. *PCI E User Manual*. National Instruments Corporation, 1997. 2.1.2
- [14] Lisa Wells und Jeffrey Travis. *Das LabVIEW Buch*. Prentice Hall Verlag GmbH, München, 1996. 3
- [15] Fredy Dobler und Roland Schärer. *Versuchsanleitung Rechengesteuerte Messtechnik*, November 1998. überarbeitet 2005 von Grégoire Foch.
- [16] unknown. *Geiger-Müller Tube*, June 1986.

A Geräteliste

Gerät	Hersteller	Typ	Kennung
77 Multimeter	Fluke	88-41 Nr. 01	EP M23 1092
195 System DMM	Keithley	83-20 Nr. 02	EP M23 1070
Counter Timer Model 150	Kern	80-21 Nr. 01	EP M23 1073
Zählrohr	unknown	unknown	
IC 70/2 Power Supply	Witmer	83-16 Nr. 01	EP M23 1074
Operational PS	Kepeco	82-02 Nr. 07	EP M23 1072
Bipolar operational PS	Kepeco	82-27 Nr. 02	EP M23 1071
4 Channel Backplane	Analog Devices	6BP04-02	
Current Output Modul	Analog Devices	6B21	
V/mA Input Modul	Analog Devices	6B12	
± 5V DC Power Supply	unknown	A 04-294	
Drehpendel	Leybold - Heraeus	34600	EP A05 1251
Drehgeber	Hengstler	RI32-0/1000 AD.11KB	
10kΩ-100kΩ Resistor	unknown		EP M04 866
DAQ-Pad	NI	MIO-16E Series	
Desktop PC	Transtec	Pentium 4	
Bildschirm 19"	Transtec	TT19TFT	

Tabelle 2: Geräteliste