24.06.08

Messtechnik-Praktikum

Labview und Dehnungsmessung

Silvio Fuchs & Simon Stützer

---

1 Augabenstellung

1. a) Erstellen Sie ein VI, das aus fünf reellen Zahlen, die ein Benutzer eingibt, die Summe und das Produkt berechnet, sowie angibt, ob die Zahlen aufsteigend sortiert sind. Verwenden Sie ein Array sodass die Verallgemeinerung für eine beliebige Anzahl von Zahlen möglich ist.
   b) Erstellen Sie ein VI, das mit fünf X-Y-Wertepaaren eine lineare Interpolation durchführt und so für beliebige vom Benutzer gewählte Zwischenwerte X_i den dazugehörigen Y_i-Wert ausgibt.
   c) Entwickeln Sie ein VI zur Messung von Gleichspannungen mit dem Keithley 2000 Digitalmultimeter. Stellen Sie damit den zeitlichen Verlauf eines langsam veränderlichen Signals aus dem Funktionsgenerator (f«1Hz) grafisch dar. Dazu muss das Digitalmultimeter initialisiert werden und sie gewünschte Messgrösse eingestellt werden. Durch mehrfache Messung der angelegten Spannung kann ein zeitlicher Verlauf gemessen werden.

   Für die Auswertung ist von allen Programmen ein Ausdruck der Blockdiagramme mit einer knappen Beschreibung anzufertigen. Für Teil c. auch ein Ausdruck des Frontpanels mit aufgezeichnetem Signalverlauf.

2. Mit einem Dehnungsmessstreifen lassen sich Biegung und Schwingungen an mechanischen Körpern einfach und mit hoher Genauigkeit messen. Für diesen Teil des Versuches betrachten wir eine einfache Waage, die aus der Biegung eines Alu-Bleches ein Gewischt angeben soll. In ersten Nährung ergibt sich die Biegung eines Balkens aus dem Elastizitätsmodul E, den Abmessungen des Balkens und daraus dem Flächenträgheitsmoment I. Der Messstreifen kenvertiert eine Längenänderung Δl in eine dazu proportionale Widerstandsänderung ΔR.

$$\frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} = K$$

   Die Proportionalitätskonstante beträgt für die verwendeten Streifen K=2,1. Die Dehnung ϵ ist über das E-Modul mit der Spannung σ verknüpft.

$$\sigma = E \cdot \frac{\Delta l}{l}$$

   Gleichzeitig gilt für die Spannung des Balkens mit dem Abstand z von der neutralen Faser und dem Drehmoment M:

$$\sigma = \frac{M}{I} \cdot z$$

   a) Messen sie die Biegung eines Metallstreifens mit unterschiedlichen Gewichten mit dem Keithley Digitalmultimeter. Vergleichen Sie die Ergebnisse mit den theoretisch zu erwartenden Werten für die Kombination aus Messstreifen und Metallblech.
   b) Erstellen Sie ein VI, das aus dem Widerstandswert von dem Digitalmultimeter über eine lineare Interpolation das Gewicht unbekannter Wägestücke anzeigt. Das Signal des Messstreifens setzt

aus der Dehnung und einem temperaturabhängigem Anteil zusammen. Zusätzlich kann es durch den Klebstoff die Kunststofffolie zu einem Kriechen des Messwertes kommen. Berücksichtigen Sie dies durch Nullsetzen ihrer Waage im unbelasteten Zustand. Zusätzlich bietet sich eine Mittelung der letzten Messwerte zur Reduktion unerwünschter Schwankungen an . Wie kann die Genauigkeit des Verfahrens gesteigert werden?

c) Setzen Sie einen Dehnungsmessstreifen als Teil einer Wheatstonbrücke ein. Wie sieht die optimale Beschaltung aus, um eine möglichst hohe Auflösung zu erreichen? Messen Sie verschiedene Gewichte analog zu b) aus. Wieso ist die theoretische Auflösung dieser Methode deutlich grösser?

d) Verstärken Sie ihr Signal der Brückenschaltung mit einem nichtinvertierenden Operationsverstärker. Warum ist ein invertierender Verstärker hier weniger geeignet? Welche theoretische Genauigkeit lässt sich so erreichen? Welche Genauigkeit erreichen Sie?

2 theoretische Grundlagen

2.1 Dehnung des Balkens

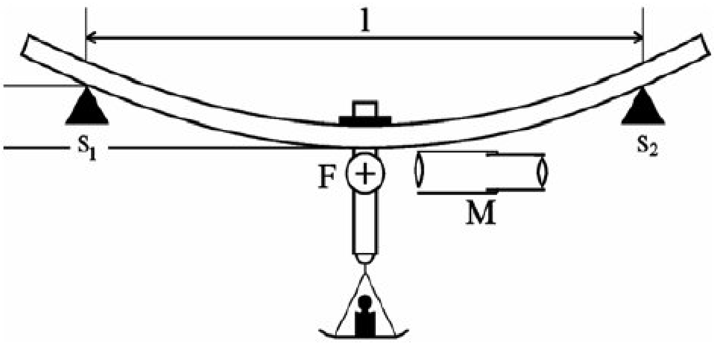

Abbildung 1: Dehnung eines Balkens

$$
\begin{aligned}
E \cdot \frac{\Delta l}{l} &= \frac{M}{I} \cdot z \\
I_A &= \frac{bh^3}{12} \qquad \text{b...Breite h...Höhe} \\
M &= F \cdot l/2 \\
\Rightarrow \frac{\Delta R}{R} &= \frac{F \cdot l/2 \cdot h/2}{I_A \cdot E} K \\
&= \frac{3mglK}{bh^2 E}
\end{aligned}
$$

mit den Werten $E = 70 \cdot 10^9 \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$, $h = 1 \cdot 10^{-3}\mathrm{m}$, $l = 32 \cdot 10^{-2}\mathrm{m}$, $b = 7 \cdot 10^{-2}\mathrm{m}$, $K = 2{,}1$ und $g = 9{,}81 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ ergibt sich:

$$\frac{\Delta R}{R} = 0{,}004036114 \frac{1}{\mathrm{kg}} \cdot m$$

und mit $R = 120{,}2775\Omega$

$$\Delta R = 0{,}485454 \frac{\Omega}{\mathrm{kg}} \cdot \Delta m$$

Die Genauigkeit dieses Direktmessungsverfahrens könnte durch eine bessere bzw. genauere Widerstandsmessung verbessert werden.

2.2 Wheatstone'sche Brücke

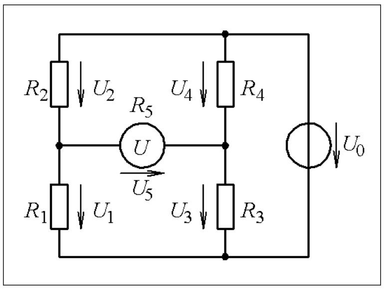

Abbildung 2: Wheatstonesche Brücke

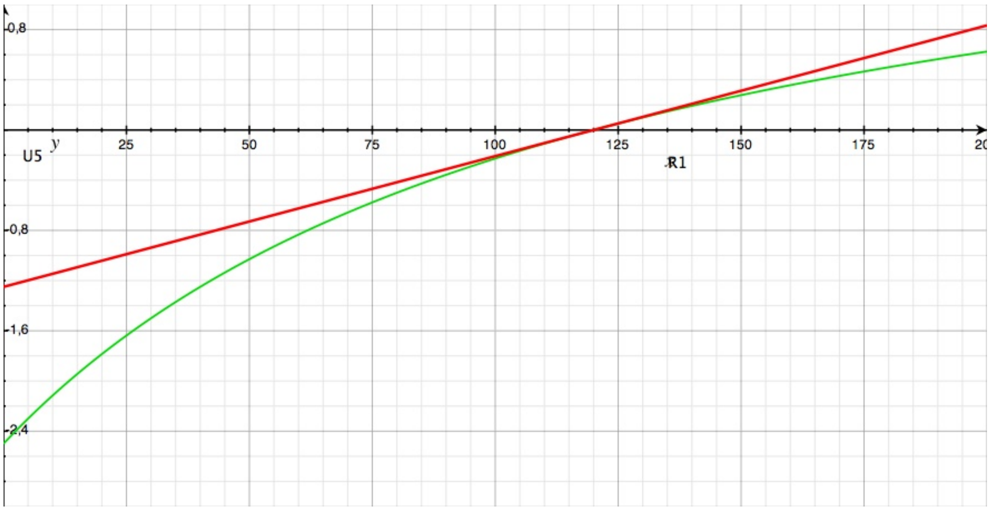

Abbildung 3: Wheatstonesche Brücke Spannung bei $U_B = 5V$ über Widerstand

Wie man erkennen kann ist die Brückenspannungsändrung nur im Bereich um R_0 gut linear approximierbar. Deshalb ist es sinnvoll die Brücke ohne Belastung der Waage auf 0 abzugleichen (mit einem regelbaren Widerstand) und die anderen Brückenwiderstände in der Grösse des Messstreifenwiderstandes zu wählen. So kann auch die Genauigkeit des Verfahrens erhöht werden. Das Brückenspannung errechnet sich ohne Berücksichtigung des Spannungsquellenwiderstandes und des Messgerätinnenwiderstandes zu:

$$U_5 = U_0 \frac{R_1 R_4 - R_3 R_2}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}$$

Eine abgeglichene Wheatstonebrücke eignet sich hervorrangend um kleine Widerstandsänderungen zu messen. Dazu bedarf es nur eines einfachen Spannungsmessgerätes. Mit der Brücke lässt sich der Streifen also wesentlich besser ausmessen als direkt per Widerstandsmessung.
Durch hinzuschalten eines OPVs wird die Auflösung nocheinmal erhöht, da die Spannungsänderung an der Brücke verstärkt am Messgerät gemessen wird und so natürlich ein noch genaueres Ergebniss durch den prozentualen Fehler des Messgerätes, der jetzt kleiner wird, zu erhalten. Da die Widerstandänderung linear ist und ein invertierender OPV positive Spannungen als negative Spannungen veratärkt, wÃ$\frac{1}{4}$rde ein invertierender Verstärker die direkte Proportionalität zwischen Widerstand und Spannung zerstören.

3 Messgeräte und Schaltungen

3.1 Schaltungen

Die benötigten Schaltungen im Versuch sind entweder trivial (direkte Widerstandsmessung) oder schon in mehreren Versuchen vorher aufgebaut und aufgezeichnet wurden (nichtinvertierender OPV). Deshalb wird hier auf eine nochmalige Darstellung verzichtet.

3.2 Messgeräte

Als Messgerät diente ausschliesslich das Kethly 2100 Digitalmultimeter, welches über einen Rechner mit LabView angesteuert wurde.

4 Labview VI s

zu 1a)

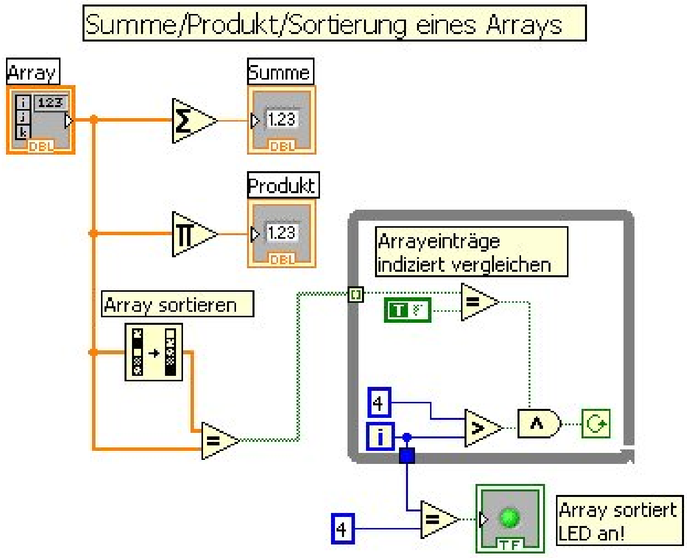

Abbildung 4: Summe/Produkt/Sortierugn eines Arrays

zu 1b)

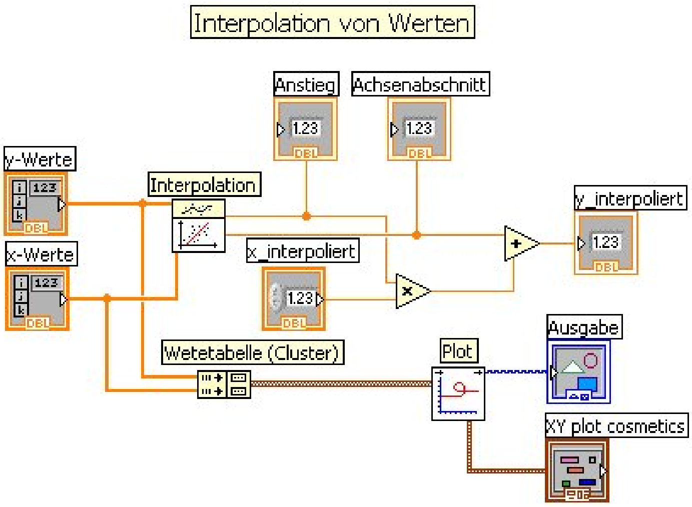

Abbildung 5: Interpolation von Werten

zu 1c)

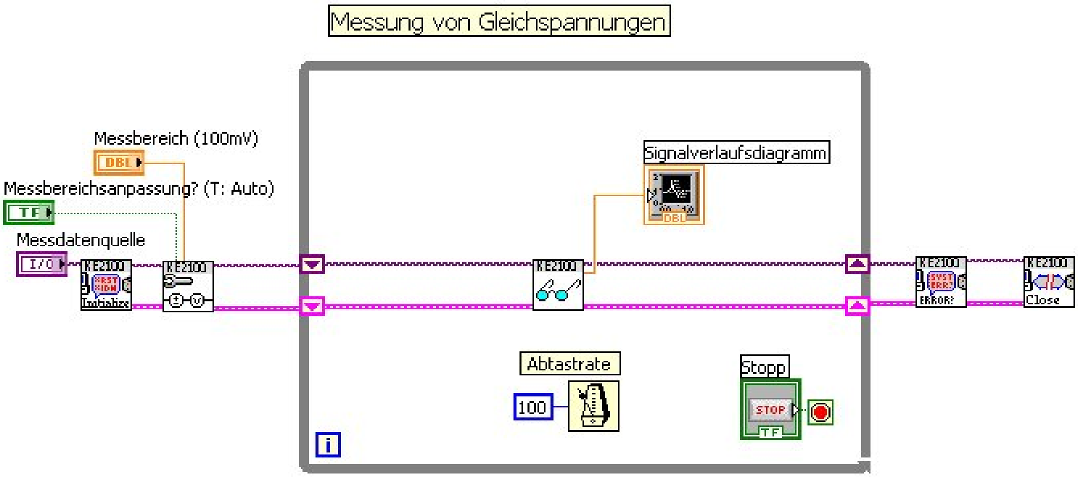

Abbildung 6: Messung von Gleichspanung

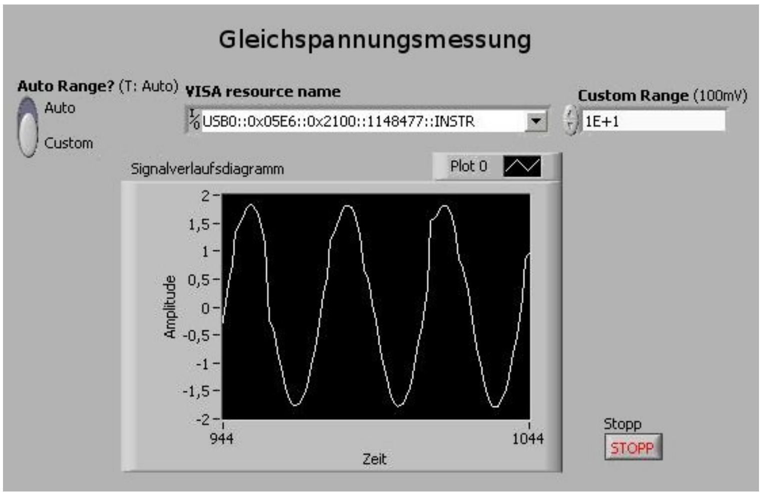

Abbildung 7: Messung von Gleichspanung - Programm in der Anwendung

zu 2)

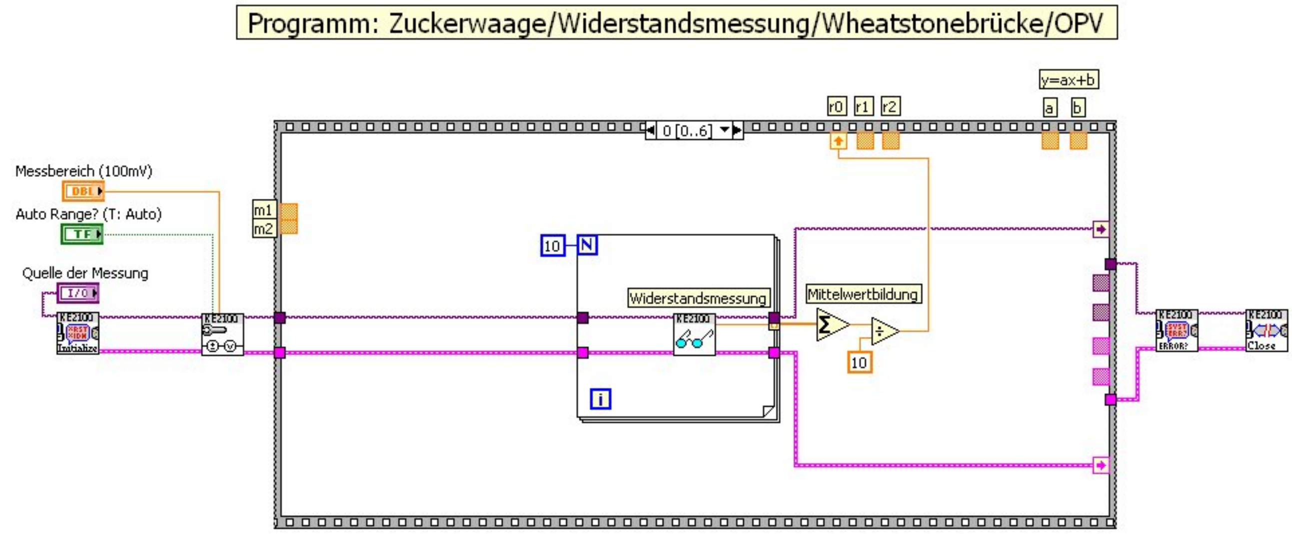

Abbildung 8: 1. Schritt: Bei unbelasteter Waage wird eine aus 10 Werten gemittelte Messung aufgenommen (Widerstand bzw. Spannung).

Abbildung 9: 2. Schritt: Der Benutzer wird Aufgefordert ein erstes Kalibrierungsgewicht auf die Waage zu legen und dessen Masse anzugeben.

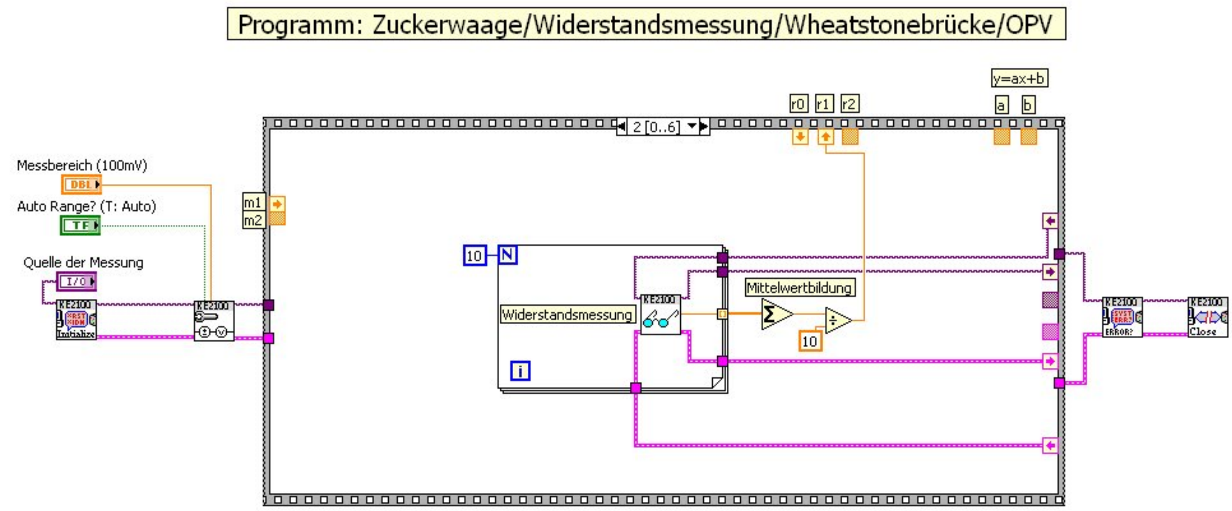

Abbildung 10: 3. Schritt: Ein über 10 Werte gemittelter Messwert des Widerstandes bzw der Spannung wird aufgenommen.

Abbildung 11: 4. Schritt: Der Benutzer wird Aufgefordert ein zweites Kalibrierungsgewicht auf die Waage zu legen und dessen Masse anzugeben.

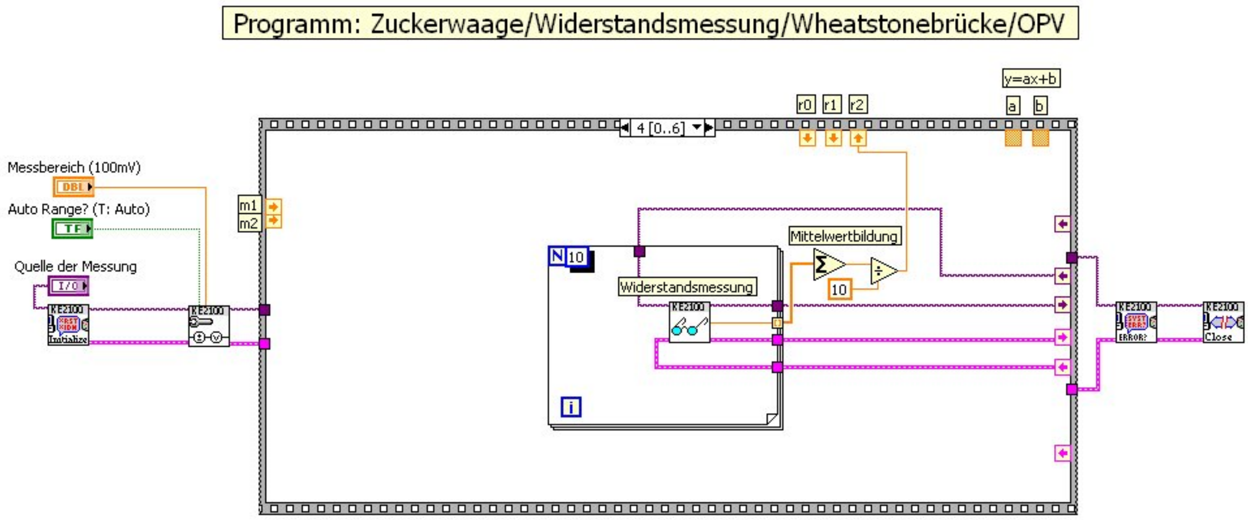

Abbildung 12: 5. Schritt: Ein über 10 Werte gemittelter Messwert des Widerstandes bzw der Spannung wird aufgenommen.

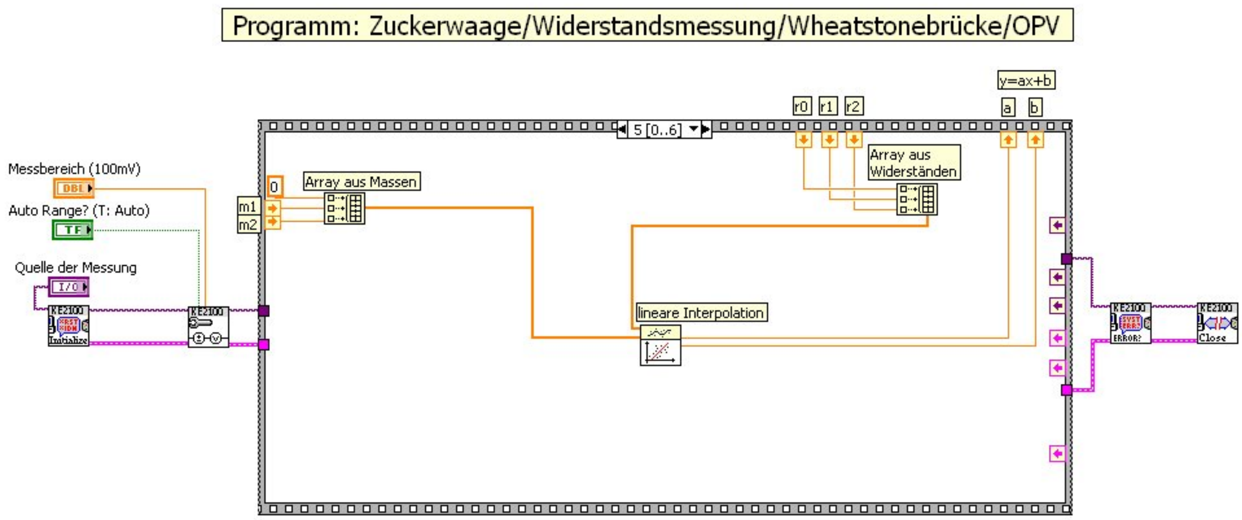

Abbildung 13: 6. Schritt: Mit einer linearen Interpolation ist die Kalbrierungsphase abgeschlossen.

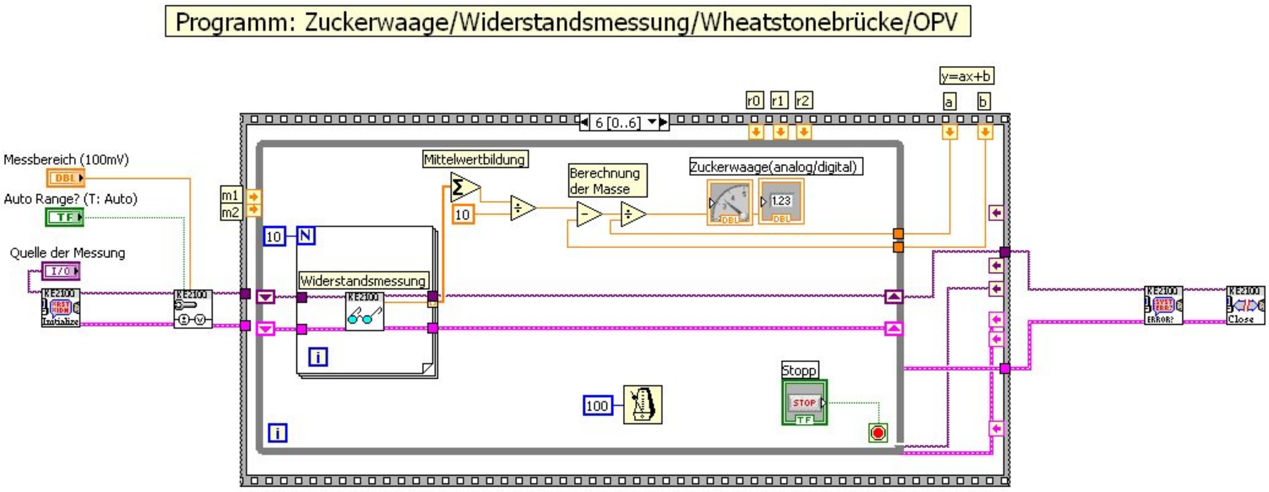

Abbildung 14: 7. Schritt: Nun werden ständig Widerstände bzw. Spannungen gemessen (Mittelung über 10 Werte) und die momentane Masse mit den Ergebnissen der Interpolation bestimmt. Diese Masse wird in der analogen und digitalen Anzeige ausgegeben

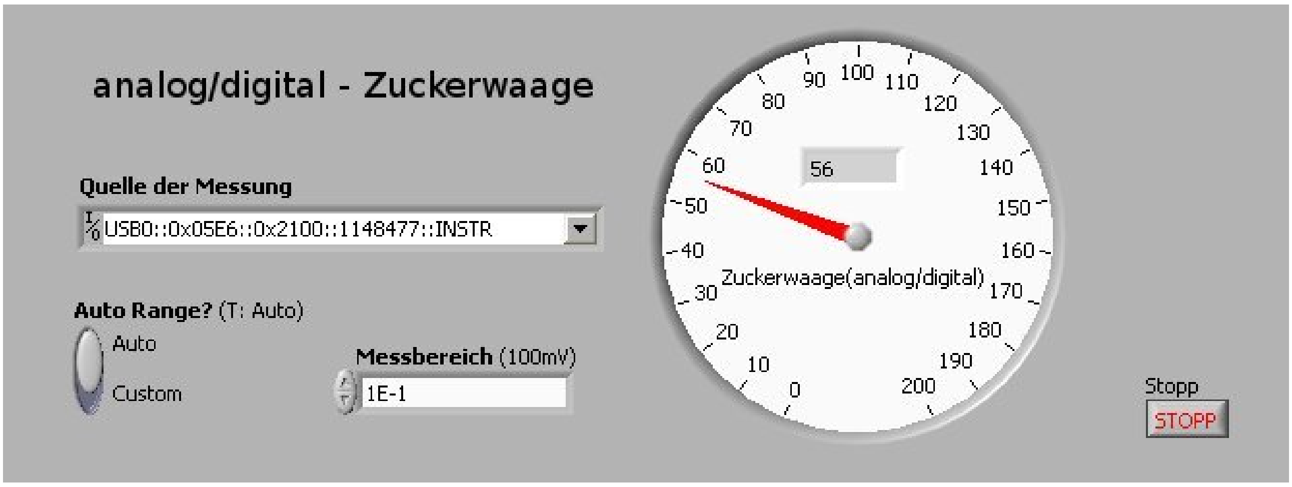

Abbildung 15: Messung der Masse - Programm in der Anwendung

5 Auswertung

5.1 Aufgabenteil 1

Eine Erklärung ist hier überflüssig die VI sind selbsterklärend.

5.2 Aufgabenteil 2

Im zweiten Aufgabenteil wurden das in Aufgabe 1 erhaltene Programm einer Interpolation verwand. Das Programm zur Massenbestimmung unterscheidet sich nur wenig in den Unteraufgaben a),b) und c). Bei Aufgabe a) wurde im Programm noch vor dem Eingang in den Stapel lediglich eine andere Komponente, jene zur zwei-Punkts-Widerstandsmessung benutzt. Bei Aufgabe b) und c) wurde diese durch eine Spanngsmesskomponente ersetzt. Dabei konnte bei 2b) und 2c) das selbe Programm Anwendung finden da hier nur die Schaltung durch einen OPV Erweitert wurde. Das Programm wurde In einem Stapel aus sieben Schritten realisiert wobei der Hauptteil (Schritt 1 bis 6) zur Kalibrierung der Waage diente. Das Prinzip des Programms wird in den oben stehenden Blockdiagrammen deutlich welche dort auch Schrittweise kommentiert sind.

a:

Die theoretisch zu erwartenden Werte belaufen sich auf:

$$
\begin{aligned}
\Delta R_1(92,9\text{g}) &= 0,485454\frac{\Omega}{\text{kg}} \cdot 92,9 \cdot 10^{-3}\text{kg} = 0,0451\Omega \\
\Delta R_{gemessen}(92,9\text{g}) &= 120,2805 - 120,2775 = 0,003\Omega \\
\Delta R_2(42,5\text{g}) &= 0,485454\frac{\Omega}{\text{kg}} \cdot 42,5 \cdot 10^{-3}\text{kg} = 0,0206\Omega \\
\Delta R_{gemessen}(42,5\text{g}) &= 120,2805 - 120,2785 = 0,002\Omega
\end{aligned}
$$

Leider wurden hier keine Übereinstimmung gefunden sondern eine Abweichung um Faktor 10-15. Dazu weiter in der Diskussion.

b:

Der Temperaturabhängige Anteil des Streifenwiderstandes beläuft sich mit dem Wert für $m = 0\text{kg}$ auf $R_T = 120,2775 - 120\Omega = 0,2775\Omega$
Schließlich wurde die unbekannte Masse auf $\underline{\underline{m = (63 \pm 6)\text{g}}}$ bestimmt

c:

Mit Hilfe der Weatstonebrücke wurde eine Masse von $\underline{\underline{m = (60 \pm 3)\text{g}}}$ gemessen.

d:

Schließlich wurde unter Zuhilfenahme des OPV und einer Mittelung über mehrere Werte ein Messwert von $\underline{\underline{m = (56 \pm 2)\text{g}}}$ erzielt.

6 Diskussion

Insgesamt gestaltete sich der Versuch als sehr lehrreich. Das neu eingeführte Programm LabView konnte in kürzester Zeit mit sichtbaren erfolgen angewandt werden. Leider traten zur Theorie Abweichungen um Faktor 10-15 auf. Die Ursache dafür haben wir dennoch nicht mehr ausfindig machen können, sodass auch die möglichkeit eines schlichten Rechenfehlers besteht. Es hat sich im zweiten Aufgabenteil gezeigt, wie es gelingt, mittels verschiedener Methoden eine Messung zu optimieren wobei davon auszugehen ist, dass der letzte Messwert wohl der genaueste sein wird. Ein Referenzwert des Massestückes wäre zum Vergleich noch aufzunehmen. Abschließend bleibt zu sagen, dass dieser Versuch von seiner Konzeption sehr angelegt war und so auch Spaß bereitete. Neben den Grundlagen, die selbstverständlich im Messtechnikpraktikum gelegt werden müssen, stellen computerunterstützte Versuche ein hohen Anreiz dar, deren Anteil im Praktikum möglichst erhöht werden sollte.