Zielsetzung

Das Ziel war es zwei unterschiedliche Hitzdrahtsonden, eine mit 3,35\,OHM Widerstand und eine mit 3.5\,OHM Widerstand zu kalibrieren. Um die Kalibrierfunktion zu bestimmen wurde jeweils eine Messreihe im Kalibrierkanal aufgenommen bei der die Spannung der Messbrücke bei bestimmten Strömungsgeschwindigkeiten gemessen wurde. Auf diesen Datensatz sollte dann eine Funktion gefittet werden und so eine Kalibrierfunktion erstellt werden. Das fitting sollte so genau wie möglich den Datensatz darstellen. Kalibriert werden sollte zwischen 5\,m/s und 40\,m/s da für das Experiment im Windkanal mit Geschwindigkeiten in dieser Größenordnung zu rechnen ist. Die Abtastrate der Aufnahmeprogramme sollte bei ca 1\,kHz liegen, da im Messbetrieb mit Frequenzen von ca 70-80\,Hz zu rechnen ist.

Versuchsaufbau

Die 2 Messreihen wurden am Kalibrierwindkanal des IFAS gemessen. Hierzu wurden die 2 Sonden in eine Hitzdrahtsondenhalterung eingespannt und mittels einer Aluprofil Konstruktion in den Kernstrahl des Kanals platziert.

Die Hitzdrahtsonde wurde mittig und schlüssig mit dem Kanalausgang platziert um eine möglichst konstante Anströmung zu erreichen. Zur genauen Ausrichtung wurde ein Laser verwendet, zu sehen in Abb.~\ref{fig:calkanal}.

Bei den Hitzdrahtsonden handelte es sich um 2 Sonden der Firma Dantec Dynamics. % hier noch mehr schreiben

Die Hitzdrahtsonde war mit ein passenden Messbrücke verbunden welche mittels einer Wheatstoneschen Brücke die Widerstandsänderungen am Hitzdraht aufgrund des konvektiven Wärmetransports in ein messbare Spannung umgewandelt hat. Die Messbrücke wurde vor der Kalibrierung mit den Kabelwiderständen und Hitzdrahtwiderständen ausbalanciert. Die von der Messbrücke ausgegebenen Spannungen wurden dann an ein Compact Reconfigureable Input/Output Modul (cRIO), dem cRIO NI90667 von National Instruments, weitergegeben und dort mit einem LabVIEW Programm aufgenommen. Die Daten werden von dort aus dann an den Messrechner weitergegeben und abgespeichert.

Programmierung

Der Einfachheit halber wurde das Programm zur Kalibrierung der Hitzdrahtsonde in zwei Einzelprogramme unterteilt. Ein LabVIEW Programm welches nur die Spannungen und die dazugehörigen Geschwindigkeiten und Parameter aufnehmen sollte und ein Matlab Script welches die aufgenommenen Daten zur Kalibrierfunktion verarbeitet.

LabVIEW Programm

Das Labview Programm wurde in 2 Virtual Instruments (VI) unterteilt. Ein VI das auf dem cRIO und eins das auf dem Messrechner lief.

Die Aufgabe des Programms auf der cRIO Seite war es die von der Messbrücke ausgegebenen Spannungen mit einer Abtastrate von 1\,kHz für jeweils 10 Sekunden aufzunehmen und in einem Array abzulegen. Die gezeitete Schleife die dafür benutzt wurde ist Null basiert, liefert über die 10 Sekunden also 10\,001 Werte. Die Überlegung die Daten direkt an den Messrechner in Echtzeit an den Messrechner zu übergeben wurde verworfen, da die Abtastrate zu gering war. Nach Ablauf der 10 Sekunden zeigt das Skript die gemessenen Daten als Waveform chart zur optischen Überprüfung und schickt das Array per LAN-Verbindung an den Messrechner.

Das VI auf der Messrechnerseite empfängt das Array und bietet die Option die für die Kalibrierung erforderliche derzeit herrschende Strömungsgeschwindigkeit und Temperatur einzugeben. Das Overheat-Ratio wird direkt im Skript als Konstante verankert da sie während der Kalibrierung nicht variabel ist. Zusätzlich kann noch ein Speicherpfad und ein Name für den gerade gemessenen Datensatz eingegeben werden. Alle eingegebenen Variablen und Konstanten werden dann zusammen in ein Matlab (.mat) Dateiformat formattiert und abgespeichert. So sollte sichergestellt werden, dass alle benötigten Daten und Parameter in einem Format zentral gesichert sind.

Maltlab Script

Das Matlab Skript (s. Anhang) sollte die von dem Labview Skript bereigestellten Daten einlesen, verarbeiten und die Kalibrierkurve auf den entstandenen Datensatz anpassen. Dazu erstellt es erstmal eine Liste mit allen Dateien in dem ausgewählten Ordner und reserviert etwas Speicherplatz um später die Daten einzulesen. Dann öffnet es alle Dateien nacheinander und speichert die gemittelten Spannungen, Raumtemperatur und zugehörige Geschwindigkeit in einem Array ab. Dieses Array (Values, s.Anhang) wird dann aufsteigend nach den Geschwindigkeiten sortiert und die Spannungen in Abhängigkeit der Geschwindigkeit als rote Kreise geplottet. Da immer 5 Werte bei gleicher geschwindigkeit gemessen wurden bildet das Skript als nächstes den mittelwert aller bei einer Geschwindkeit gemessenen Spannungen und speichert sie in einem neuen Array ab (ydata). Zusätzlich wird jeder Geschwindigkeitswert einmal in einem 2. Array abgespeichert (xdata). Zur Überprüfung werden xdata und ydata nochmal in das schon vorhandene Plot als blaue Punkte gezeichnet. Um die Kalibrierfunktion auf die Daten anzupassen wird die lsqcurvfit Funktion der Matlab Optimization Toolbox verwendet. Diese nimmt eine vorgefertigte Funktion mit eingepassten Parametern (siehe Skript Zeile. 42), ein Array mit vermuteten Anfangsparametern (param0) und unsere x (xdata) und y (ydata) Daten entgegen. Die Parameter werden dann so Optimiert, dass sie möglichst gut zu unserem vorhandenen Datensatz passen. Als Grundfunktion wurde das King'sche Gesetz (siehe Theorieteil) verwendet. Nach der Optimierung gibt die Funktion ein Array mit den optimierten Parametern aus (param). Diese werden dann in eine Funktion (voltage, Zeile 55) eingesetzt die wieder das King'sche Gesetz als Grundlage nimmt und so eine Funktion entsteht die die Voltzahlen bei bestimmten Geschwindigkeiten errechnen kann. Zur optischen Überprüfung wird diese Funktion mit den schon gemessenen Geschwindigkeiten (xdata) in das schon vorhandene Plot gezeichnet. Die Inverse dieser Funktion ist die eigentlich gesuchte Kalibrierfunktion (speed, Zeile 59) die die Geschwindigkeit bei gegebenen Spannungen errechnen kann. Als letzes wird die Inverse nochmal in ein neues Plot gezeichnet.

Fehlerabschätzung

Verschiebungen von 10cm in den Kanal, gemessen vom Kanalausgang, sowie 10cm aus dem Kanal heraus ergaben nur kleine Änderungen von weniger als 1\%. Daher wurde beschlossen den Hitzdraht direkt am Kanalausgang zu positionieren. Kleine Änderungen des Anströmwinkels (<1\degree) ergaben Änderungen kleiner 1\%. Es wurde darauf geachtet die Sonde immer möglichst im rechten Winkel zur Strömung zu befestigen.

Die Standartabweichung lässt sich mittels der oben gezeigten Formel berechnen.